

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 532**

51 Int. Cl.:

F02K 9/97

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2016** E 16189329 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020** EP 3144517

54 Título: **Tobera de empuje**

30 Prioridad:

18.09.2015 DE 102015011958

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

12.02.2021

73 Titular/es:

**ARIANEGROUP GMBH (100.0%)
Robert-Koch-Straße 1
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**FREY, MANUEL;
AICHNER, THOMAS y
MARTIN, PHILIP**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 805 532 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

Tobera de empuje

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una tobera de empuje, para un motor de cohete, según el preámbulo de la reivindicación 1.

Antecedentes de la invención

10 Las toberas de empuje de los motores de cohetes se forman como toberas de expansión convergentes-divergentes. Estas toberas producen un empuje óptimo cuando la presión ambiental es de la misma magnitud que la presión promedio en el plano de salida de la tobera. El flujo se une en todas partes cerca de la pared de la tobera y no experimenta ningún cambio de dirección en la salida de la tobera en el caso de una distribución de velocidad uniforme. Si la presión de salida de la tobera está por encima de la presión ambiental, entonces la velocidad de salida del gas es menor que en el caso del flujo de la tobera adaptado a la presión ambiental. Si la presión de salida de la tobera es inferior a la presión ambiental, por otro lado, entonces, aunque la velocidad de salida del gas es mayor que en el caso del flujo de la tobera ajustado, la constricción del chorro de gas de escape que ocurre puede dar como resultado una separación del flujo. En este caso, no se produce separación inicialmente. Solo cuando la presión en el extremo de la tobera cae por debajo del 40% de la presión ambiental se produce la separación. Sin embargo, una vez que cae por debajo de la presión ambiental, el empuje ya no es óptimo.

15 Sin embargo, se deben evitar las separaciones de flujo de la pared de la tobera de empuje, ya que ocurren fuerzas laterales que no actúan en la dirección de empuje deseada en el motor del cohete y pueden provocar daños mecánicos.

20 El contorno de la pared de la tobera de empuje ejerce una influencia sustancial en la progresión del flujo en el interior de la tobera de empuje y, en particular, en su sección divergente.

Técnica anterior

Básicamente, hasta ahora han existido dos métodos de contorneado diferentes para las toberas de empuje, a saber, una parábola de empuje optimizado (TOP) y la llamada tobera ideal truncada (Contorno Ideal Truncado, TIC).

25 La separación del flujo y las fuerzas laterales se producen, en principio, al arrancar una tobera, independientemente del tipo que sea. Las fuerzas laterales en particular pueden ser de diferente magnitud aquí dependiendo del tipo de contorno (TIC o TOP). Normalmente, el objetivo es diseñar toberas de tal manera que se evite la separación de flujo en la operación estacionaria.

30 Las toberas TOP parabólicas generalmente alcanzan una alta presión de salida de la tobera y, si es necesario, la presión de salida de la tobera se puede aumentar aún más reduciendo el ángulo de salida, que es un criterio de diseño básico para evitar separaciones de flujo. Al mismo tiempo, sin embargo, una tobera TOP produce un choque interno, que puede producir una separación de flujo con la nueva unión del flujo a la pared. Esto genera fuerzas laterales especialmente altas, que pueden ser peligrosas para el funcionamiento del motor del cohete.

35 La tobera ideal truncada (tobera TIC), por otro lado, no produce golpes y evita la separación indeseable del flujo causada por las fuerzas laterales particularmente altas que surgen con la posterior nueva unión a la pared. En el arranque de una tobera TIC, solo se producen fuerzas laterales moderadas. Sin embargo, con la misma longitud de la sección divergente de una tobera de empuje y el mismo radio del punto final, se produce una presión de tobera mucho menor con una tobera de TIC que con una tobera TOP, lo que conduce a la posibilidad de que se produzcan separaciones de flujo en la operación estacionaria con la tobera TIC.

40 Al diseñar el contorno de la tobera de un motor de cohete lanzado desde tierra, por lo tanto, para los motores de cohete de la primera etapa del cohete, las fuerzas laterales inevitables durante la puesta en marcha deben mantenerse lo más pequeñas posible, lo que se puede lograr suprimiendo el choque interno, de modo que se evita una separación de flujo con nueva unión.

45 Se debería evitar una separación de flujo en la operación estacionaria, es decir, al alcanzar la presión total de la cámara de combustión, y además se debe apuntar al impulso de vacío específico más alto posible en la operación estacionaria. Las toberas que existen actualmente, así tanto las toberas TOP como las toberas TIC, no pueden cumplir con estos criterios de diseño simultáneamente.

50 Mientras que el contorno de la pared de las toberas TOP parabólicas tiene la forma de una parábola cuadrática o una parábola de orden superior en sección longitudinal, el contorno de las toberas ideales (toberas TIC) no puede describirse mediante simples funciones matemáticas. Una especificación de diseño para una tobera TIC ideal se ha publicado previamente en: Frey, Manuel, "Behandlung von Strömungsproblemen in Raketendüsen bei Überexpansion" (Relaciones de problemas de flujo en toberas de cohetes en caso de sobre-expansión), disertación, Universidad de Stuttgart, 2001,

páginas 22 a 27. De acuerdo con la especificación de diseño para toberas ideales (toberas TIC) proporcionadas allí, las toberas ideales se diseñan utilizando el método de características.

5 La fig. 2 muestra dicho diseño de una tobera 100 simétrica rotacionalmente ideal, a través de la cual pasa un flujo en la dirección de la flecha P desde la sección de tobera convergente a través de la sección de garganta hasta la sección de tobera divergente. Para el contorno de la pared 103 en el punto más estrecho de la tobera 100, la garganta 102 de la tobera, se supone por defecto un arco circular 104 con un radio predeterminado. Sin embargo, el radio predeterminado también puede tener el valor 0, en donde la pared de la sección convergente luego pasa, formando un punto de discontinuidad que crea la garganta, directamente al interior de la pared de la sección divergente.

10 Desde la garganta 102 de la tobera del ejemplo mostrado en la fig. 2, las ondas de expansión discurren hacia el eje longitudinal 101 de la tobera, en el que se reflejan. La región K aguas arriba de la llamada línea 106 característica de propagación de la última onda de expansión, que prosigue desde el último punto 105 del arco circular 104 situado en la sección de tobera divergente, se denomina "núcleo". Las ondas de expansión ocurren en esta región del núcleo. En la fig. 2 esta es la región entre el plano E_1 de sección transversal en el diámetro de garganta más estrecho y la línea 106 de propagación de la última onda de expansión.

15 La sección 108 de la pared 103 aguas abajo del último punto 105 del arco circular 104 está curvada de tal manera hacia el eje longitudinal 101 de la tobera que las ondas de expansión reflejadas por el eje longitudinal de la tobera y que llegan a la pared 103 se cancelan inmediatamente por el contorno de la pared de compresión en la sección 108. Como consecuencia, aguas abajo de la línea 107 de reflexión-propagación de la última onda de expansión de la última onda de expansión reflejada por el eje longitudinal 101 de la tobera, prevalece un flujo paralelo, y el flujo corresponde al estado de
20 diseño. Por esta razón, esta línea 107 de reflexión-propagación de la última onda de expansión también se denomina "característica de diseño". En el punto final 109 de la pared, donde esta línea 107 de reflexión-propagación de la última onda de expansión encuentra la pared 103, el plano de salida E_2 se encuentra en la sección transversal de la tobera.

25 El contorno general de la tobera ya está determinado por la elección del ángulo de divergencia (ángulo tangencial en el arco circular 104) en el punto final 105 del arco circular 104. En un estado predeterminado en la cámara de combustión, hay precisamente un contorno que puede desviar el flujo del núcleo determinado por este punto final 105 en un flujo paralelo, es decir, el contorno ideal. Si un contorno de pared elegido es menos curvo que el ideal relacionado, la pared 103 refleja ondas de expansión en el campo de flujo. Sin embargo, si tiene una curva más fuerte, las ondas de compresión discurren desde la pared 103 hacia el campo de flujo.

30 El documento XP 055 341 544 (Chloe Genin et al.: "Hot Flow testing of dual bell nozzles", 49^o meeting de Ciencias Aeroespaciales AIAA que incluye el fórum de nuevos horizontes y exposición aeroespacial, 4 de Enero de 2001, Reston Virginia, DOI: 10.2514 (6.2011-387; ISBN: 978-1-60086-950-1) se refiere a "hot Flow testing of dual bell nozzles" ("Prueba de flujo caliente de toberas dobles en forma de campana"). Las toberas presentadas en XP 055 341 544 están diseñadas como una tobera ideal truncada y como una tobera ideal no truncada. Ambas toberas son provistas de un pliegue en la transición entre un contorno de pared de una primera región y un contorno de pared de una segunda región.

35 Descripción de la invención

40 El objetivo de la presente invención, por tanto, es configurar una tobera de empuje genérica de tal manera que se cumplan los criterios de diseño mencionados anteriormente, en particular que al mismo tiempo que se minimiza el riesgo de separación de flujo estacionario y la ocurrencia de fuerzas laterales asociadas con esto, así como que se minimizan las fuerzas laterales inevitables en el arranque (supresión de la separación con la nueva unión), se puede lograr un impulso de vacío específico máximo, por lo tanto, un empuje máximo, en particular incluso en funcionamiento estacionario.

Este objetivo se logra mediante la tobera de empuje con las características de la reivindicación 1.

45 La tobera de empuje según la invención, que puede proporcionarse en particular como una tobera de empuje para un motor de cohete, está provista de una sección de pared convergente, una sección de garganta y una sección de pared divergente, en la que la sección de pared divergente tiene una primera región adyacente a la sección de garganta, cuyo contorno de pared corresponde al contorno de pared de una tobera ideal truncada, y en la que la sección de pared divergente tiene una segunda región que se aleja de la sección de garganta, región que tiene un contorno de pared que se desvía de la primera región. Por lo tanto, el contorno de la pared de esta segunda región no es el contorno de la pared de una tobera TIC ideal, sino un contorno de la pared que se desvía de esto.

Ventajas

50 La combinación según la invención de la primera región de la sección de pared divergente, que es adyacente a la garganta de la tobera de empuje y corresponde al contorno de la pared de una tobera ideal truncada, con una sección de conexión aguas abajo con un contorno de pared que se desvía asegura por un lado, que en la primera región crítica en el ensanchamiento de la sección transversal de la tobera, la ocurrencia de choques y, por lo tanto, la separación peligrosa con la nueva unión debido a fuerzas laterales particularmente altas son suprimidas debido al contorno de la tobera TIC allí

y aguas abajo de esto, en la segunda región, si solo se produce un aumento relativamente pequeño de la sección transversal de la tobera, el contorno de la tobera se puede diseñar de tal manera que la presión de salida sea suficientemente alta para evitar la separación del flujo en la operación estacionaria.

5 Otras características de configuración preferidas y ventajosas de la tobera de empuje según la invención son el tema de las reivindicaciones subordinadas 2 a 3.

10 El ángulo de contorno de la sección de pared divergente, visto en sección longitudinal a través de la tobera de empuje, preferiblemente discurre de modo continuo en la transición desde la primera región a la segunda región. El ángulo de contorno se define por un ángulo tangencial a la pared de la tobera de empuje. Por lo tanto, una primera derivada de una curva que describe el contorno de la pared de la tobera de empuje a lo largo de una longitud, es decir, a lo largo de un eje longitudinal de la tobera, describe el desarrollo del ángulo de contorno o ángulo tangencial a lo largo de la longitud, es decir, a lo largo del eje longitudinal de la tobera. La segunda derivada de dicha curva describe una curvatura de la curva que describe el contorno de la pared de la tobera de empuje a lo largo de su longitud. La primera derivada de la curva que describe el contorno de la pared de la tobera de empuje es preferiblemente continua en un punto de transición entre la primera región y la segunda región. Sin embargo, una segunda derivada de la curva que describe el contorno de la pared de la tobera de empuje puede comprender un pliegue. La transición constante entre las dos regiones de la sección de pared divergente reduce el riesgo de que se produzcan choques de presión interna y una separación de flujo asociada con esto.

20 Se prefiere particularmente una variante de la tobera de empuje en la que la segunda región de la sección de pared divergente tiene forma de paraboloides. Esta configuración en forma de paraboloides corresponde al contorno de una parábola con empuje optimizado. Tal tobera de empuje combina así en la primera región cerca de la garganta las propiedades de una tobera TIC con las propiedades de una tobera TOP en la segunda región aguas abajo.

25 La transición desde el contorno de pared de la primera región al contorno de pared de la segunda región es continua, es decir, el desarrollo de la primera derivada de la curva que describe el contorno de pared de la tobera de empuje es continuo. El ángulo de contorno α correspondiente a un ángulo tangencial a la pared, en el último punto del contorno de la pared de la primera región, corresponde al ángulo de contorno α en el primer punto del contorno de pared de la segunda región. Al elegir la transición entre la primera y la segunda región como continua y con el mismo ángulo de contorno α en el último punto de la primera región y en el primer punto de la segunda región, la tobera ideal truncada (TIC) y la tobera de empuje optimizado (TOP) se pueden combinar de manera ventajosa. La combinación de ambos contornos de tobera mejora el funcionamiento de la tobera de empuje.

30 Un uso preferido de la tobera de empuje según la invención se realiza en un motor de cohete, de modo que la invención también comprende un motor de cohete con una tobera de empuje según la invención.

Ejemplos prácticos preferidos de la invención con detalles de configuración adicionales y otras ventajas se describen y explican con mayor detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

35 Las figuras muestran:

La Fig. 1: una tobera de empuje según la invención;

La Fig. 1A: la sección A de la fig. 1;

La Fig. 2: una tobera ideal previamente conocida;

40 La Fig. 3: el contorno de una primera tobera de empuje ejemplar según la invención en comparación con una tobera de empuje TOP;

La Fig. 4: el contorno de una segunda tobera de empuje ejemplar según la invención en comparación con una tobera de empuje TOP; y

La Fig. 5: el contorno de las dos toberas de empuje ejemplares según la invención como se muestra en las Figs. 3 y 4 en comparación con una tobera de empuje TOP.

45 Descripción de ejemplos prácticos preferidos

Una tobera S de empuje según la invención se muestra en sección longitudinal en la fig. 1, en el que la pared de la tobera se ha dibujado solo como una línea de contorno y no permite ninguna conclusión en cuanto a la configuración de diseño de la pared de la tobera (construcción de material, conductos de refrigeración, etc.) La construcción de paredes de tobera, especialmente de toberas de empuje para cohetes, es suficientemente conocida y no es un objeto de la presente invención.

5 La tobera tiene una sección 1 de pared convergente, una sección 2 de garganta y una sección 3 de pared divergente. La sección transversal más estrecha de la tobera se encuentra en la sección 2 de garganta en el plano E_1 de sección transversal en el diámetro más estrecho de la sección 2 de garganta. El paso del flujo a través de la tobera es en la dirección de la flecha P de flujo desde la sección de tobera con la sección 1 de la pared convergente a través de la garganta de la tobera hasta la sección de la tobera con la sección 3 de la pared divergente. Una cámara de combustión situada delante de la sección de tobera con la sección 1 de pared convergente en un motor de cohete no se muestra en la fig. 1, pero es suficientemente conocido para el experto en la técnica.

10 Como ya se describió en relación con la técnica anterior en la fig. 2, el contorno 20 de la pared en la sección 2 de garganta se ejecuta como un arco circular. Conectado a este arco circular del contorno 20 de pared de la sección 2 de garganta en una dirección aguas abajo, por lo tanto, hacia la sección 3 de pared divergente, hay una primera región 30 de la sección 3 de pared divergente, cuyo contorno 31 de pared - como ya se describió en relación con la fig. 2 - está formado como una tobera ideal truncada (tobera TIC). La transición del contorno 20 de pared circular en forma de arco de la sección 2 de garganta al contorno 31 de pared de la primera región 30 formada como una tobera TIC truncada se define por un primer punto 34 de transición, a través del cual discurre un primer plano E_3 de sección transversal.

15 La transición desde el contorno 20 de pared circular en forma de arco de la sección 2 de garganta al contorno 31 de pared de la primera región 30 se realiza de manera continua; esto significa que el ángulo tangencial (en el plano de sección longitudinal mostrado en la fig. 1) en el último punto del contorno 20 de pared circular en forma de arco de la sección 2 de garganta corresponde al ángulo tangencial en el primer punto del contorno 31 de pared de la primera región 30.

20 La primera región 30 con el contorno de una tobera ideal truncada se extiende en la dirección del eje longitudinal 101 de la tobera, pero no en toda la longitud de una tobera TIC como se muestra en la fig. 2 y descrito en relación con la fig. 2, pero solo en una porción de la longitud de una tobera ideal cerca de la garganta. La longitud axial L_1 de la primera región 30 se determina según una especificación de diseño, que se describe más adelante.

25 Junto a la primera región 30 de la sección 3 de pared divergente en el extremo de la primera región 30 orientada lejos de la sección de garganta 2 hay una segunda región 32 de la sección 3 de pared divergente, que tiene un contorno 33 de pared que se desvía de la primera región 30 y por lo tanto también de una tobera TIC ideal. La transición entre el contorno 31 de pared de la primera región 30 y el contorno 33 de pared de la segunda región 32 de la sección 3 de pared divergente se realiza en un segundo punto 35 de transición, a través del cual discurre un segundo plano E_4 de transición transversal.

30 La transición desde el contorno 31 de la pared de la primera región 30 al contorno 33 de la pared de la segunda región 32 es continua. Esto significa que el ángulo de contorno α , que es el ángulo tangencial (en el plano de sección longitudinal mostrado en la fig. 1) a la pared en el último punto del contorno 31 de pared de la primera región corresponde al ángulo de contorno α en el primer punto del contorno 33 de la pared de la segunda región 32, como se puede ver en la representación ampliada en la fig. 1A.

35 En el ejemplo de la fig. 1, el contorno 33 de la pared de la segunda región 32 está formado como una parábola cuadrática. Esta segunda región 32 configurada en una forma de paraboloide de la sección 3 de pared divergente se extiende en la dirección del eje longitudinal 101 de la tobera sobre una longitud L_2 hasta el plano de salida E_2 . La posición de este plano de salida E_2 está determinada por la longitud global L predeterminada de la tobera, medida desde el plano E_1 al plano E_2 .

El diseño de dicha tobera de empuje TICTOP combinada según la invención y, en particular, la determinación del segundo punto 35 de transición con el segundo plano E_4 de sección transversal de transición se describe a continuación.

40 En el proceso de diseño de una tobera de empuje, la sección transversal de la garganta de la tobera, la longitud de la tobera y el diámetro de salida de la tobera están normalmente predeterminados. El punto inicial y final de la tobera según la invención son así fijados. Así, tres parámetros permanecen como parámetros libres en el proceso de diseño, a saber:

45 1. El primer parámetro libre es el número de Mach de diseño de la tobera ideal. Cuanto mayor es el número de Mach de diseño, más divergente (a la misma longitud axial L_1) es la primera región 30 formada como una tobera ideal truncada, es decir, mayor es el ángulo de divergencia en el primer punto 34 de transición entre el contorno 20 de pared en forma de arco circular de la sección 2 de garganta y el contorno 31 de pared de la primera región 30, por lo tanto, la tobera ideal truncada. Debido a esto, el mayor ángulo de contorno α también está en el segundo punto 35 de transición entre el contorno 31 de pared de la primera región 30 y el contorno 33 de pared de la segunda región 32 en forma de paraboloide de la sección 3 de pared divergente.

50 2. El segundo parámetro libre es la longitud axial L_1 de la tobera S de empuje en la primera región 30, por tanto, de la tobera ideal truncada utilizada, y por lo tanto la posición axial del segundo punto 35 de transición.

3. El tercer parámetro libre es el ángulo de divergencia β del contorno 33 de pared en forma de paraboloide de la segunda región 32 en el extremo de salida abierto de la tobera de empuje, por lo tanto, en el área del plano E_2 de salida. La presión final de la tobera puede variar según este valor. Cuanto más pequeño es el ángulo de divergencia β a una longitud de tobera constante L, mayor es la presión final de la tobera.

5 El punto inicial (segundo punto 35 de transición) y el ángulo inicial (ángulo de contorno α) de la segunda región 32 en forma de paraboloide de la sección 3 de pared divergente se determinan aquí por el punto final y el ángulo final de la tobera ideal truncada, así de la primera región 30. Este punto es el segundo punto 35 de transición. En principio, también sería posible permitir un pequeño cambio de ángulo hacia afuera en el segundo punto 35 de transición. Esto añadiría otro grado de libertad para el diseño. Sin embargo, cuanto más se abre la tobera en el segundo punto 35 de transición, por lo tanto, cuanto mayor es el cambio en el ángulo de contorno α en este punto, mayor es el riesgo de que se produzca un choque en la progresión adicional de la segunda región 32 en forma de paraboloide que anularía las ventajas del método de contorneado descrito.

10 El punto final de la segunda región 32 en forma de paraboloide es normalmente predeterminado en el proceso de diseño debido a la longitud L de tobera predeterminada y la sección transversal de apertura predeterminada de la tobera en el plano E_2 de salida.

15 Aguas arriba del segundo punto 35 de transición, un contorno de pared de una tobera ideal truncada debe elegirse necesariamente hasta el primer punto 34 de transición, porque solo esto garantiza un funcionamiento sin golpes. Aguas abajo del segundo punto 35 de transición, debe seleccionarse un contorno de pared que contenga los tres parámetros de diseño fijos, a saber, el punto inicial, el ángulo inicial y el punto final del contorno de pared y en el que el tercer parámetro libre (ángulo de divergencia β) puede ser variado. Esto no necesariamente tiene que ser una parábola oblicua de segundo grado, pero esta es una opción obvia. Alternativamente, la pared de la segunda región 32 también podría describirse mediante una curva de orden superior cuando se ve en sección transversal.

20 La tobera de empuje según la invención mostrada en la fig. 1 combina así las ventajas de una tobera ideal (tobera TIC) con las ventajas de una tobera TOP con contorno de pared paraboloide y, por lo tanto, puede describirse como una tobera TICTOP.

25 Las figs. 3 y 4 ilustran el contorno de dos ejemplos de la tobera de empuje combinada TICTOP según la invención en comparación con la tobera de empuje TOP con el mismo punto de salida. Las líneas discontinuas corresponden al contorno (31, 33) y en función de la coordenada x de longitud de la tobera de empuje respectiva, mientras que las líneas continuas corresponden a la primera derivada dy/dx de dicha curva. La transición entre la TIC y la sección de la tobera parabólica se puede identificar en la primera derivada, ya que la primera derivada muestra un pliegue en el punto de transición desde la TIC a la sección de la tobera parabólica. Esta transición está rodeada por el círculo 110.

30 La fig. 5 ilustra el contorno de la tobera de empuje TOP en comparación con los dos ejemplos de la tobera de empuje TICTOP de las figs. 3 y 4. Como resulta evidente a partir de las figs. 3 a 5, la tobera de empuje TICTOP está provista de una línea de contorno (31, 33) en la región de transición entre la primera y la segunda región (30, 32) que se encuentra muy por debajo de la línea de contorno de la tobera de empuje TOP, mientras que aguas arriba y aguas abajo del punto de transición, la línea de contorno (31, 33) de las toberas de empuje TICTOP converge contra la línea de contorno de la tobera de empuje TOP.

35 Los signos de referencia en las reivindicaciones, la descripción y los dibujos sirven solo para una mejor comprensión de la invención y no están destinados a limitar el alcance de protección.

Lista de signos de referencia

- 1 Sección de pared convergente
- 2 Sección de garganta
- 3 Sección de pared divergente
- 40 20 Contorno de pared de la sección de garganta
- 30 Primera región
- 31 Contorno de pared de la primera región
- 32 Segunda región
- 33 Contorno de pared de la segunda región
- 45 34 Primer punto de transición
- 35 Segundo punto de transición
- 100 Tobera simétrica rotacionalmente

ES 2 805 532 T3

	101	Eje longitudinal de la tobera
	102	Garganta de la tobera
	103	Pared
	104	Arco circular
5	105	Punto
	106	Línea de propagación de onda de expansión
	107	Línea de reflexión propagación de onda de expansión
	108	Sección del contorno de la pared
	109	Punto final de la pared
10	110	Indicación circular de la transición de TIC a TOP
	α	Ángulo de contorno
	β	Ángulo de divergencia
	E_1	Plano de sección transversal en el diámetro de garganta más estrecho
	E_2	Plano de salida
15	E_3	Plano de sección transversal de transición
	E_4	Segundo plano de sección transversal de transición
	K	Región de "Núcleo"
	L	Longitud total de tobera
	L_1	Longitud axial de la primera región
20	L_2	Longitud axial de la segunda región
	P	Flecha de flujo
	S	Tobera de empuje

REIVINDICACIONES

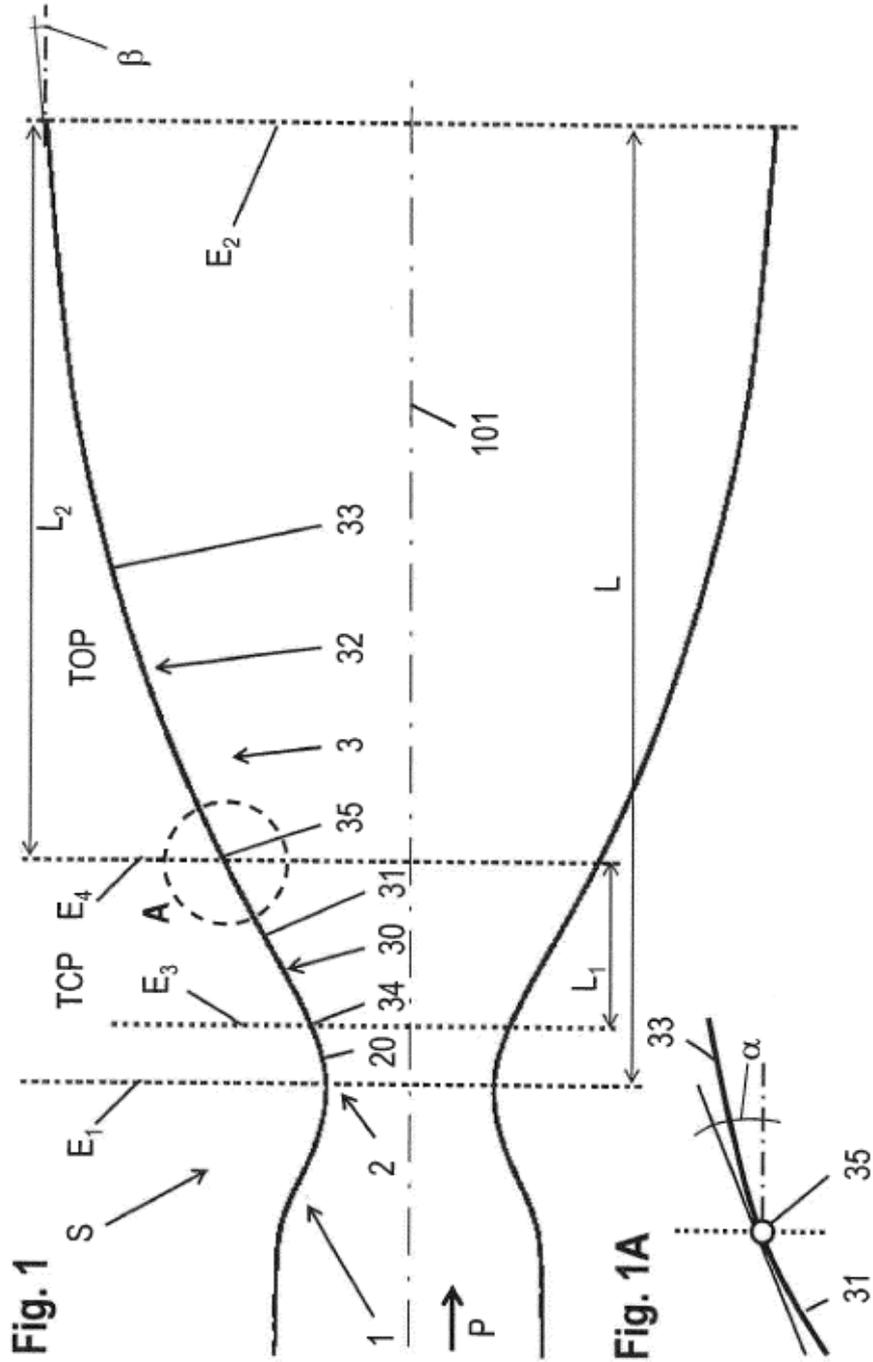
1. Tobera de empuje con una sección (1) de pared convergente, una sección (2) de garganta y una sección (3) de pared divergente, en la que

- 5 – la sección (3) de pared divergente tiene una primera región (30) adyacente a la sección (2) de garganta, el contorno (31) de pared de cuya región corresponde a una tobera ideal truncada,
- la sección (3) de pared divergente tiene una segunda región (32) orientada lejos de la sección (2) de garganta, cuya región tiene un contorno (33) de pared que se desvía desde la primera región (30), caracterizada por que
- 10 – la transición desde el contorno (31) de la pared de la primera región (30) al contorno (33) de pared de la segunda región (32) es continua, en donde el ángulo de contorno (α) correspondiente a un ángulo tangencial a la pared, en el último punto del contorno (31) de pared de la primera región, corresponde al ángulo de contorno (α) en el primer punto del contorno (33) de pared de la segunda región (32), y
- la segunda región (32) de la sección (3) de pared divergente tiene forma de paraboloides.

2. Tobera de empuje según la reivindicación 1, caracterizada porque un ángulo de contorno (α) de la sección de pared divergente (3), visto en sección longitudinal a través de la tobera (S) de empuje, discurre continuamente en la transición desde la primera región (30) a la segunda región (32).

15

3. Motor de cohete con una tobera de empuje según una de las reivindicaciones anteriores.



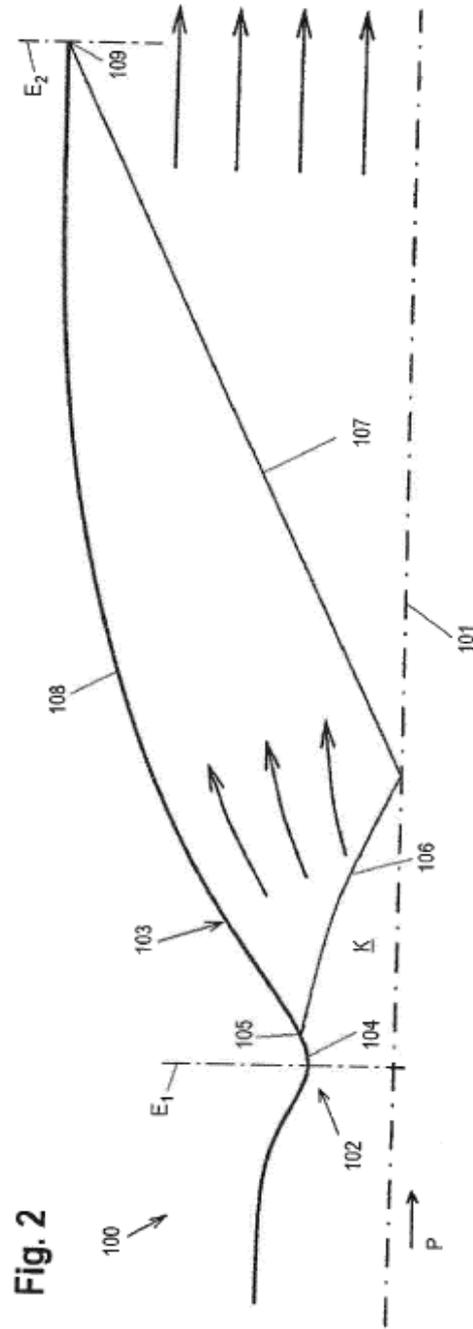


Fig. 2

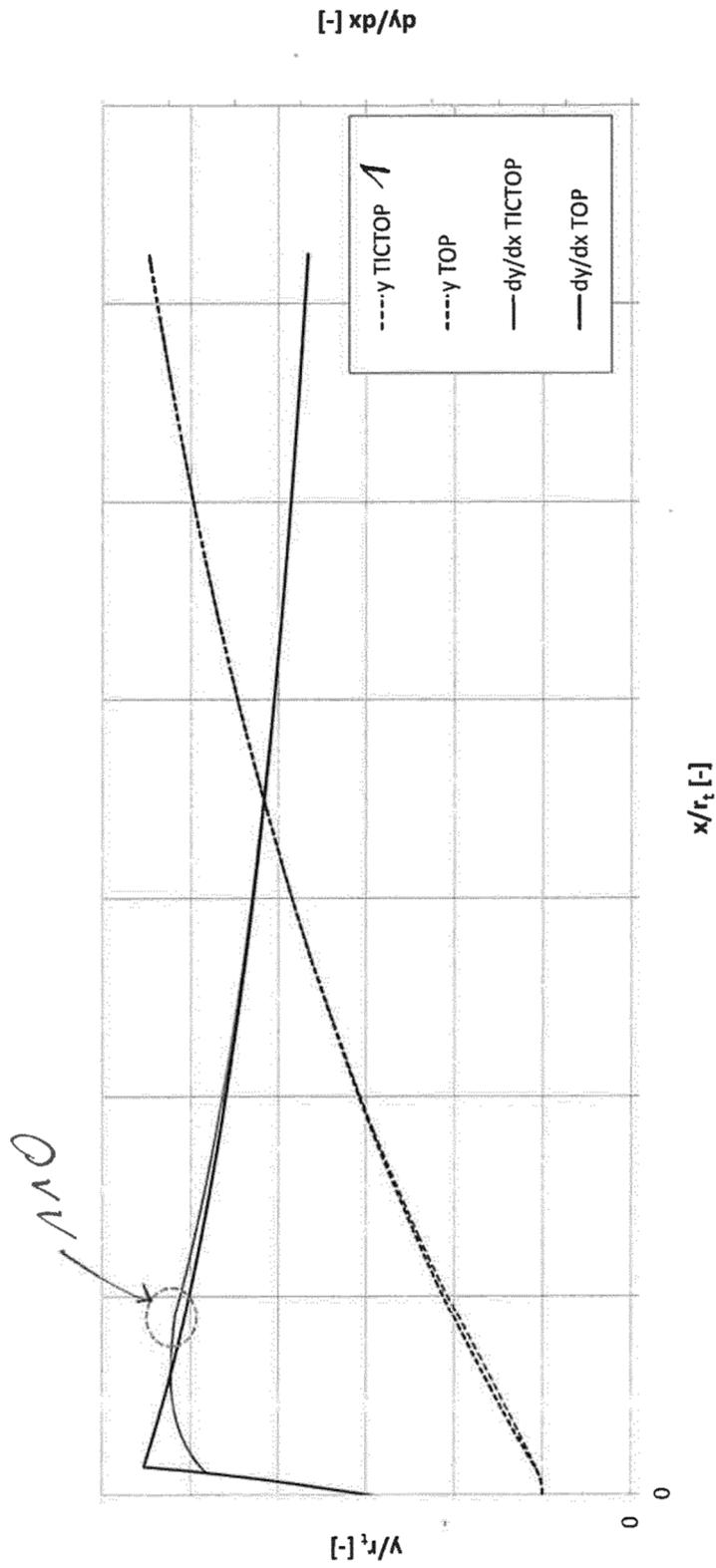
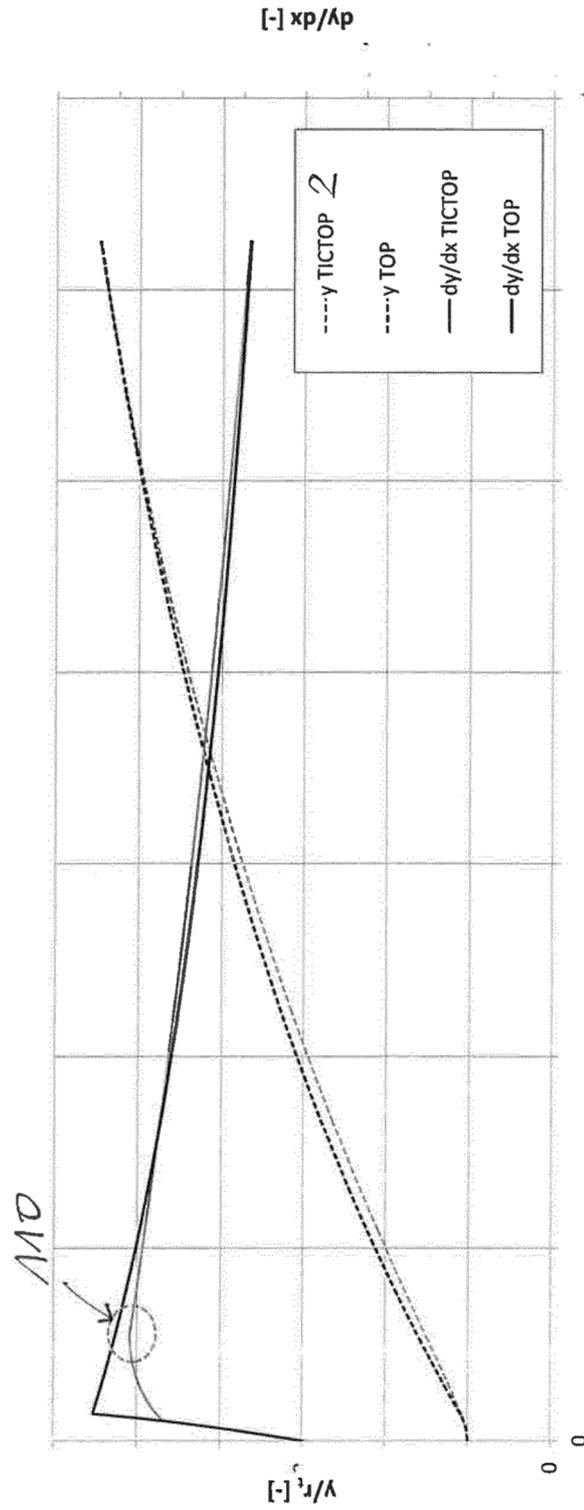


Fig. 3



$x/r_t [-]$
Fig. 4

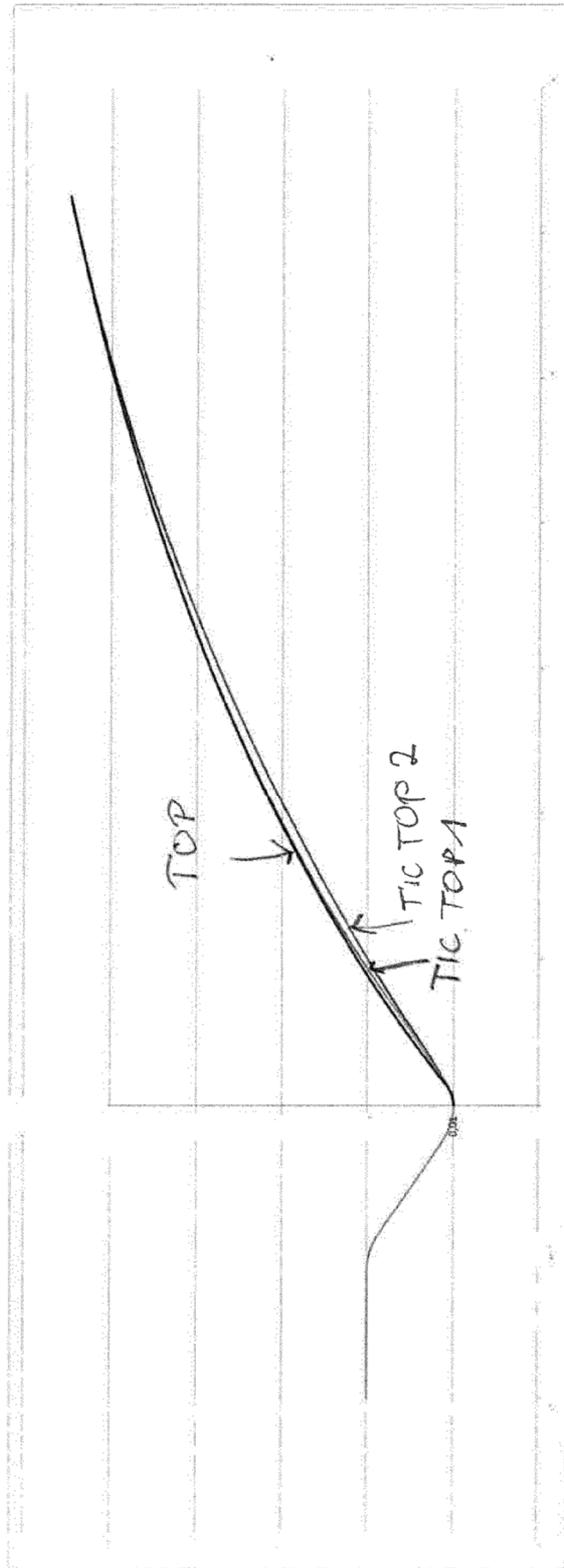


Fig. 5