

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 026**

51 Int. Cl.:

B05B 7/04 (2006.01)

B05B 7/06 (2006.01)

B05B 7/08 (2006.01)

B05B 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2007 E 07703511 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 1986788**

54 Título: **Tobera binaria con toberas de aire secundario dispuestas en círculo**

30 Prioridad:

24.02.2006 DE 102006009147

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

16.04.2013

73 Titular/es:

**WURZ, DIETER (100.0%)
GARTENWEG 7
76530 BADEN-BADEN, DE**

72 Inventor/es:

WURZ, DIETER

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 401 026 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 binaria con toberas de aire secundario dispuestas en círculo.

5 La invención se refiere a una tobera binaria con una tobera principal, con una cámara de mezclado y una boquilla de tobera unida con la cámara de mezclado y dispuesta aguas abajo de la cámara de mezclado, estando previstas toberas de aire secundario, que desembocan en la zona de la boquilla de tobera en círculo anular.

10 La patente US nº 1.451.063 muestra una tobera de quemador, en la que un combustible líquido se introduce por medio de una tobera de alimentación dispuesta de manera centrada en una cámara de mezclado. La cámara de mezclado está configurada de manera cilíndrica y se ensancha en tres escalones sucesivos hasta una abertura de salida. En la zona de los escalones individuales de la cámara de mezclado y en la zona de la boquilla de tobera desembocan en cada caso toberas de aire secundario dispuestas en círculo anular. Las toberas de aire secundario están configuradas como taladros cilíndricos y están dispuestas de modo que no cortan un eje longitudinal central de la cámara de mezclado.

15 El documento EP 0 205 739 A1 describe una tobera para la alimentación de lodos. En la zona de la boquilla de tobera desembocan taladros de tobera cilíndricos para la introducción de un medio fraccionador.

20 En muchas instalaciones de la técnica de procesos se distribuyen líquidos en un gas. A este respecto con frecuencia presenta una importancia decisiva que el líquido se pulverice en gotas lo más finas posible. Cuanto más finas sean las gotas, mayor será la superficie específica de la gota. De ello pueden desprenderse ventajas considerables desde el punto de vista de la técnica de procesos. Así, por ejemplo, el tamaño de un recipiente de reacción y sus costes de fabricación dependen en gran medida del tamaño de gota promedio. Sin embargo, muchas veces no es en absoluto suficiente que el tamaño de gota promedio no supere un determinado valor límite. Incluso unas pocas gotas esencialmente más grandes pueden conducir a fallos de funcionamiento considerables. Éste es el caso en particular cuando las gotas, debido a su tamaño, no se evaporan lo suficientemente rápido, de modo que aún se depositan gotas o también partículas pastosas en componentes posteriores, por ejemplo sobre mangueras de filtro textil o en palas de ventilador, y conducen a fallos de funcionamiento debido a incrustaciones o corrosión.

30 Para pulverizar líquidos de manera fina, se utilizan o bien toberas unitarias de alta presión o bien toberas binarias de presión media. Una ventaja de las toberas binarias radica en que presentan secciones transversales de flujo relativamente grandes, de modo que también pueden pulverizarse líquidos que contienen partículas gruesas.

35 La representación de la figura 1 muestra a modo de ejemplo una tobera binaria 3 esencialmente simétrica con respecto al eje 24 según el estado de la técnica.

40 El líquido 1 que va a pulverizarse se introduce a través de un tubo de lanza central 2 en el punto estrecho 10 en la cámara de mezclado 7. El gas a presión 15 se alimenta a través de un tubo de lanza exterior 4 a una cámara anular 6, que rodea la cámara de mezclado en círculo anular; a través de un cierto número de taladros 5 se introduce el gas a presión en la cámara de mezclado 7. En esta cámara de mezclado tiene lugar una primera fragmentación del líquido en gotas, de modo que aquí se forma un gas 9 que contiene gotas. También en la salida de la cámara de mezclado 7 existe un punto estrecho 14. En el punto estrecho 14 se conecta una pieza de salida 26 divergente, que termina con la boquilla de tobera 8. El flujo de gas 9 que contiene gotas formado en la cámara de mezclado 7 se acelera mucho en la tobera convergente-divergente, también denominada tobera de Laval, de modo que aquí se provoca una fragmentación adicional de las gotas.

50 Las toberas binarias con un único taladro de salida de tipo constructivo convencional padecen la característica de que el chorro 21 que sale de la tobera formado por gotas y aire atomizado sólo presenta un ángulo de apertura α reducido. Esto tiene como consecuencia que, para la volatilización de las gotas, son necesarios trayectos relativamente grandes o recipientes grandes.

55 En estas toberas se deriva un problema básico de que las paredes en la cámara de mezclado 7 se mojan con líquido. El líquido, que moja la pared en la cámara de mezclado, se impulsa por las fuerzas de esfuerzo cortante y de presión como película 20 de líquido hacia la boquilla de tobera. Uno se ve tentado de suponer que las paredes hacia la boquilla de tobera, como consecuencia de velocidades de flujo elevadas de la fase de gas, se soplan en seco y que con ello a partir de la película de líquido se forman sólo gotas muy finas.

60 Sin embargo, trabajos teóricos y experimentales del inventor han mostrado que las películas de líquido sobre paredes pueden existir incluso aún como películas estables sin formación de gotas cuando el flujo de gas, que impulsa la película de líquido hacia la boquilla de tobera, alcanza una velocidad supersónica. Y éste es el motivo por el que es posible aplicar en toberas de propulsión de cohetes un enfriamiento de película de líquido. El flujo de líquido es especialmente crítico en el caso de la pulverización de líquidos muy viscosos, que presentan al mismo tiempo una alta tensión superficial, por ejemplo de glicol en deshumidificadores de refrigeración de estaciones de bombeo de gas natural o de suspensiones de sólidos en absorbedores de pulverización.

65

Las películas de líquido, que se impulsan por el flujo de gas hacia la boquilla de tobera 8, pueden rodear incluso, debido a las fuerzas de adhesión, un borde vivo en la boquilla de tobera; forman entonces en el lado exterior de la boquilla de tobera una protuberancia 12 de agua, véase la figura 1. De esta protuberancia de agua se desprenden unas gotas 13 marginales, cuyo diámetro asciende a un múltiplo del diámetro de gota medio en el núcleo del chorro. Aunque estas gotas marginales grandes sólo contribuyen en un porcentaje de masa pequeño a la carga de gotas total, son en última instancia determinantes para el dimensionamiento del recipiente, en el que por ejemplo la temperatura de un gas debe disminuirse de desde 350°C hasta 120°C por enfriamiento por evaporación, sin que ello lleve a un aporte de gotas en componentes situados aguas abajo tales como ventiladores o filtros textiles.

La solicitud de patente alemana, no publicada previamente, DE 10 2005 048 489.1 del mismo inventor se refiere a una tobera binaria, en la que la formación de gotas marginales grandes se impide de manera fiable mediante una atomización de intersticio anular. La figura 2 muestra una tobera binaria correspondiente con atomización de intersticio anular. En la variante representada, el aire de intersticio anular, también denominado en este caso aire secundario, se ramifica a través de taladros 19 directamente desde la cámara anular 6. Sin embargo, este tipo de tobera padece también la característica de que se crea un chorro 21 relativamente delgado, con un ángulo de apertura α de aproximadamente 15°. Se sabe que este tipo de toberas pueden estar rodeadas básicamente por un anillo 25 de aire en cortina o de bloqueo y una tobera de aire en cortina o de bloqueo 23. La diferencia esencial entre el aire 11 de bloqueo y el aire de intersticio anular consiste en que la presión total del aire de intersticio anular procedente del intersticio anular 16 coincide en orden de magnitud con la presión del gas a presión 15 para la atomización, mientras que la presión del aire 11 de bloqueo por regla general es menor en de uno a dos órdenes de magnitud.

Del intersticio anular 16 sale gas a presión a alta velocidad y se encarga de que una película de líquido en la pared de la boquilla de tobera, en particular de la sección de salida divergente, se estire para dar una lámina de líquido muy fina, que puede entonces descomponerse en pequeñas gotas. De esta manera puede evitarse la formación de gotas grandes a partir de películas de líquido de pared en la zona de salida de la tobera o reducirse en una medida aceptable y, al mismo tiempo, puede obtenerse el espectro de gotas finas en el núcleo del chorro, sin que para ello tenga que aumentarse el consumo de gas a presión de la tobera binaria o la necesidad de energía propia asociada a ello. La cantidad de aire de intersticio anular puede ascender, por ejemplo, a del 10% al 40% de la cantidad de aire de atomización total. La presión total del aire en el intersticio anular asciende, de manera ventajosa, a de 1,5 bar a 2,5 bar en valor absoluto. La presión total del aire en el intersticio anular es de manera ventajosa tan alta que en caso de expansión hasta el nivel de presión en el recipiente se alcanza aproximadamente la velocidad del sonido. La abertura de salida está formada por una pared circular, cuyo extremo más exterior forma un canto de salida y el intersticio anular está dispuesto en la zona del canto de salida. De manera conveniente, el intersticio anular está formado entre el canto de salida y una pared de intersticio anular exterior. Visto en la dirección del flujo de salida, el canto de pared de intersticio anular está dispuesto después del canto de salida. De manera ventajosa, el canto de pared de intersticio anular está dispuesto entre un 5% y un 20% del diámetro de la abertura de salida después del canto de salida. Una presión del gas a presión alimentada al intersticio anular y una presión del gas a presión que desemboca por la entrada de gas a presión en la cámara de mezclado pueden ajustarse independientemente entre sí. Los taladros de entrada 5 en la cámara de mezclado pueden estar orientados de manera tangencial con respecto a un círculo alrededor de un eje longitudinal central de la tobera, para generar un momento angular en una primera dirección. Varios taladros de entrada pueden estar previstos separados entre sí y distintos taladros de entrada pueden estar orientados de manera tangencial de modo que generen un momento angular en distintas direcciones, por ejemplo también direcciones de momento angular contrarias.

En la solicitud de patente, no publicada previamente, DE 10 2006 0013190 se describe una tobera binaria para su instalación conectada a la pared, en la que para evitar recubrimientos de pared se calientan una tobera de aire en cortina, de bloqueo o envolvente y la zona de pared en el entorno de la tobera. Por lo demás, la tobera descrita en ese documento está diseñada de manera análoga a la tobera binaria según el documento DE 10 2005 048 489.1.

Todas las toberas binarias descritas anteriormente tienen en común que el ángulo de apertura de un chorro de pulverización generado es comparativamente pequeño, de modo que son necesarios trayectos grandes para la evaporación de gotas.

Con la invención se proporcionará una tobera binaria con la que puede conseguirse un mayor ángulo de apertura del chorro de pulverización.

Según la invención, para ello está prevista una tobera binaria con una tobera principal, con una cámara de mezclado y una boquilla de tobera unida con la cámara de mezclado y dispuesta aguas abajo de la cámara de mezclado, en la que en la zona de la boquilla de tobera desembocan toberas de aire secundario en círculo anular y en la que las toberas de aire secundario están formadas entre dos componentes enfrentados en la zona de la boquilla de tobera por medio de rebajes en al menos uno de los dos componentes enfrentados en la zona de la boquilla de tobera.

Mediante la previsión de un anillo, dispuesto en la zona de la boquilla de tobera o que rodea también la boquilla de tobera, de toberas de aire secundario puede generarse un chorro de tobera con un ángulo de apertura α esencialmente más grande de desde al menos aproximadamente 30° hasta 45°. Unos chorros de aire a presión

5 procedentes de las toberas de aire secundario actúan sobre el chorro procedente de la tobera formado por gotas y
 10 aire de atomización y lo ensanchan. Al mismo tiempo, pueden mantenerse también sin intersticio anular continuo las
 15 ventajas de la atomización de intersticio anular según la solicitud de patente alemana DE 10 2005 048 489.1 y en
 20 especial, se impide la formación de gotas marginales grandes. La tobera según la invención parte por tanto de este
 25 modo de una tobera binaria con atomización de intersticio anular según la solicitud de patente alemana, no
 publicada previamente, DE 10 2005 048 489.1, sustituyendo el intersticio anular para la atomización de intersticio
 anular por un anillo de toberas de aire individuales, que rodean la boquilla de tobera. Con rodear quiere decirse en
 este caso, que las toberas de aire secundario individuales están dispuestas en círculo alrededor de la boquilla de
 tobera y que, en el caso de varias toberas de aire secundario, sus chorros de salida pueden tocarse o incluso
 entrecruzarse en la zona de la boquilla de tobera, de modo que un chorro anular continuo de aire secundario rodea
 la boquilla de tobera. A este respecto, las proyecciones imaginarias de los taladros de aire secundario pueden
 entrecruzarse en el plano de la boquilla de tobera para dar una superficie anular cerrada. Los taladros de tobera de
 aire secundario individuales se inician por tanto en el espacio anular comparativamente ancho fuera de la cámara de
 mezclado, pero pueden absolutamente tocarse o incluso intersecarse en el transcurso adicional en dirección a la
 boquilla de tobera en ésta. Además de la intersección ya mencionada de las proyecciones de las prolongaciones de
 los taladros de tobera en el plano de la boquilla de tobera, pueden incorporarse naturalmente también taladros de
 aire secundario de modo que se entrecrucen ya en la zona de la salida y en la zona de la boquilla de tobera, de
 modo que la pared de la boquilla de tobera presente un rebaje circular anular. La tobera según la invención ofrece
 por tanto la posibilidad de proporcionar según el diámetro o la disposición de los taladros de aire secundario un
 intersticio anular con ancho variable. Esto es particularmente importante, en el caso de la fabricación de series de
 toberas o familias de toberas, cuando un mismo cuerpo de base debe dotarse de diferentes anchos de intersticio
 anular. Por tanto, la tobera según la invención puede presentar una intersección geométrica de los taladros de aire
 secundario en la zona de la boquilla de tobera y o bien esta intersección tiene lugar ya en la zona de pared de la
 boquilla de tobera o bien sólo en un plano imaginario a la altura de la boquilla de tobera. Sin embargo, además de
 las toberas de aire secundario también puede preverse aún una atomización de intersticio anular. Mediante la
 previsión de toberas de aire secundario dispuestas en círculo anular, una tobera binaria con mezclado interno puede
 convertirse, mediante una modificación en la zona de la boquilla de tobera, en una tobera con chorro de ángulo
 grande.

30 En un perfeccionamiento de la invención, una dirección de pulverización principal de las toberas de aire secundario
 está orientada hacia un chorro de pulverización principal procedente de la boquilla de tobera.

Mediante una orientación de este tipo de las toberas de aire secundario, éstas inciden en el chorro de pulverización
 de la tobera principal y lo ensanchan de este modo.

35 En un perfeccionamiento de la invención, los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario están
 dispuestos con respecto a un eje longitudinal central de la tobera principal con un ángulo β de desde 20° hasta 80° .

40 De esta manera, el chorro de pulverización de las toberas de aire secundario obtiene tanto una componente paralela
 al eje longitudinal central de la tobera principal como una componente dispuesta en perpendicular a éste, que es
 responsable principalmente del ensanchamiento del chorro de pulverización. Pueden conseguirse distintos
 ensanchamientos del chorro de pulverización mediante la variación del ángulo β .

45 En un perfeccionamiento de la invención, los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario no
 cortan el eje longitudinal central de la tobera principal.

Mediante una disposición torcida de este tipo de los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario
 puede conseguirse un ensanchamiento especialmente uniforme del chorro de pulverización. Con una disposición
 correspondiente de las toberas de aire secundario puede conferirse por ejemplo al chorro de pulverización de la
 tobera principal un momento angular que favorece un ensanchamiento del chorro de pulverización.

50 En un perfeccionamiento de la invención, las toberas de aire secundario están orientadas de manera tangencial a un
 círculo imaginario, concéntrico con respecto al eje longitudinal central de la tobera principal.

55 De esta manera puede conseguirse un ensanchamiento muy eficaz del chorro de pulverización con una atomización
 para dar gotas finas. Desde el punto de vista del eje longitudinal central de la tobera principal, los ejes longitudinales
 centrales de las toberas de aire secundario parecen tangentes, que tocan un círculo imaginario, que rodea
 concéntricamente el eje longitudinal central de la tobera principal. Dado que las toberas de aire secundario forman
 además un ángulo de menos de 90° con el eje longitudinal central de tobera principal, éstas tocan por tanto un
 60 cilindro circular imaginario, que rodea concéntricamente el eje longitudinal central de la tobera principal. De manera
 ventajosa, este círculo imaginario presenta un radio, que asciende a entre un 30% y un 80% del radio del chorro de
 pulverización de la tobera principal a la altura del círculo. Una orientación de este tipo de las toberas de aire
 secundario produce un ensanchamiento evidente del chorro de pulverización con atomización para dar gotas finas.
 Si se considera por tanto el círculo imaginario, que toca tangencialmente la proyección de los ejes longitudinales
 65 centrales de las toberas de aire secundario, y en especial el plano, en el que se sitúa este círculo, entonces este
 plano forma con el límite exterior del chorro de pulverización principal una línea de corte circular con un radio de

chorro de pulverización. El círculo imaginario presenta entonces un radio, que asciende a entre un 30% y un 80% de este radio de chorro de pulverización. De manera ventajosa el círculo imaginario está dispuesto aguas abajo de la boquilla de tobera de la tobera principal. Los puntos de contacto de los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario se sitúan por tanto en un cilindro circular imaginario alrededor del eje longitudinal central de la tobera principal aguas abajo de la boquilla de tobera.

En un perfeccionamiento de la invención, las toberas de aire secundario desembocan aguas arriba de la boquilla de tobera de la tobera principal en el canal de salida procedente de la cámara de mezclado hacia la boquilla de tobera.

A este respecto ha demostrado ser ventajoso que las toberas de aire secundario desemboquen directamente antes de la boquilla de tobera en el canal de salida. A este respecto puede ser ventajoso que las boquillas de las toberas de aire secundario se toquen en la entrada al canal de salida o se intersequen parcialmente.

En un perfeccionamiento de la invención está prevista un conducto de entrada de aire separado con respecto a las toberas de aire secundario.

De esta manera, la cantidad de aire y la velocidad del aire que sale de las toberas de aire secundario pueden ajustarse por separado y utilizarse, por ejemplo, para ajustar un ángulo de chorro de pulverización deseado. Para ello, son necesarios, entonces, unos medios de ajuste para ajustar una presión de aire en las toberas de aire secundario.

En un perfeccionamiento de la invención, las toberas de aire secundario están en comunicación de fluido con un conducto de alimentación para gas a presión, estando este conducto de alimentación también en comunicación de fluido con la cámara de mezclado.

Una forma de construcción sencilla de la tobera según la invención se obtiene cuando el aire necesario para las toberas de aire secundario se deriva del conducto de alimentación para gas a presión de la tobera principal. De manera ventajosa las toberas de aire secundario pueden conectarse para ello a un espacio anular que rodea la cámara de mezclado. De esta manera puede construirse la tobera binaria según la invención de manera muy compacta.

En un perfeccionamiento de la invención, la boquilla de tobera está rodeada por un intersticio anular, pudiendo solicitarse el intersticio anular con aire a presión.

Mediante la previsión de una atomización de intersticio anular adicional de este tipo pueden estirarse gotas de agua en la boquilla de tobera, que resultan de una película de líquido que recubre la pared del canal de salida, para dar láminas de líquido y atomizarse para dar gotas finas. Una atomización de intersticio anular adicional puede ser particularmente ventajosa cuando las toberas de aire secundario individuales no se tocan ni se intersecan en el borde del canal de salida.

En un perfeccionamiento de la invención está previsto que, a partir de la cámara de mezclado, un canal de salida se estreche en primer lugar de manera continua y, después, a partir de un punto estrecho en el canal de salida, vuelva a ensancharse hacia la boquilla de tobera de manera continua.

De esta manera se acelera mucho la mezcla binaria conducida por el canal de salida en la tobera convergente-divergente y puede lograrse una distribución de gotas finas en el chorro de pulverización. El canal de salida puede diseñarse y la presión del líquido y del gas a presión puede ajustarse, de modo que en el canal de salida se consiga al menos a tramos una velocidad supersónica.

En un perfeccionamiento de la invención está prevista una tobera de aire en cortina adicional, que rodea la boquilla de tobera en círculo anular.

Una tobera de aire en cortina o tobera de aire envolvente de este tipo puede estar prevista además del intersticio anular para la atomización de intersticio anular y se solicita con aire en cortina a presión más reducida que la necesaria para la atomización de intersticio anular.

Características y ventajas adicionales de la invención se desprenden de las reivindicaciones y de la siguiente descripción junto con los dibujos. Características individuales de las diferentes formas de realización de la invención representadas en los dibujos pueden combinarse a este respecto de cualquier forma, sin exceder el marco de la invención. En especial pueden combinarse de cualquier forma las características de la tobera binaria representada en la figura 2 con las de la tobera representada en las figuras 3, 4 y 5, sin exceder el alcance de la invención. En los dibujos:

la figura 1 muestra una tobera binaria según el estado de la técnica,

la figura 2 muestra una tobera binaria con atomización de intersticio anular y tobera de aire en cortina según la

solicitud, no publicada previamente, DE 10 2005 048 489.1,

la figura 3 muestra una primera forma de realización de una tobera binaria según la invención,

5 la figura 4 muestra una segunda forma de realización de una tobera binaria según la invención,

la figura 5 muestra una vista sobre el plano V-V de la figura 4 para ilustrar la disposición de las toberas de aire secundario en la tobera binaria de la figura 4,

10 las figuras 6 a 12 muestran diferentes vistas de una tercera forma de realización de una tobera binaria según la invención,

la figura 13 muestra una vista en corte de una cuarta forma de realización de una tobera binaria según la invención,

15 la figura 14 muestra una vista en corte de un componente que define la salida de tobera de la tobera binaria de la figura 13, y

20 la figura 15 muestra una vista del componente de la figura 14 desde abajo.

La vista en corte de la figura 3 muestra una tobera binaria 30 según la invención, que presenta un tubo de alimentación 34 dispuesto concéntricamente con respecto a un eje longitudinal central 32 de la tobera para líquido que debe pulverizarse. El tubo de alimentación 34 se convierte en un estrechamiento 36 troncocónico y a continuación en un punto estrecho cilíndrico 38, en el que se conecta una cámara de mezclado 40 que se ensancha de manera troncocónica. La cámara de mezclado está dotada en su pared circunferencial de aberturas 42 de entrada para gas a presión. Las aberturas 42 de entrada están dispuestas en dos anillos separados uno de otro a lo largo de la dirección de flujo de salida en la pared de la cámara de mezclado 40. A la cámara de mezclado 40 se conecta un canal de salida 44, que termina en la boquilla de tobera 46 y se estrecha en primer lugar de manera continua y después a partir de un punto estrecho 45 vuelve a ensancharse de manera continua. En la vista en corte de la figura 3, el límite del canal de salida presenta a este respecto una forma curvada de manera continua. En el canal de salida 44 se acelera mucho la mezcla de gas y líquido, por ejemplo aire y agua, formada en la cámara de mezclado 40 y puede alcanzarse en la sección divergente una velocidad supersónica.

Se alimenta gas a presión a la tobera binaria 30 a través de un tubo de gas a presión 48, que rodea el tubo de alimentación 34 concéntricamente. El gas a presión se conduce por consiguiente en la zona anular entre el tubo de alimentación 34 y el tubo de gas a presión 48. A partir de un espacio anular que rodea la cámara de mezclado 40, el gas a presión llega entonces a través de las aberturas 42 de entrada a la cámara de mezclado 40. En el extremo dispuesto aguas abajo del espacio anular 50 están dispuestas aberturas de entrada de toberas de aire secundario 52a, 52b, en las que entra gas a presión según las flechas 54 indicadas en la figura 3. Las toberas de aire secundario 52 están formadas a este respecto como taladros en una pieza terminal 56, que lleva en el centro el canal de salida 44 y en el extremo dispuesto aguas arriba del canal de salida 44 proporciona una brida para la recepción de un componente tubular que define la cámara de mezclado 40. El espacio anular 50 para el gas a presión se forma asimismo mediante el componente 56, y en su extremo dispuesto aguas arriba el componente 56 está enroscado con el tubo de gas a presión 48.

45 Las toberas de aire secundario 52a, 52b presentan ejes longitudinales centrales 58a, 58b, que forman un ángulo β con el eje longitudinal central 32 de la tobera principal definida por el canal de salida 44. El ángulo β asciende en la representación de la figura 3 a aproximadamente 45° y puede ascender a entre aproximadamente 20° y aproximadamente 80° . Las toberas de aire secundario 52a, 52b desembocan en el canal de salida 44 directamente aguas arriba de la boquilla de tobera 46. Los ejes longitudinales centrales 58a y 58b de las dos toberas de aire secundario 52a, 52b representadas se cortan aguas abajo de la boquilla de tobera 46 con el eje longitudinal central 32.

55 Además está prevista una tobera de aire envolvente 66, que rodea la boquilla de tobera 46 en círculo anular, que está formada mediante un tubo de aire envolvente 68. Mediante el tubo de aire envolvente 68 se dirige gas a presión a una presión más baja que la del gas a presión alimentado a la cámara de mezclado 40. El aire envolvente rodea el chorro de pulverización 64 en círculo anular.

60 La vista en corte de la figura 4 muestra una tobera binaria 70 según la invención según otra forma de realización de la invención. Partes constructivas similares con respecto a la tobera binaria 30 de la figura 3 están dotadas de los mismos números de referencia y no vuelven a describirse.

65 A diferencia de la tobera binaria 30 de la figura 2, en la tobera binaria 70 están previstas cuatro toberas de aire secundario 72a, 72b, 72c y 72d, aunque en la representación de la figura 3 sólo pueden observarse tres toberas de aire secundario 72a, 72b y 72d. En la vista de la figura 4 están indicadas en cambio las aberturas de boquilla de las cuatro toberas de aire secundario 72a, 72b, 72c y 72d en un canal de salida 74 de la tobera binaria 70. Estas

boquillas se encuentran directamente por encima de una boquilla de tobera 76. Para ilustrar la disposición de las toberas de aire secundario 72a, 72b, 72c y 72d están dibujados además los respectivos ejes longitudinales centrales 78a a 78d.

5 Por medio de la representación de la figura 4 puede observarse que los ejes longitudinales centrales 78a a 78d de las toberas binarias 72a a 72d están inclinados por un lado en el ángulo β con respecto al eje longitudinal central 32 de la tobera principal, tal como puede observarse ya en la figura 3. Sin embargo, los ejes longitudinales centrales 78a a 78d están dispuestos además torcidos con respecto al eje longitudinal central 32 y tocan tangencialmente un círculo, que está dispuesto concéntricamente con respecto al eje longitudinal central 32 de la tobera principal. Las
10 toberas de aire secundario 72a a 72d aplican por tanto a la mezcla binaria que sale del canal de salida 74 un momento angular y se encargan de un ensanchamiento del chorro de pulverización en el ángulo de pulverización α . Mediante una adaptación correspondiente del diámetro de las toberas de aire secundario puede conseguirse también en este caso que los taladros de tobera se toquen o se intersequen parcialmente en la desembocadura en el canal de salida 74.

15 Las líneas de acción de los chorros de aire secundario no están orientadas por consiguiente hacia el eje longitudinal central 32 del chorro principal, sino que penetran en este chorro principal con un radio r_1 adecuado, que asciende a entre un 20% y un 80% del radio del chorro principal en el punto en cuestión. El ángulo de inclinación β de los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario con respecto al eje longitudinal central 32 de la tobera principal también desempeña un papel importante, al ser especialmente ventajoso, tal como se ha mencionado, en este caso el intervalo angular de entre 20° y 80° para este ángulo β .

20 Por tanto, la tobera 30 según la invención parte de una tobera binaria con atomización de intersticio anular según la solicitud de patente alemana, no publicada previamente, DE 10 2005 048 489.1, sustituyendo el intersticio anular para la atomización de intersticio anular por un anillo de toberas de aire individuales, que rodean la boquilla de tobera. Tal como se muestra en el caso de la tobera binaria 70, puede estar prevista una atomización de intersticio anular con el intersticio anular 80 además del anillo de toberas de aire secundario.

30 Podría verse una cierta desventaja de la tobera según la invención en que la provisión del aire secundario condiciona un esfuerzo energético adicional. No obstante, a este respecto no debe olvidarse que las toberas binarias convencionales con una única boquilla de tobera generan un chorro de gotas muy compacto y delgado. Para poder implementar en este caso la atomización para dar gotas en un tiempo similarmente corto o en un trayecto comparativamente corto, como en la tobera novedosa, debe pulverizarse de manera esencialmente más fina con un chorro de tobera delgado. Esto también está asociado naturalmente con un aumento esencial del esfuerzo
35 energético. Asimismo los conceptos concurrentes de las toberas binarias que en lugar de una única boquilla de tobera disponen de una pluralidad de taladros de tobera, también denominadas toberas en haz, y que logran de ese modo un ángulo de apertura de chorro grande, padecen la desventaja de que los pequeños taladros de salida se atascan relativamente rápido, en particular en caso de pulverización de suspensiones de sólidos. Además, en el cuerpo de tobera entre los taladros de tobera se producen fácilmente aglutinaciones. Ambos efectos pueden contribuir a un empeoramiento considerable de la atomización, al provocar la aparición de gotas grandes. Además se limita la controlabilidad de las toberas en haz y es comparativamente complicado rodear toberas en haz con aire de bloqueo o aire envolvente, que ayude a evitar una formación de recubrimiento sobre el cuerpo de tobera entre los taladros.

45 A diferencia de la tobera binaria 30 de la figura 3, la tobera binaria 70 de la figura 4 está dotada, además de un intersticio anular 80, que limita directamente con el canal de salida 74 y está previsto para la atomización de intersticio anular con el fin de evitar gotas de líquido gruesas en la boquilla de tobera 76, de una tobera de aire en cortina 82, que rodea el intersticio anular 80 en círculo anular y está previsto para la alimentación de gas a presión con una presión más reducida que en la cámara de mezclado 40 y en el intersticio anular 80.

50 La representación de la figura 5 muestra una vista de la tobera binaria 70 desde abajo y aproximadamente a la altura del plano V-V dibujado en línea discontinua en la figura 4. En la representación de la figura 5 puede observarse que los ejes longitudinales centrales 78a a 78d tocan, aproximadamente a la altura del plano V-V y por consiguiente aguas abajo de la boquilla de tobera 76, tangencialmente un círculo imaginario con el radio r_1 . El radio r_1 de este círculo asciende a este respecto a aproximadamente un 50% del radio del chorro de pulverización de la tobera principal en este punto, que en la figura 4 está definido por la línea de corte del plano V-V en línea discontinua y de la superficie 84 envolvente indicada también en línea discontinua del chorro de pulverización principal en la figura 4. El radio r_1 puede ascender a entre un 30% y un 80% del radio del chorro principal en el punto en cuestión. En otras palabras, y tal como puede observarse en la figura 5, el radio r_1 se encuentra entre el radio de la boquilla de tobera 76 y el radio de un punto estrecho 86 en el canal de salida 74. Los ejes longitudinales centrales 78a a 78d tocan tangencialmente por consiguiente un cilindro circular imaginario, que está orientado concéntricamente con respecto al eje longitudinal central 32 de la tobera principal y cuyo radio se encuentra entre el radio de la boquilla de tobera 76 y el radio del punto estrecho 86 en el canal de salida 74 formado de manera convergente-divergente de la tobera binaria 70. El punto de contacto de los ejes longitudinales centrales 78a a 78d en este cilindro circular imaginario puede situarse a este respecto aguas abajo de la boquilla de tobera, con un dimensionamiento correspondiente de la tobera pero también absolutamente a la altura de la propia boquilla de tobera o incluso aguas arriba de la misma.

La representación de la figura 6 muestra una tobera binaria 90 según la invención con un cuerpo 92 de tobera, que presenta un taladro de paso no visible en la figura 6, que forma en su salida del cuerpo 92 de tobera una boquilla de tobera 94. Tal como puede observarse ya en la figura 6, y como se explicará a continuación aún más detalladamente, la forma de la boquilla de tobera 94 se desvía de una forma circular. Esto está provocado porque en la zona de la boquilla de tobera desembocan taladros de tobera de cuatro toberas de aire secundario.

La representación de la figura 7 muestra la tobera binaria 90 en una vista en sección, indicándose además mediante líneas discontinuas taladros de tobera de las toberas de aire secundario. En especial se indican en línea discontinua los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102, que están dispuestos todos en un ángulo de aproximadamente 45° con respecto a un eje longitudinal central de la tobera y desembocan en la zona de la boquilla de tobera 94 en un canal de salida 104.

La representación de la figura 8 muestra una vista de la tobera binaria 90 desde abajo, por tanto desde el lado de la boquilla de tobera 94. Pueden observarse bien los cuatro taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 y su disposición desplazada con respecto a un eje de coordenadas por el eje longitudinal central. Los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 están dispuestos de este modo tangencialmente con respecto a un círculo imaginario alrededor del eje longitudinal central de la tobera y no cortan el eje longitudinal central. En la figura 8 se representa además el detalle D de manera ampliada, que muestra las boquillas de los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 en la zona de la boquilla de tobera, pudiendo observarse las elipses del detalle D, que indican la zona de boquilla, sólo cuando en el cuerpo 92 de tobera se incorporan en primer lugar los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 de las toberas de aire secundario aún antes del canal de salida 94. Gracias al detalle D puede observarse que las boquillas de los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 se tocan y forman en conjunto de este modo una configuración a modo de anillo alrededor del eje longitudinal central de la tobera binaria. En funcionamiento, el aire secundario que sale de los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 forma por tanto un chorro de aire anular, que rodea el chorro de pulverización que sale en paralelo del eje longitudinal central. De este modo se garantiza que una película de líquido que se encuentra en la pared del canal de salida 104, que se impulsa por el flujo hacia la boquilla de tobera 94, se arrastra por todo el perímetro del canal de salida 104 de aire secundario procedente de uno de los taladros de tobera 96, 98, 100 o 102, se estira para dar una lámina de líquido delgada en la boquilla de tobera 94 y se atomiza para dar gotas finas.

La representación de la figura 9 muestra una vista en corte a lo largo de la línea A-A en la figura 7. Pueden observarse bien el taladro de paso central de la tobera y los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 de las toberas de aire secundario. Los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102 se cruzan a la altura del plano de corte A-A con en cada caso un orificio 106 ciego, partiendo los orificios 106 ciegos de un perímetro exterior de la tobera, tal como puede observarse también en la figura 6, y estando previstos para la inserción de tornillos estranguladores, para poder ajustar una sección transversal libre de los taladros de tobera 96, 98, 100 y 102.

La representación de la figura 10 muestra una vista de la tobera binaria 90 según la invención desde el lado de la boquilla de tobera 94 e indica el desarrollo de una línea de corte B-B. La línea de corte B-B discurre en primer lugar de manera centrada a través del taladro de tobera 102, se dobla en perpendicular a la altura del eje longitudinal central, atraviesa el canal de salida 94 y se dobla después de nuevo en ángulo recto a la altura del centro del taladro de tobera 98.

La representación de la figura 11 muestra la vista en corte a lo largo de la línea B-B. Puede observarse bien el desarrollo de los taladros de tobera 102, 98, que discurren en primer lugar en paralelo a un eje longitudinal central de la tobera binaria 90, tras pasar por el orificio 106 ciego asociado en cada caso se doblan a 45°, para desembocar entonces por último en la zona de la boquilla de tobera 94 en el canal de salida 104. Los taladros de tobera 98, 102 y naturalmente también los taladros de tobera 96, 100 que no pueden observarse en la figura 11 parten de un espacio anular 108, que está representado en la figura 12 y se crea mediante la inserción de un componente de cámara de mezclado 110 en el cuerpo 92 de tobera. En este espacio anular 108 se introduce gas a presión, que entra entonces por un lado a través de los taladros 112 en una cámara de mezclado 114 y por otro lado en los taladros de tobera 96, 98, 100, 102 de las toberas de aire secundario.

También por medio de la figura 12 puede observarse la boquilla de los taladros de tobera en la zona de la boquilla de tobera 94, que confieren a ésta una forma que se desvía de la forma de cilindro circular del canal de salida 104.

La representación de la figura 13 muestra una vista en corte de una tobera binaria 120 según la invención según una cuarta forma de realización de la invención. Desde el punto de vista de la técnica de fabricación, los taladros de tobera que han de incorporarse de manera oblicua al eje longitudinal central de la tobera de las toberas binarias 30, 70 y 90 representadas en las figuras 3, 4, 5 y 6 a 12 son problemáticas. En el caso de la tobera binaria 120 de la figura 13 se ha elegido por tanto otra posibilidad para realizar un anillo de toberas de aire secundario dispuesto en la zona de la boquilla de tobera.

La tobera binaria 120 presenta un tubo de alimentación 122, a través del cual se alimenta el líquido que debe pulverizarse a la tobera. El tubo de alimentación 122 está rodeado por un tubo de gas a presión 124 concéntrico,

que está rodeado a su vez concéntricamente por un tubo de aire en cortina 126. Ya se ha explicado que el aire en cortina se alimenta con una presión esencialmente más reducida que el gas a presión empleado para la atomización. A modo de ejemplo la presión del gas a presión puede situarse entre 1 bar y 1,5 bar en valor absoluto, el aire en cortina alimentado se alimentaría entonces por ejemplo con una presión absoluta de desde

5 aproximadamente 40 mbar hasta 80 mbar. La previsión de aire en cortina sirve esencialmente para evitar incrustaciones en la zona de la boquilla de tobera. El tubo de gas a presión 124 presenta un componente 130 que discurre de forma troncocónica hacia una boquilla de tobera, y también el tubo de aire en cortina 126 discurre de forma troncocónica hacia la boquilla de tobera 128 y esencialmente en paralelo al componente 130.

10 El tubo de alimentación 122 se prolonga mediante un componente de cámara de mezclado 132, que está dotado de varios taladros de gas a presión 134, 136, 138. Los taladros de gas a presión 134, 136, 138 están dispuestos en cada caso con un ángulo de aproximadamente 45° con respecto a un eje longitudinal central de la tobera, introduciéndose gas a presión de este modo en la dirección de flujo de salida en la cámara de mezclado y cortando las prolongaciones de los ejes centrales de los taladros de gas a presión 134, 136, 138 el eje longitudinal central de

15 la tobera binaria 120.

Tal como puede deducirse de la figura 13, en cada caso varios, por ejemplo cuatro, taladros de gas a presión 134, 136, 138 están separados uniformemente y dispuestos alrededor del perímetro del componente de cámara de mezclado 132. Visto en la dirección de flujo de salida de la tobera están dispuestos de este modo en total tres anillos con taladros de gas a presión 134, 136, 138, que desembocan todos en una cámara de mezclado 140. Una sección transversal de un intersticio anular entre el tubo de gas a presión 124 y el componente de cámara de mezclado 132 se estrecha aguas abajo de cada anillo de taladros de gas a presión 134, 136, 138.

20

En la transición desde el tubo de alimentación 122 al componente de cámara de mezclado 132 está prevista una tobera de líquido 142, que en primer lugar estrecha claramente la sección transversal libre del tubo de alimentación 122 y presenta entonces un nuevo estrechamiento de sección transversal y sobresale con un tubo de tobera 144 en la cámara de mezclado 140. En la tobera de líquido 142 puede estar previsto opcionalmente un elemento 146 de inserción de momento angular. El tubo de tobera 144 se extiende hacia el interior de la cámara de mezclado 140 tanto que las prolongaciones de los taladros de gas a presión 134 se encuentran con el extremo del tubo de tobera 144. El gas a presión que entra a través de los taladros de gas a presión 134 en la cámara de mezclado 140 se encarga de este modo de que, en el extremo del tubo de tobera 144 no puedan formarse gotas de líquido más grandes, sino que en el borde del tubo de tobera 144 se atomice de manera fina el líquido que se adhiera eventualmente. La previsión de la tobera de líquido 142 es en especial considerablemente ventajosa, cuando la tobera binaria 120 según la invención debe utilizarse en una zona grande de un flujo de líquido que debe atomizarse.

25

30

35

Las toberas binarias convencionales están diseñadas por regla general para una zona estrecha del flujo de líquido. Si no se llega a la zona de flujo de líquido prevista, las toberas binarias convencionales tienden entonces a salpicar, puesto que ya en la entrada a la cámara de mezclado ya no se obtienen relaciones de flujo estacionarias. En lugar de ello, el flujo de líquido que entra en la cámara de mezclado migra y la consecuencia es la formación intensificada de gotas grandes. Esto se denomina también con el término "salpicar".

40

Por tanto, la tobera de líquido 142 prevista en la entrada a la cámara de mezclado 140 sirve para mejorar claramente una dinámica y el intervalo de regulación de la tobera binaria 120. En el caso de un flujo de líquido bajo, el líquido tiende en la entrada a la cámara de mezclado 140 a gotear de manera no estacionaria, lo que lleva en última instancia a una atomización no estacionaria, a la denominada salpicadura de la tobera y a un comportamiento en carga parcial empeorado. Como primera medida auxiliar está prevista ahora la tobera de líquido 142, cuyo tubo de tobera 144 penetra en la cámara de mezclado 140. Como segunda medida, el primer anillo de taladros de gas a presión 134 está dispuesto de modo que el líquido que sale del tubo de tobera 144 se arrastra sin almacenamiento intermedio por el gas a presión previsto para la atomización. Con este fin los taladros de gas a presión 134 están dispuestos en el anillo de taladro situado más próximo a la tobera de líquido 142 en la entrada a la cámara de mezclado 140 de modo que el gas a presión entrante está dirigido a la boquilla de esta tobera de líquido 142.

45

50

El componente de cámara de mezclado 132 está insertado axialmente con su extremo dispuesto aguas abajo en un componente de salida 148, que forma un canal de salida 150 y se extiende desde el extremo de la cámara de mezclado 140 hasta la boquilla de tobera 128. La cámara de mezclado 140 se ensancha, visto en la dirección de flujo, en primer lugar de forma troncocónica, para volver a estrecharse de forma troncocónica en el extremo del componente de cámara de mezclado 132 mediante el componente de salida 148. El canal de salida 150 conectado a la cámara de mezclado 140 se estrecha en primer lugar, se convierte entonces en un punto estrecho en forma de cilindro circular, para volver a ensancharse después hacia la boquilla de tobera 128. La tobera binaria 120 está configurada por tanto como tobera convergente-divergente o tobera de Laval. Al menos en la zona divergente del canal de salida 150 la mezcla de gas a presión-líquido alcanza la velocidad del sonido.

55

60

El componente de salida 148 está dotado en su extremo dispuesto aguas arriba de una brida 152 en círculo anular, en la que están previstos varios taladros de paso 154 separados entre sí uniformemente. La brida 152 anular sujeta el componente de salida 148 por un lado entre el tubo de gas a presión 124 y el componente 130 y se encarga con los taladros de paso 154 por otro lado de que el aire secundario pueda entrar en un espacio intermedio entre el

65

componente 130 y el componente de salida 148. A partir de este espacio intermedio el gas a presión fluye entonces como denominado aire secundario entre el componente 130 y el extremo dispuesto aguas abajo del componente de salida 148, para encontrarse en la zona de la boquilla de tobera 128 en el extremo dispuesto aguas abajo del canal de salida 150 con el chorro de pulverización.

5 Tal como puede deducirse de la figura 13, el componente de salida 148 y el componente 130 no se tocan en la zona de la boquilla de tobera 128 entre sí, de modo que el aire secundario puede entrar a través de todo el perímetro del canal de salida 150 en la zona de la boquilla de tobera. Para conferir al aire secundario que sale en la zona de la boquilla de tobera 128 un momento angular y ensanchar de este modo el chorro de pulverización de la tobera binaria 120, están previstos en el extremo dispuesto aguas abajo del componente de salida 148 fresados 156. Estos fresados 156 forman en cada caso la sección superior de un canal de tobera y pueden observarse mejor en la figura 15. El aire secundario que pasa entre el componente 130 y el componente de salida 148 se canaliza y se orienta por tanto mediante los fresados 156, para encontrarse después en la zona de la boquilla de tobera 128 con el chorro de pulverización procedente del canal de salida 150.

15 Por medio de las representaciones de las figuras 14 y 15 puede observarse mejor la posición de los fresados. En especial, por medio de la figura 15 puede observarse que los fresados 156 están orientados con su eje central tangencialmente con respecto a un círculo imaginario alrededor del eje longitudinal central de la tobera binaria 120. El chorro de pulverización en la boquilla de tobera 128 se solicita de este modo con un momento angular y se ensancha. Puesto que el componente de salida 148 se fabrica por separado y los canales de tobera se producen por medio de los fresados 156 sólo tras la inserción del componente de salida 148 en el componente 130, la fabricación de la tobera binaria 120 se simplifica considerablemente. Adicional o alternativamente a los fresados 156 en el componente de flujo de salida 148 también puede dotarse al componente 130 de fresados que forman secciones de canales de tobera. La tobera binaria 120 según la invención presenta por consiguiente una combinación de taladros de tobera que desembocan en la boquilla de tobera 128 con un intersticio anular circular.

20 Un intersticio anular y taladros de tobera de aire secundario o canales de tobera de aire secundario pueden crearse por tanto mediante fresados en el lado exterior del componente de salida 148 cónico. Adicional o alternativamente pueden crearse el intersticio anular y los taladros de tobera de aire secundario también mediante fresados en el lado interior del cuerpo exterior también cónico, es decir del componente 130. Si la pieza de salida 148 se pone en contacto con el lado interior del componente 130, ya no se forma un intersticio anular continuo, sino únicamente aún canales de tobera discretos.

35 La producción de los taladros de tobera de aire secundario delgados con las toberas binarias 30, 70 y 90 es costosa y debe realizarse por ejemplo con ayuda de erosión por chispas. La erosión por chispas también permite, por ejemplo, desviarse de taladros cilíndricos. En cambio, los fresados 156 en el componente de salida 148 pueden producirse de manera comparativamente económica por medio de fresadoras de perfiles, por ejemplo como ranura rectangular o como ranura semicircular. Sin embargo, es absolutamente posible también cualquier geometría de otro tipo de estos fresados, como por ejemplo una forma ondulada. Mediante una separación adecuada del cuerpo exterior cónico, es decir del componente 130, con respecto a la pieza de salida 148 de tobera central puede provocarse en este caso de manera sencilla una combinación de intersticio anular y taladros de tobera de aire secundario.

45 En lugar de prever fresados 156 en el componente de salida 148, con un correspondiente desarrollo adicional de procedimientos de colada de precisión, podrían asociarse el componente de salida 148 y el cuerpo exterior cónico, es decir el componente 130, también de nuevo en un único componente moldeado por colada.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tobera binaria con una tobera principal con una cámara de mezclado (40) y una boquilla de tobera (46; 76) unida con la cámara de mezclado (40) y dispuesta aguas abajo de la cámara de mezclado (40), estando previstas unas toberas de aire secundario (52a, 52b; 72a, 72b, 72c, 72d), que desembocan en círculo anular en la zona de la boquilla de tobera (46; 76), caracterizada porque las toberas de aire secundario están formadas entre dos componentes enfrentados en la zona de la boquilla de tobera por medio de rebajes en al menos uno de los dos componentes enfrentados en la zona de la boquilla de tobera.
- 10 2. Tobera binaria según la reivindicación 1, caracterizada porque unos taladros de tobera de las toberas de aire secundario se intersecan en la zona de la boquilla de tobera.
- 15 3. Tobera binaria según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque una dirección de pulverización principal de las toberas de aire secundario (52a, 52b; 72a, 72b, 72c, 72d) está orientada hacia un chorro de pulverización principal procedente de la boquilla de tobera (46; 76).
- 20 4. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario (52a, 52b; 72a, 72b, 72c, 72d) están dispuestos con respecto a un eje longitudinal central (32) de la tobera principal con un ángulo (β) de 20° a 80°.
- 25 5. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los ejes longitudinales centrales de las toberas de aire secundario (52a, 52b; 72a, 72b, 72c, 72d) no cortan el eje longitudinal central (32) de la tobera principal.
- 30 6. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque las toberas de aire secundario (72a, 72b, 72c, 72d) están orientadas de manera tangencial con respecto a un círculo imaginario, concéntrico con respecto al eje longitudinal central (32) de la tobera principal, presentando en particular el círculo imaginario un radio (r_1), que está comprendido entre un 30% y un 80% del radio del chorro principal a la altura del círculo.
- 35 7. Tobera binaria según la reivindicación 6, caracterizada porque el círculo está dispuesto aguas abajo de la boquilla de tobera (76) de la tobera principal.
- 40 8. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque las toberas de aire secundario (52a, 52b; 72a, 72b, 72c, 72d) desembocan aguas arriba de la boquilla de tobera (46; 76) de la tobera principal en un canal de salida (44; 74) desde la cámara de mezclado (40) hasta la boquilla de tobera (46; 76).
- 45 9. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque está prevista un conducto de entrada de aire separado con respecto a las toberas de aire secundario, estando previstos unos medios de ajuste para ajustar una presión de aire en las toberas de aire secundario.
- 50 10. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la boquilla de tobera (46; 76) está rodeada por un intersticio anular (80), pudiendo ser alimentado el intersticio anular (80) con gas a presión.
- 55 11. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque, a partir de la cámara de mezclado (40), un canal de salida (44; 74) se estrecha en primer lugar de manera continua y, después, a partir de un punto estrecho (45; 86), vuelve a ensancharse hacia la boquilla de tobera (46; 76) de manera continua.
- 60 12. Tobera binaria según la reivindicación 11, caracterizada porque, durante el funcionamiento de la tobera, una mezcla binaria en el canal de salida (44; 74) alcanza al menos a tramos una velocidad supersónica.
- 65 13. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque está prevista una tobera de aire en cortina (82) adicional, que rodea la boquilla de tobera (76) en círculo anular.
14. Tobera binaria según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque en la entrada a la cámara de mezclado está prevista una tobera de líquido (142).
15. Tobera binaria según la reivindicación 14, caracterizada porque la tobera de líquido (142) presenta un tubo de tobera (144) que se extiende hacia el interior de la cámara de mezclado (140).
16. Tobera binaria según la reivindicación 14 o 15, caracterizada porque están dispuestos unos taladros de gas a presión (134) para la introducción de gas a presión en la cámara de mezclado (140) para conducir gas a presión a una boquilla de la tobera de líquido (142).

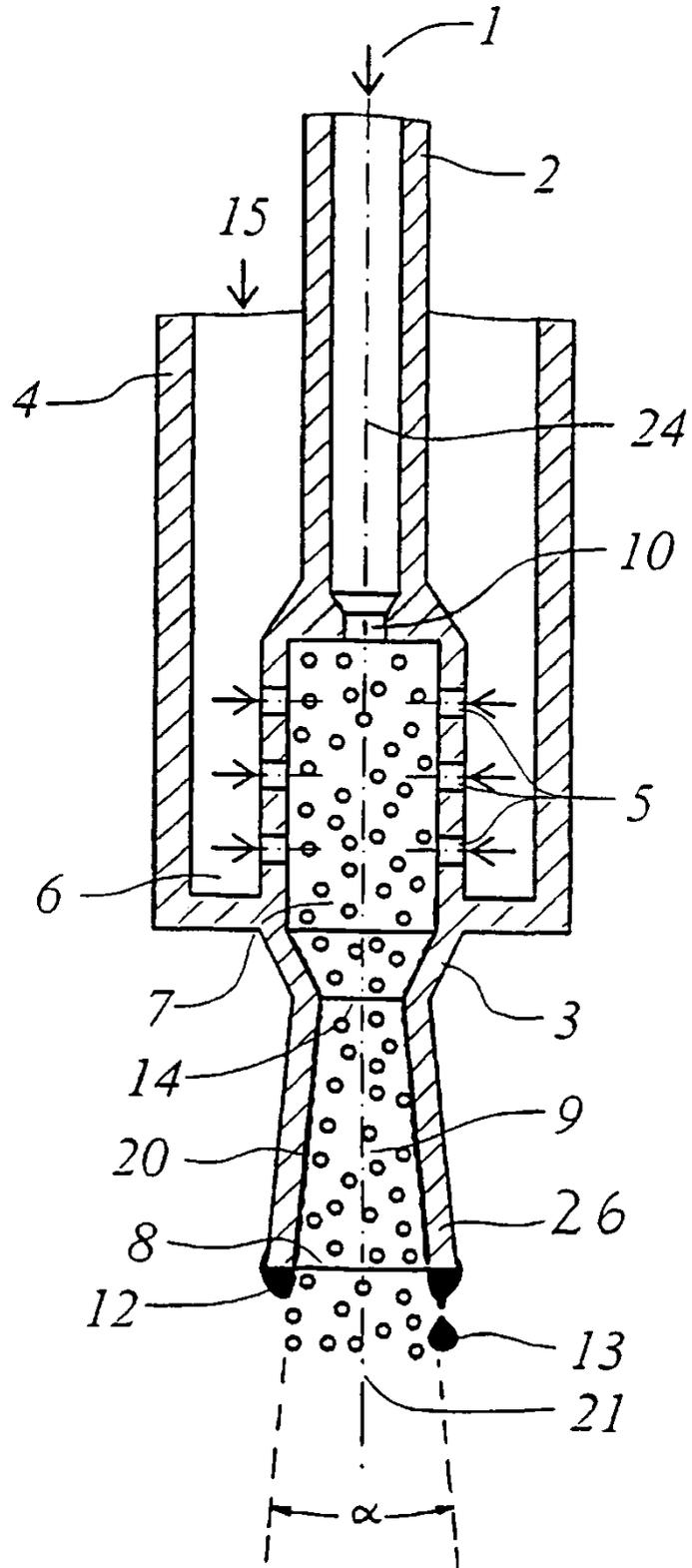


Fig. 1

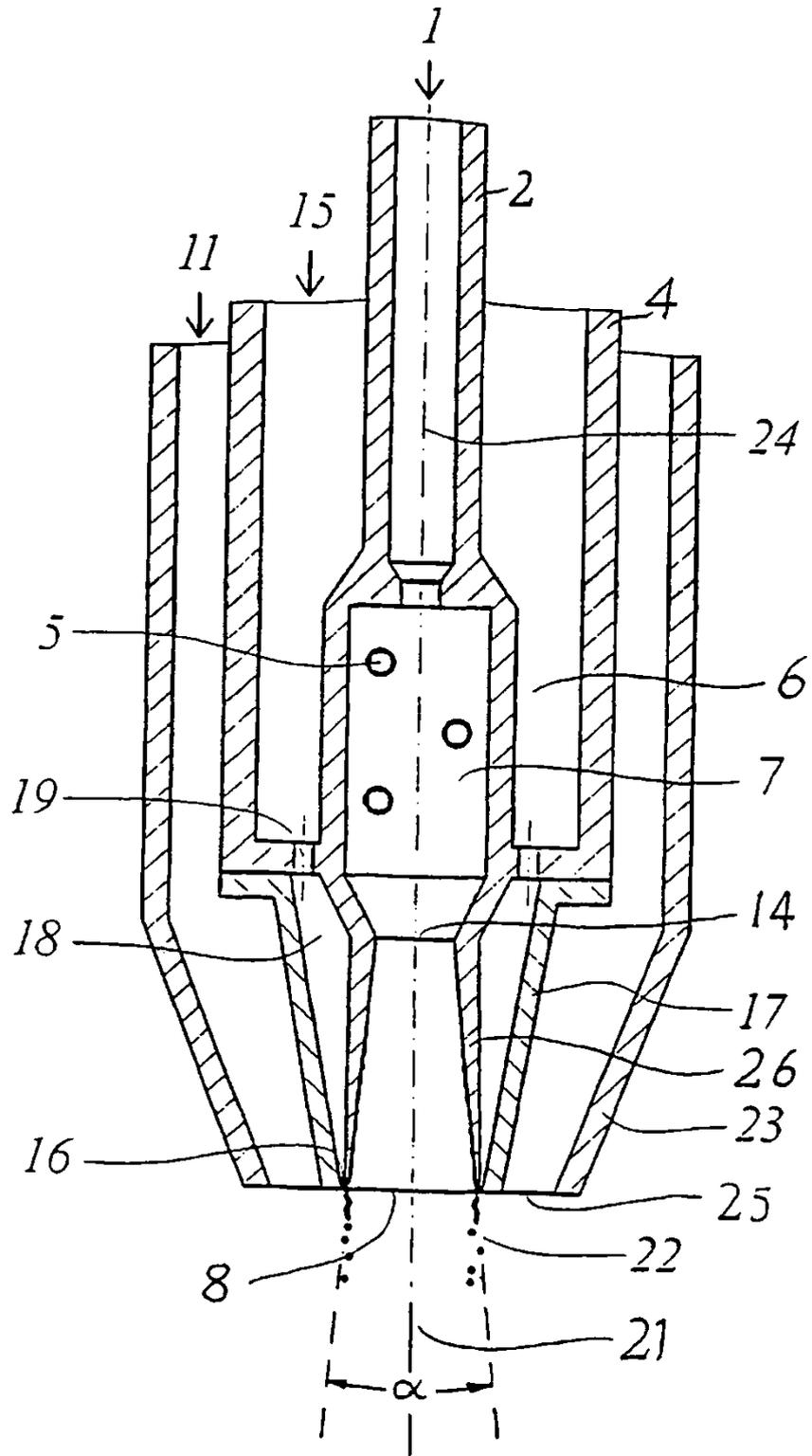


Fig. 2

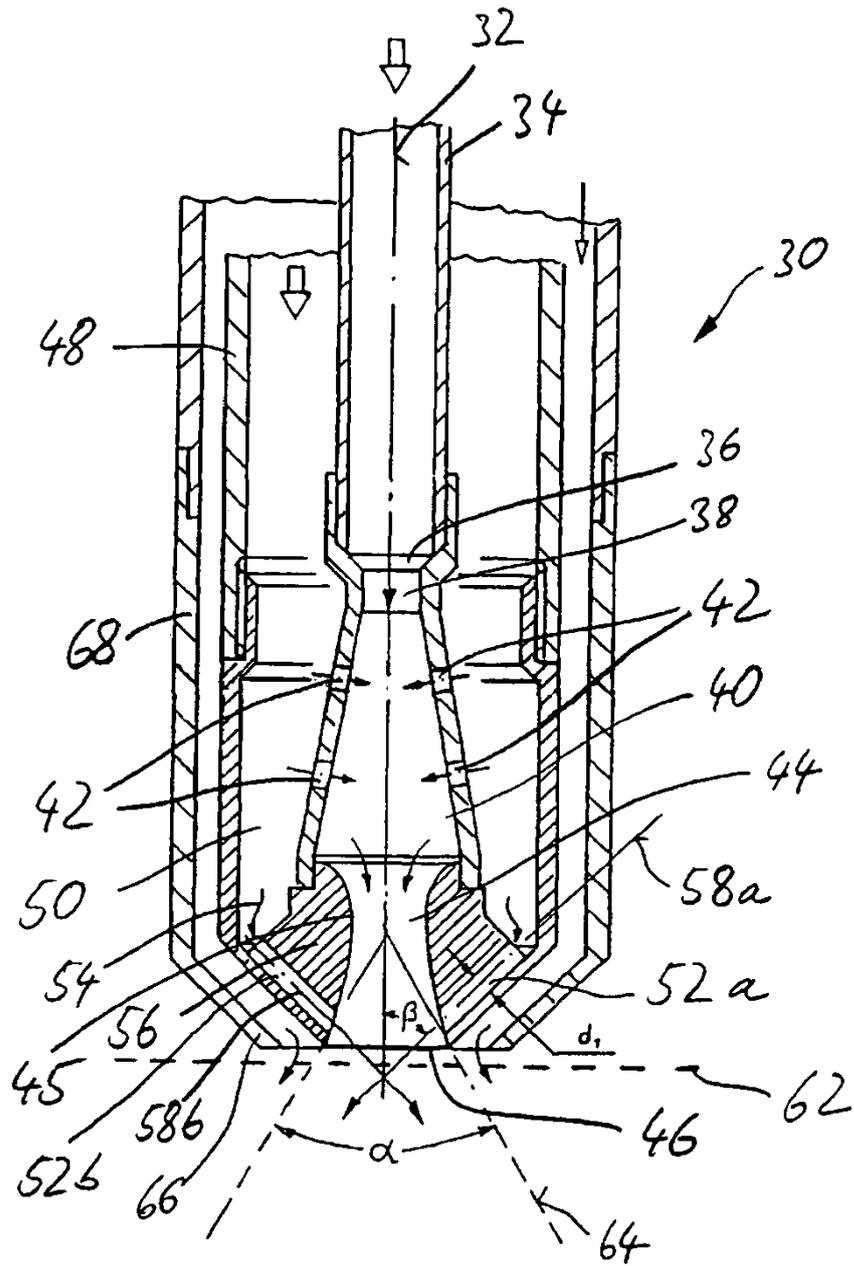
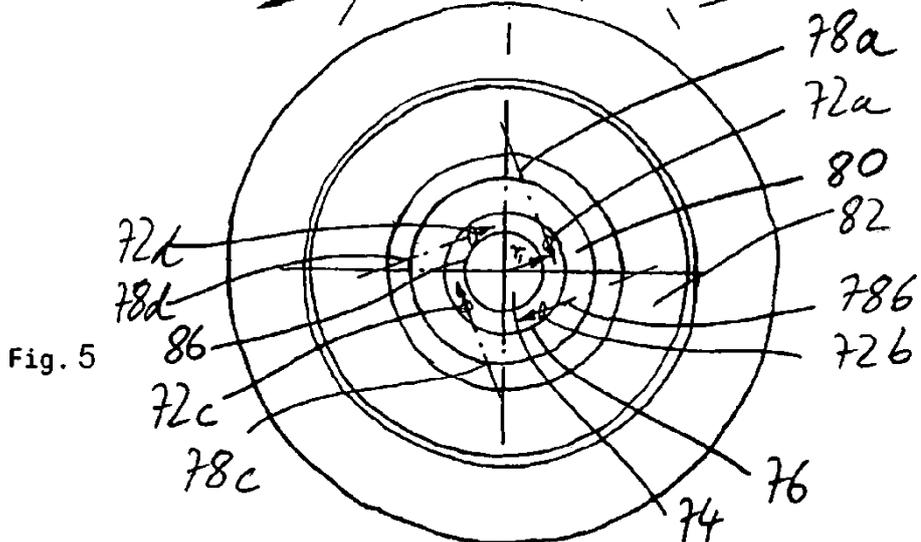
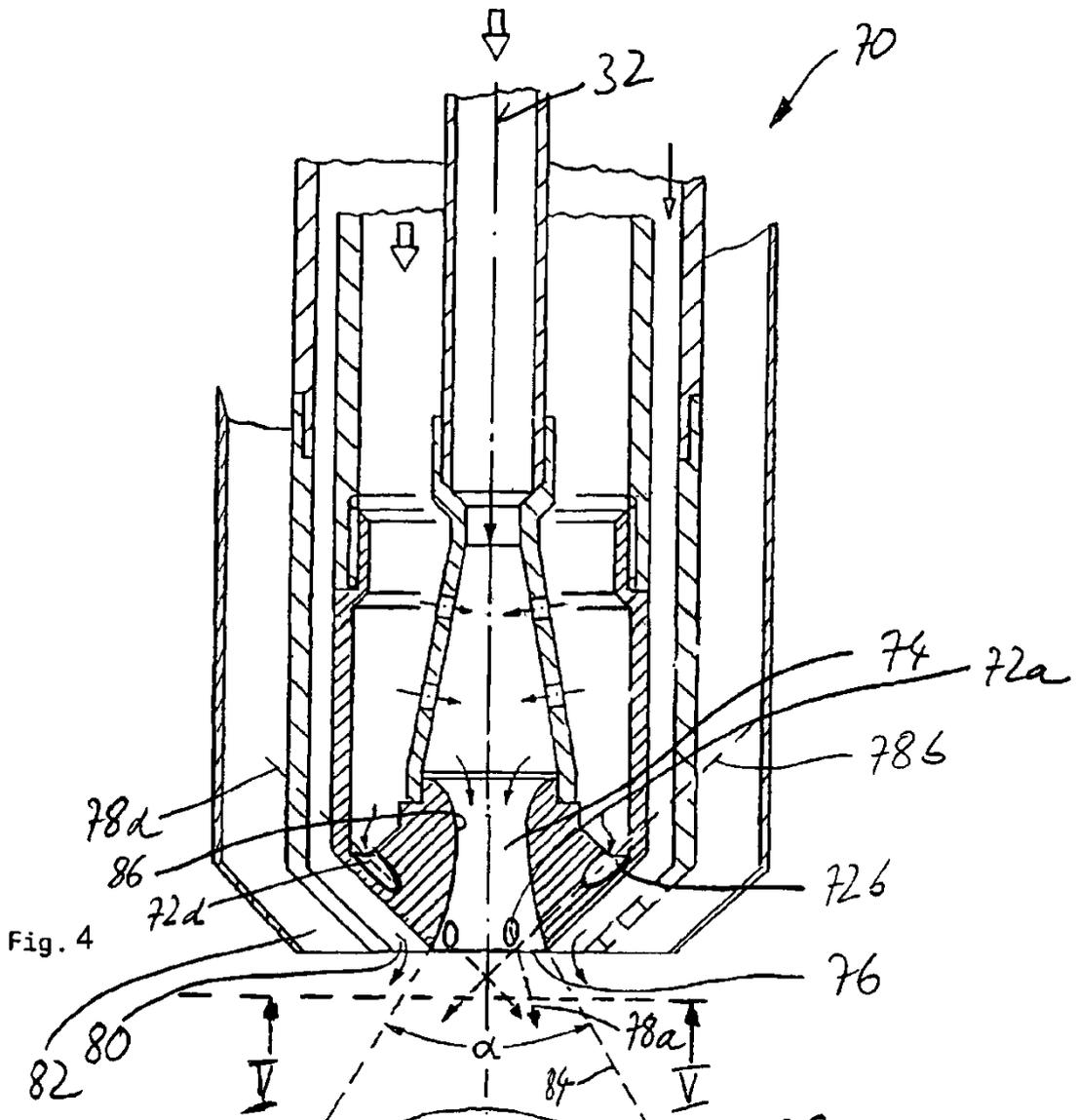
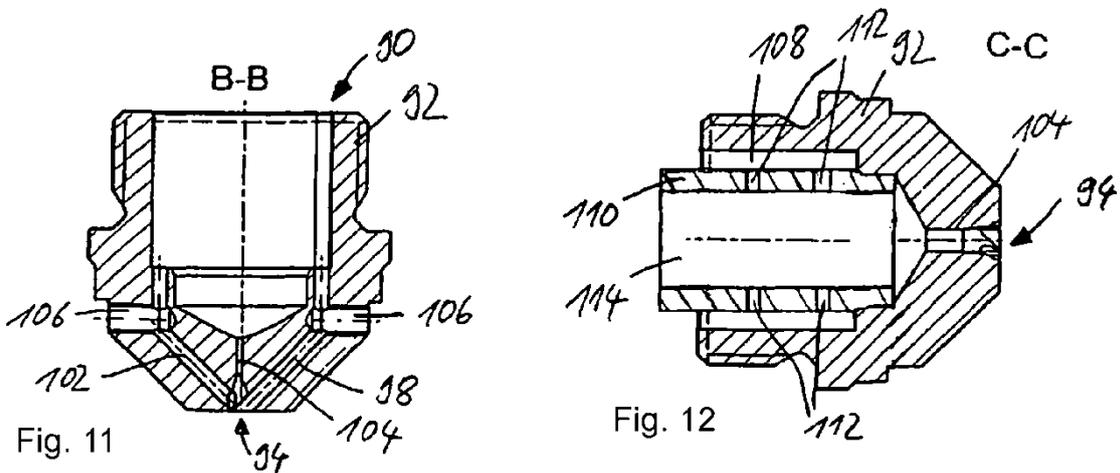
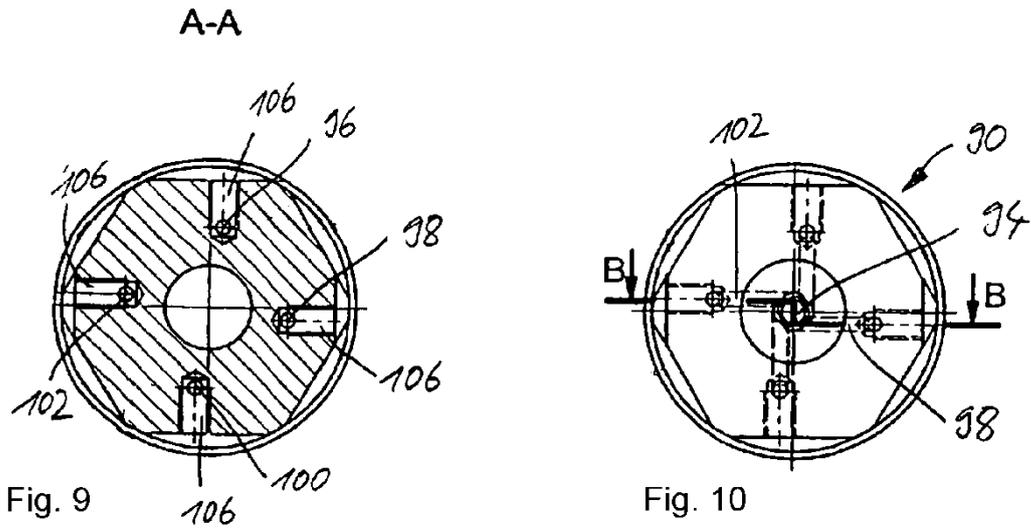
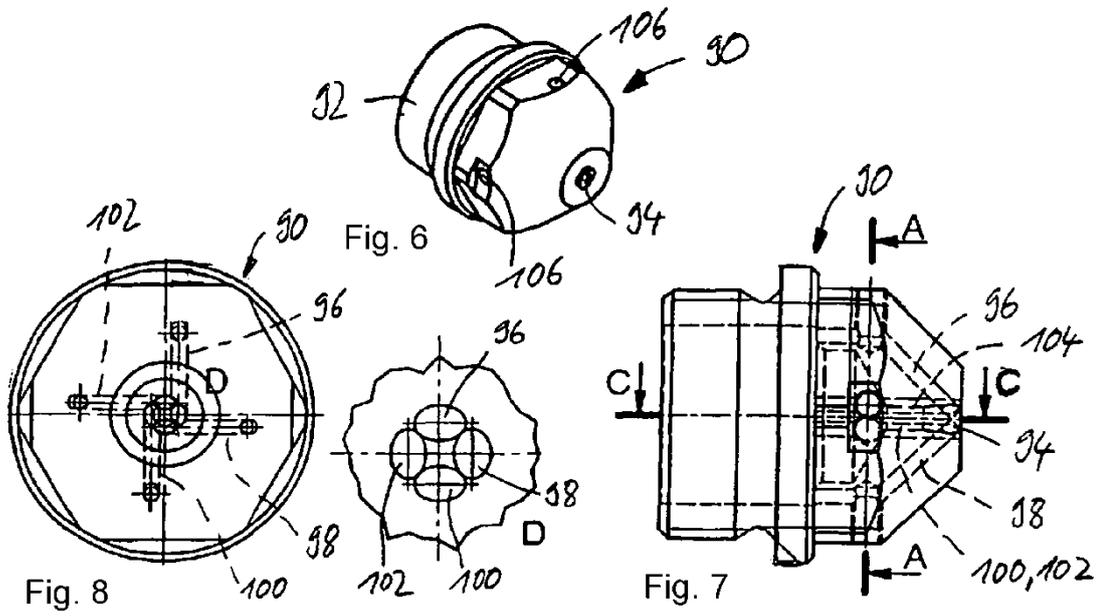


Fig. 3





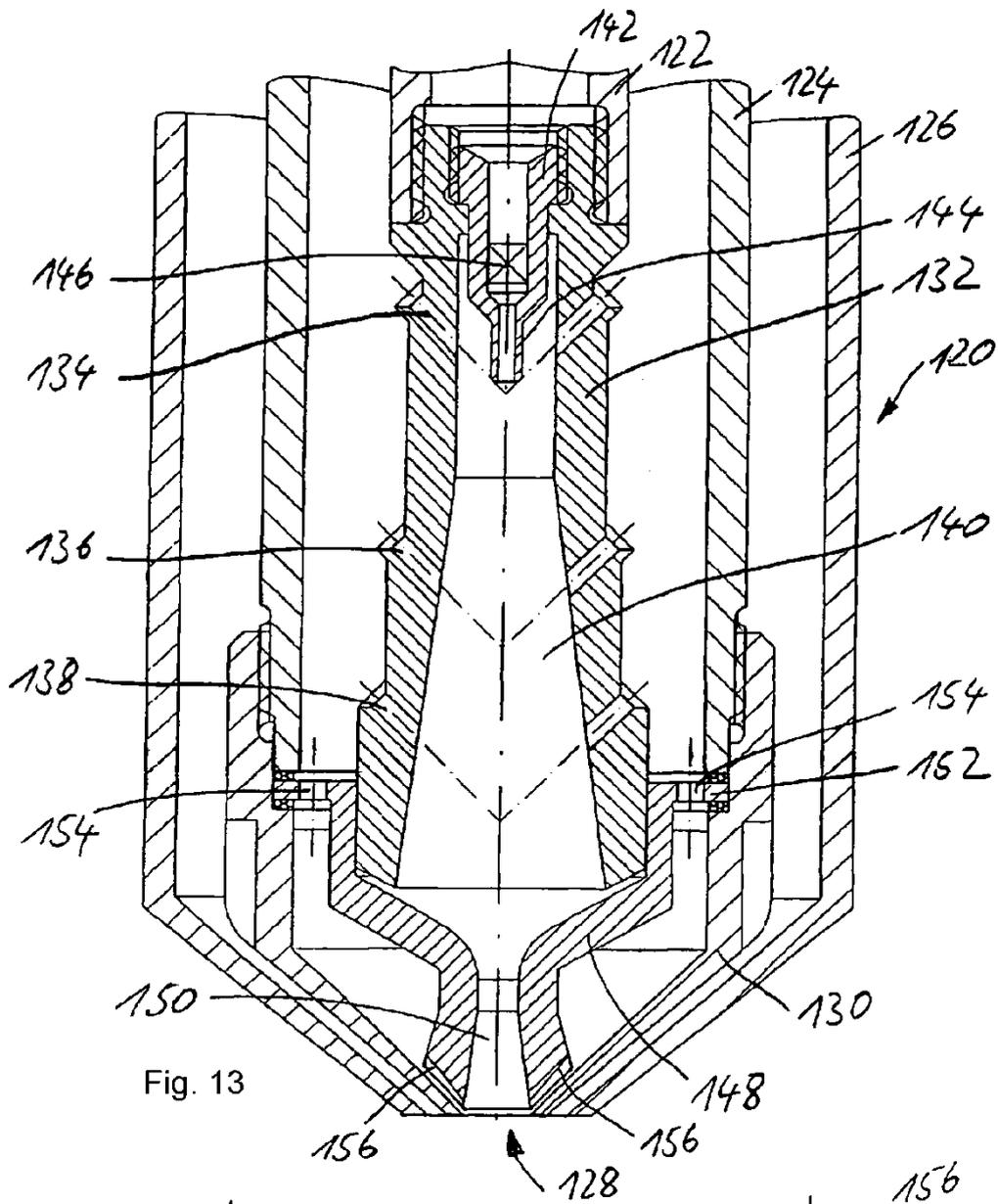


Fig. 13

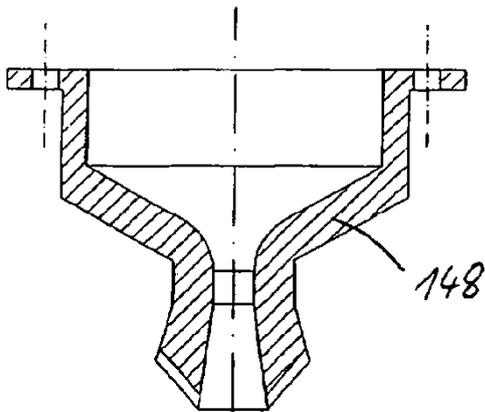


Fig. 14

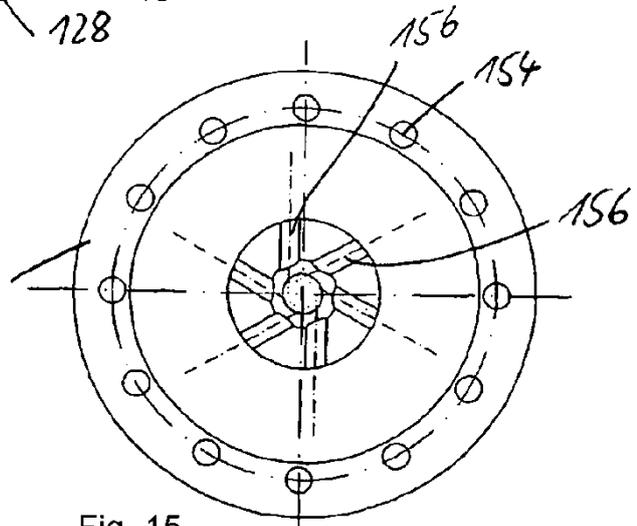


Fig. 15