

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 579**

51 Int. Cl.:

B05D 1/08 (2006.01)

C23C 4/00 (2006.01)

C23C 4/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2008 E 08842611 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 2212028**

54 Título: **Dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas**

30 Prioridad:

24.10.2007 US 923298

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

05.02.2014

73 Titular/es:

**SULZER METCO (US) INC. (100.0%)
1101 PROSPECT AVENUE
WESTBURY, NY 11590, US**

72 Inventor/es:

**MUGGLI, FELIX;
HEGEMANN, MARC y
MOLZ, RONALD J.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 441 579 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

Dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere en general a un aparato y métodos relacionados con la aplicación de revestimientos, y más particularmente, a un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 La pulverización térmica se puede describir generalmente como un método de revestimiento en el que el polvo u otro material de materia prima se introduce en una corriente de gas energizado que se calienta, acelera, o ambos. El material de materia prima es atrapado por la corriente de energizado, de la que el material de materia prima recibe energía térmica y/o cinética. Esta energía térmica o cinética absorbida ablanda y energiza la materia prima. La materia prima energizada se impacta después sobre una superficie donde se adhiere y se solidifica, formando un revestimiento térmicamente pulverizado relativamente grueso por el repetido recubrimiento de delgadas capas
20 posteriores.

Los dispositivos de pulverización en frío convencionales o bien inyectan la materia prima en polvo antes o después de la garganta de una tobera convergente/divergente de tipo Laval. Cuando se inyecta la materia prima antes de la tobera, esto se realiza típicamente en una orientación axial en o cerca del comienzo de la sección de tobera
25 convergente, y la materia prima en polvo se calienta y se acelera a través de la tobera de Laval. Esto permite que las partículas tengan un perfil de aceleración relativamente uniforme, sin embargo, las partículas se someten también a las mismas elevadas temperaturas de los gases que se requieren para un rendimiento óptimo de la tobera de Laval ya que la velocidad del gas es una función de la raíz cuadrada de la temperatura del gas. Estas temperaturas óptimas, típicamente por encima de 500C, pre-ablandan la materia prima en polvo que puede y, a menudo, da como resultado la adherencia del polvo a las paredes de la tobera en la garganta. Otra limitación es que la temperatura de
30 partícula no se puede controlar de forma independiente dado que la temperatura del gas controla directamente tanto la velocidad de partículas como la temperatura de partícula.

La inyección de la materia prima después de la garganta se realiza radialmente en cualquier lugar a lo largo de la sección divergente de la tobera. Este método tiene las ventajas de no cargar la garganta de la tobera con polvo, así como proporcionar cierta independencia a la temperatura de partícula debido a que la materia prima en polvo se inyecta cuando el gas se está expandiendo y enfriando rápidamente. Una desventaja significativa es que la materia prima en polvo se inyecta en una corriente de gas supersónico y la diferencia en velocidad entre el gas y las partículas da como resultado un calentamiento por arrastre y desperdicio de energía considerable y significativo. El
40 resultado es que una porción medible de la energía cinética de los gases se transfiere en calor tanto en el gas como en las partículas. En consecuencia, cuanto mayor sea la diferencia en las velocidades entre las partículas y el gas, aumentará de forma exponencial la energía cinética desperdiciada.

Se ha reconocido previamente que, en el caso de algunas aplicaciones de pulverización térmica, la inyección de materia prima axialmente en una corriente de gas energizado presenta ciertas ventajas sobre otros métodos de inyección de materia prima. Típicamente, la materia prima se alimenta en una corriente en una dirección generalmente descrita como inyección radial. En otras palabras, en una dirección que es generalmente perpendicular a la dirección general de desplazamiento de la corriente gaseosa. La inyección radial se utiliza comúnmente, ya que proporciona un medio eficaz para mezclar partículas en una corriente de efluente y transferir energía a las partículas en un lapso corto. Este es el caso con el plasma donde distancias de pulverización cortas y elevadas cargas térmicas requieren una rápida mezcla y transferencia de energía para que el proceso aplique los revestimientos correctamente. La inyección axial puede proporcionar ventajas sobre la inyección radial debido a la posibilidad de controlar mejor la linealidad y la dirección de la trayectoria de las partículas de materia prima cuando se inyectan axialmente. Otras ventajas incluyen tener el material en partículas en la región central de la corriente de efluente, donde es probable que la densidad de energía sea la más elevada, dando de este modo el potencial máximo para la ganancia de energía en forma de partículas. También, adicionalmente, la inyección axial tiende a interrumpir la corriente de efluente menos que las técnicas de inyección radial practicadas en la actualidad.
55

Por consiguiente, en muchas pistolas del proceso de pulverización térmica, se prefiere la inyección axial de las partículas de materia prima para la inyección las partículas, utilizando un gas vehículo, en el gas calentado y/o acelerado referido simplemente en esta divulgación como efluente. El efluente puede ser plasma, gas calentado eléctricamente, gas calentado de combustión, gas de pulverización en frío, o combinaciones de los mismos. La energía se transfiere desde el efluente a las partículas en la corriente de gas vehículo. Debido a la naturaleza del flujo de corriente y del flujo bifásico, esta mezcla y la posterior transferencia de energía se limita en los flujos axiales y requiere que las dos corrientes, el efluente y el vehículo que porta el material en partículas, dispongan de tiempo y distancia de recorrido suficiente para permitir que la capa límite entre los dos flujos se rompa y permitir, por tanto,
60
65

que se produzca la mezcla. Durante esta distancia de recorrido, la energía se pierde en el entorno a través de la transferencia de calor y la fricción lo que da como resultado tanto la pérdida de eficiencia como la ralentización del flujo mezclado. Muchas pistolas del proceso de pulverización térmica que utilizan la inyección axial están diseñadas por tanto más largas ya lo que normalmente se requiere para permitir esta mezcla y la posterior transferencia de energía.

Estas limitaciones para mezclar las corrientes de vehículo que porta el material en partículas y de efluente se hacen aún más pronunciadas cuando el fluido del vehículo que porta el material en partículas es un líquido, y, en muchos casos, han evitado el uso efectivo de líquido de alimentación en pistolas del proceso de pulverización térmica de inyección axial pistolas. Para las técnicas de inyección de líquidos, el uso de atomización de gas para producir corrientes de finas gotitas ayuda conseguir que el líquido se mezcle con la corriente de efluente más fácilmente para permitir que la inyección de líquido funcione absolutamente, pero este método requiere todavía cierta distancia considerable para permitir que la corriente de gas y de finas gotitas y la corriente de efluente se mezclen y transfieran energía. Este método produce también una cierta cantidad de turbulencia en los flujos de corriente.

Intentos en la promoción de la mezcla, tales como la introducción de discontinuidades e impacto de los flujos producen también turbulencia. La Inyección radial, comúnmente utilizada con los procesos de pulverización térmica tales como el plasma para asegurar una mezcla en una corta distancia produce también turbulencia dado que las dos corrientes se intersecan en ángulos rectos. De hecho, la mayoría de los métodos de inyección aceptables que promueven la mezcla rápida utilizan actualmente métodos que introducen turbulencia deliberadamente como los medios para promover la mezcla. La turbulencia sirve para romper la capa límite entre los flujos y una vez que esto se logra se puede producir la mezcla.

La turbulencia adicional a menudo da como resultado la transferencia de energía impredecible entre la corriente de efluente y la del vehículo que porta el material en partículas debido a que el campo de flujo está constante en flujo. Esta turbulencia adicional produce variaciones dentro del campo de flujo que afectan a la transferencia de energía. La turbulencia representa un proceso caótico y provoca la formación de remolinos de diferentes escalas de longitud. La mayor parte de la energía cinética de los movimientos turbulentos está contenida en las estructuras de gran escala. La energía cae en "cascada" desde las estructuras a gran escala a las estructuras de menor escala mediante un mecanismo inercial y, esencialmente, no viscoso. Este proceso continúa creando estructuras cada vez más pequeñas, lo que produce una jerarquía de remolinos. Eventualmente, este proceso crea estructuras que son tan pequeñas que la difusión molecular se vuelve importante y la disipación viscosa de la energía finalmente se lleva a cabo. La escala a la que esto sucede es la escala de longitud de Kolmogorov. De esta manera, la turbulencia da como resultado la conversión de parte de la energía cinética en energía térmica. El resultado es un proceso que produce más energía térmica en lugar de energía cinética para la transferencia de las partículas, lo que limita el rendimiento de tales dispositivos. El proceso se complica al tener más de una corriente turbulenta y los resultados son impredecibles como se ha indicado.

La turbulencia aumenta también la pérdida de energía en los entornos circundantes debido a que la turbulencia da como resultado la pérdida de al menos parte de la capa límite en el campo de flujo de efluente y promueve, por lo tanto, la transferencia de energía al entorno circundante, así como los efectos de la fricción dentro del flujo cuando los flujos están contenidos dentro de las paredes. Para el flujo en un tubo, la caída de presión para un flujo laminar es proporcional a la velocidad del flujo. En contraste, para un flujo turbulento la caída de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad. Esto proporciona una buena indicación de la escala de la pérdida de energía en el entorno circundante y fricción interna.

El diseño original de una pistola de pulverización en frío fue patentado como la patente de Estados Unidos Nº 5.302.414, utilizando una única tobera convergente/divergente para acelerar una corriente de partículas inyectadas en un flujo de gas que se hace pasar después a través de la tobera. El flujo de gas se calienta para aumentar aún más la velocidad. Este aumento de la velocidad del gas fue preferentemente el resultado de la relación de que la velocidad del gas es proporcional a la raíz cuadrada de la temperatura del gas. El documento WO-A-2007/091102 desvela un aparato de pulverización cinética que tiene una tobera de Laval externa y una tubería de alimentación de polvo interna coaxial con la tobera. El polvo a pulverizarse es atrapado en un primer chorro de gas que se hace fluir a través de la tubería de alimentación en la tobera de Laval. Un segundo chorro de gas se acelera también a través de la tobera de Laval, haciendo pasar el segundo chorro de gas alrededor del extremo distal de la tubería de alimentación de polvo. El extremo distal de la tubería termina en la garganta de la tobera de Laval o hasta 1mm de distancia de la garganta en ambos lados la misma.

Por consiguiente, sigue existiendo una necesidad en la técnica de un método y aparato mejorados para promover la mezcla rápida de la materia axialmente inyectada en pistolas del proceso de pulverización térmica, que limita la generación de turbulencia en las corrientes de flujo como resultado, y mejora la eficiencia cinética de la corriente mezclada.

La invención tal como se describe proporciona un aparato y método mejorados para promover la mezcla de partículas axialmente alimentadas en una corriente vehículo con una corriente de efluente calentado y/o acelerado sin introducir turbulencia significativa en ninguna de las corrientes de efluentes o de vehículo. Las realizaciones de la

invención utilizan un aparato de pulverización térmica que tiene una primera tobera con un puerto de inyección axial, un extremo de tobera con al menos un cheurón, establecido en una segunda tobera para la introducción de gas de efluente, por lo que el extremo de tobera del material en partículas inyecta la corriente de partículas aguas abajo de la garganta de la segunda tobera. Para fines de esta solicitud, la expresión "tobera cheurón" puede incluir cualquier tipo de tobera no uniforme circunferencialmente.

Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas tiene una primera etapa con una primera tobera, teniendo la primera tobera un extremo de recepción de la primera tobera que recibe una corriente de materia prima y de gas vehículo, y un extremo de inyección de la primera tobera situado axialmente con respecto al extremo de recepción de la primera tobera, recibiendo el extremo de inyección de la primera tobera la corriente de materia prima y de gas vehículo del extremo de recepción de la primera tobera, siendo una sección transversal del extremo de recepción más grande que una sección transversal del extremo de inyección; una segunda etapa que tiene una segunda tobera, teniendo la segunda tobera una porción de recepción de gas que recibe un gas de efluente, una parte convergente que está aguas abajo de la porción de recepción de gas y una porción divergente que está aguas abajo de la porción convergente, coincidiendo la porción convergente y la divergente en una garganta; donde la primera tobera se encuentra dentro de la segunda tobera, donde la corriente de partículas se acelera a una primera velocidad en la primera tobera; donde el gas de efluente se acelera a una segunda velocidad en la segunda tobera; y donde el extremo de inyección de la primera tobera se encuentra en la porción divergente de la segunda tobera. El extremo de inyección de la primera tobera tiene al menos un cheurón.

Dicho de otra manera, un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas tiene una primera etapa con una primera tobera, teniendo la primera tobera un extremo de recepción de la primera tobera que recibe una corriente de materia prima y de gas vehículo, y un extremo de inyección de la primera tobera situado axialmente con respecto al extremo de recepción de la primera tobera, recibiendo el extremo de inyección de la primera tobera la corriente de materia prima y de gas vehículo del extremo de recepción de la primera tobera, y la sección transversal del extremo de recepción es más grande que una sección transversal del extremo de inyección. Esta primera tobera se establece generalmente axialmente en una segunda tobera. La segunda etapa tiene la segunda tobera, y la segunda tobera tiene una porción de recepción de gas que recibe un gas de efluente, una porción convergente que se encuentra aguas abajo de la porción de recepción de gas y una porción divergente que se encuentra aguas abajo de la porción convergente. La porción convergente y la porción divergente coinciden en una garganta. El gas de efluente entra en la porción de recepción de gas radialmente, y cambia a un movimiento axial a medida que el gas entra en la porción convergente. Después, el gas se acelera. En una realización, la porción convergente/divergente de la segunda tobera tiene una forma de una tobera de Laval. La corriente de partículas se acelera a una primera velocidad en la primera tobera, y el gas de efluente se acelera a una segunda velocidad en la segunda tobera. En una realización, la corriente de partículas en la primera tobera se acelera a la velocidad subsónica o a la velocidad sónica, y el gas en la segunda tobera se acelera a la velocidad supersónica. Cabe señalar que estas velocidades están relacionadas para coincidir, es decir, la velocidad real del sonido en las condiciones locales de temperatura, presión y de la composición del medio. Para la finalidad de mezclar y de maximizar la transferencia de energía cinética, el extremo de inyección de la primera tobera se encuentra en la porción divergente de la segunda tobera. En una realización, esta ubicación está un poco más allá de la garganta.

En otra realización, un método de formación de un revestimiento utilizando un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas comprende las etapas de: recibir una corriente de materia prima y de gas vehículo en un extremo de recepción de la primera tobera; transmitir axialmente la corriente de materia prima y de gas vehículo a través de una primera tobera; recibir la corriente de materia prima y de gas vehículo en un extremo de inyección de la primera tobera; inyectar la corriente de materia prima y de gas vehículo desde el extremo de inyección de la primera tobera; calentar, opcionalmente, un gas de efluente; recibir el gas de efluente en una porción de recepción de gas de la segunda tobera; acelerar el gas de efluente a través de una porción convergente de la segunda tobera, la porción convergente aguas abajo de la porción de recepción de gas; acelerar el gas de efluente a través de una porción divergente de la segunda tobera que está aguas abajo de la porción convergente, la porción convergente y la porción divergente coinciden en una garganta, y mezclar la corriente de materia prima y de gas vehículo con el gas de efluente; donde una sección transversal del extremo de recepción es más grande que una sección transversal del extremo de inyección; donde la primera tobera se encuentra dentro de la segunda tobera; donde la corriente de partículas se acelera a una primera velocidad en la primera tobera; donde el gas de efluente se acelera a una segunda velocidad en la segunda tobera; donde el extremo de inyección de la primera tobera se encuentra en la porción divergente de la segunda tobera y donde el extremo de inyección de la primera tobera tiene al menos un cheurón.

Las ventajas adicionales de la invención se expondrán en la siguiente descripción, y en parte serán obvias a partir de la descripción, o pueden aprenderse al implementar la invención. Las ventajas de la invención se pueden realizar y obtener por medio de los instrumentos y combinaciones particularmente señalados a continuación.

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una mayor comprensión de la invención y que se incorporan en y constituyen una parte de la presente memoria descriptiva, ilustran las realizaciones de la invención y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La Figura 1 es una vista en perspectiva en corte de las regiones de tobera de salida de una pistola de pulverización térmica cinética de acuerdo con una realización de la invención;

Breve descripción de los dibujos

5 La Figura 2 es una vista en perspectiva de una primera tobera de inyección de acuerdo con una realización de la invención;

10 La Figura 3 es una vista en perspectiva de una primera tobera de inyección con cheurones de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 4 es una vista en perspectiva de una primera tobera de inyección con cheurones acampanados de acuerdo con una realización de la invención;

15 La Figura 5 es una vista en perspectiva del extremo distal de un puerto de inyección axial que incluye cheurones de acuerdo con otra realización de la invención;

20 La Figura 6 proporciona un esquema de una corriente de partículas de velocidad de inyección axial sin utilizar cheurones;

La Figura 7 proporciona un esquema de una corriente de partículas de velocidad de inyección axial con el uso de cheurones no inclinados de acuerdo con una realización de la presente invención;

25 La Figura 8 proporcionar un esquema de una corriente de partículas de velocidad de inyección axial con el uso de cheurones inclinados hacia fuera 20 grados de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 9 es una sección transversal tomada a lo largo de la línea IX- IX representada en la Figura 1; y

30 La Figura 10 representa gráficamente la aceleración de partículas de 2 etapas de una realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

A continuación se hará referencia en detalle a las realizaciones preferidas de la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos.

35 La Figura 1 proporciona una vista esquemática en corte de la pistola cinética 100 y de las regiones de la tobera de salida divergente 118 de una pistola de pulverización cinética. El puerto de inyección axial 114 se muestra con una pluralidad de cheurones 120 en el extremo distal del puerto que definen una salida. Cada uno de los cheurones es generalmente triangular en configuración. Los cheurones 120 se sitúan radialmente y en algunas realizaciones igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del extremo distal del puerto de inyección axial 114. La introducción de los cheurones 120 en el puerto de inyección axial 114 aumenta la mezcla entre las dos corrientes de flujo F_1 y F_2 a medida que coinciden. La energía de la corriente de efluente que se hace pasar a través de la pistola cinética 110 y acelerada en la tobera 118 transfiere más fácilmente las características térmicas y cinéticas del flujo de efluente al flujo de gas vehículo y material en partículas con el uso de estos cheurones.

45 La Figura 2 proporciona una vista en perspectiva de una primera tobera de inyección de acuerdo con una realización de la invención que tiene un extremo distal del puerto de inyección axial convencional. En contraste, la Figura 3 proporciona una vista en perspectiva de una primera tobera de inyección con cheurones de acuerdo con una realización de la invención mostrando el extremo distal del puerto de inyección axial 114 que incluye cuatro cheurones 120 de acuerdo con una realización de la presente invención. En algunas realizaciones, cada uno de los cheurones 120 incluye una extensión en forma generalmente triangular del puerto de inyección axial 114. En la realización de la Figura 3, cada cheurón 120 está generalmente paralelo a la pared del puerto de inyección axial 114 a la que se une el cheurón. Otra realización, que se muestra en la Figura 4, incorpora cheurones 130 que están acampanados, doblados, curvados o que, de otro modo, se dirigen radialmente hacia fuera con respecto al plano que define el extremo distal del puerto de inyección axial 114. En otra realización, los cheurones pueden acampanarse, curvarse, doblarse, o, de otro modo, dirigirse radialmente hacia dentro con respecto al plano que define el extremo distal del puerto de inyección axial. Ángulos de inclinación para los cheurones de hasta 90 grados hacia dentro o hacia fuera proporcionarán una mezcla mejorada, mientras que los ángulos de inclinación preferidos pueden estar entre 0 y aproximadamente 20 grados. Los ángulos de inclinación superiores a aproximadamente 20 grados, aunque proporcionan una mezcla mejorada, pueden tender también a producir corrientes de remolino indeseables y la posibilidad de turbulencia dependiendo de las velocidades de flujo relativas y de las densidades.

65 Si bien la Figura 4 muestra los cheurones 130 igualmente acampanados, otras realizaciones contempladas pueden tener cheurones acampanados asimétricos que pueden corresponder con las geometrías de pistolas asimétricas, para compensar los efectos de remolino a menudo presentes en las pistolas de pulverización térmica, u otras necesidades asimétricas deseadas. En otras realizaciones diferente forma y/o disposición se pueden utilizar en lugar

de un cheurón con las formas mostradas en las Figuras 3 y 4. Para los fines de la presente solicitud, la expresión "tobera Cheurón" puede incluir también cualquier tipo de tobera circunferencialmente no uniforme. Ejemplos no limitativos de formas alternativas de cheurón incluyen rectángulos radialmente espaciados, cheurones curvados con puntas, formas semicirculares, y cualquier otra forma que se pueda cortar en o unirse a la punta lo que dará como resultado la mezcla de flujo o perturbación controlada como se describe a continuación. El patrón de cheurones se puede repetir o una colección al azar de discontinuidades formadas utilizando cheurones de diferentes formas. Para los fines de la presente solicitud tales formas alternativas se incluyen bajo el término general cheurones. En otra realización, el espesor de la pared de cada cheurón puede estar ahusado hacia el punto de cheurón.

Casi cualquier número de cheurones se puede utilizar para ayudar en mezcla. Cuatro cheurones 120, 130 se muestran en la realización de las Figuras 3 y 4, respectivamente. En algunas realizaciones, de 4 a un máximo de 6 cheurones puede ser ideal para la mayoría de aplicaciones. Sin embargo, otras realizaciones pueden utilizar más o menos cheurones sin apartarse del alcance de la presente invención. Para la pistola de pulverización térmica cinética representada en la Figura 1, el número de cheurones en el extremo distal del puerto de inyección axial 114 puede coincidir con el número de puertos de inyección radial 112 para permitir la simetría en el patrón de flujo para producir una mezcla uniforme y predecible en la pistola cinética 110.

En algunas realizaciones, los cheurones que se muestran en las diversas figuras tienen generalmente una extensión uniforme del puerto de inyección axial. En otras realizaciones, los cheurones pueden volver a ajustarse en puertos de inyección axial existentes convencionales, por ejemplo, por fijación mecánica. Las aplicaciones de retro-ajuste pueden incluir el uso de pinzas, bandas, soldaduras, remaches, tornillos u otros accesorios mecánicos conocidos en la técnica. Aunque los cheurones estarán típicamente fabricados del mismo material que el puerto de inyección axial, no se requiere que los materiales sean los mismos. Los cheurones se pueden fabricar a partir de una variedad de materiales conocidos en la técnica que son adecuados para los flujos, temperaturas y presiones del entorno del puerto de alimentación axial.

La Figura 5 proporciona un esquema de diversas secciones transversales modeladas por ordenador de una trayectoria de pulverización de flujo modelada para una pistola de pulverización térmica en una realización de la presente invención. La parte inferior de la figura muestra una vista lateral de la tobera 118 y el puerto de inyección axial 114, y por encima se muestran las secciones transversales 204a, 204b, 204c, 204d de las trayectorias de flujo de efluente y del vehículo en diversos puntos. Haciendo referencia a la Figura 5, a medida que el flujo del vehículo que porta material en partículas F_2 y el efluente calentado y/o acelerado F_1 alcanzan los cheurones 120, las diferencias físicas, tales como la presión, densidad, etc. entre los flujos hacen que el límite entre los flujos cambie de la forma de interfaz inicial, que se muestra en la sección transversal 202 - que es típicamente cilíndrica, de acuerdo con lo dictado por la forma del puerto de inyección axial 114 - a una forma similar a una flor o similar a un asterisco como se muestra en la sección transversal 204a, aumentando el área límite compartida entre los flujos F_1 y F_2 . La diferencia de presión que existe entre los flujos F_1 y F_2 hará que el flujo de mayor presión - ya sea del efluente F_1 o del vehículo F_2 - se acelere radialmente en respuesta al diferencial de presión (flujo potencial) a medida que los flujos F_1 y F_2 avanzan hacia abajo de la longitud de los cheurones 120 para igualar la presión. Esta aceleración radial se distorsionará también para conducir el flujo alrededor del cheurón para igualar la presión debajo del cheurón, del mismo modo. Como se muestra en las formas de secciones transversales siguientes 204b, 204c, 204d, esta forma similar a un asterisco continúa propagándose dado que los flujos F_1 y F_2 se desplazan juntos, aumentando aún más el área límite compartida entre los flujos F_1 y F_2 . Dado que la mezcla de las corrientes es una función del área límite, el área límite aumenta la tasa de mezcla como se ejemplifica en la Figura 7. El uso de cheurones inclinados hacia dentro o hacia fuera aumenta el efecto de mezcla aumentando el diferencial de presión entre los flujos, causando de este modo una formación más rápida y la extensión para conformar el área límite. La inclinación se puede dirigir bien hacia dentro o hacia fuera dependiendo de las propiedades relativas de las dos corrientes y de los efectos deseados.

Las trayectorias de pulverización que salen de las formas de tobera representadas en las Figuras 2, 3, y 4 se han modelado en la pistola de pulverización en frío similar a la representada en la Figura 1. La Figura 6 proporciona los resultados de un modelo dinámico de fluidos computacional (CFD) que ejecuta una corriente de velocidad de partículas axialmente inyectadas para un proceso de pulverización en frío como el modelado en la Figura 1 sin el uso de cheurones como se representa en la Figura 2. La Figura 7 proporciona los resultados de un modelo CFD ejecución de una corriente de velocidad de partículas axialmente inyectadas para un proceso de pulverización en frío como el modelado en la Figura 1 con el uso de cheurones como se representa en la Figura 3 de acuerdo con una realización de la presente invención. La aplicación del modelo CFD en una pistola de pulverización en frío de inyección axial ha mostrado una mejora medible en la mezcla de la corriente del vehículo que porta el material en partículas F_2 y corriente la efluente calentado y/o acelerado F_1 y en la transferencia de energía desde el gas de efluente directamente a las partículas de materia prima. En la Figura 6, las velocidades de partícula resultantes y la anchura de la pulverización son más pequeñas que las velocidades de partículas y la anchura de pulverización que se muestran en la Figura 7 como resultado de la mezcla mejorada ofrecida por la adición de los cheurones. Por otro lado, la Figura 8 proporciona los resultados de un modelo CFD de ejecución de una corriente de velocidad de partículas axialmente inyectadas para proceso de pulverización en frío como el modelado en la Figura 1 con el uso de cheurones inclinados hacia fuera como se representa en la Figura 4 de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se muestra en la Figura 8, las velocidades de partículas se han incrementado incluso más

que con cheurones rectos (Figura 7), indicando que se produjo una mejor transferencia de energía desde el gas de efluente a las partículas cuando se utilizaron los cheurones inclinados hacia fuera. Por lo tanto, la introducción de los cheurones, y más aún de los cheurones inclinados, ha aumentado la velocidad global de las partículas y ha extendido el campo de partículas de forma considerable en la corriente de efluente.

5 La inclusión de cheurones en los puertos de inyección axial puede beneficiar a cualquier proceso de pulverización térmica mediante la inyección axial. Por tanto, las realizaciones de la presente invención son muy adecuadas para las corrientes portadoras de material en partículas líquido alimentado axialmente, así como para corrientes portadoras de material en partículas gaseoso. En otra realización, dos corrientes portadoras de material en partículas se pueden mezclar. En todavía otra realización dos o más corrientes de gas se pueden mezclar por etapas secuenciales de los puertos de inyección axial junto con una etapa adicional de mezclar para mezclarse en una corriente de vehículo portadora del material en partículas. En otra realización adicional, los cheurones se pueden aplicar a un puerto que entra en un flujo de efluente en un ángulo oblicuo mediante la incorporación de uno o más cheurones en el borde principal del puerto a medida que entra en la cámara de corriente de efluente.

15 En otra realización, la mezcla de corrientes de acuerdo con la presente invención se puede realizar en el aire ambiente, en un entorno de baja presión, al vacío, o en un entorno atmosférico controlado. Además, la mezcla de corrientes de acuerdo con la presente invención se puede realizar a cualquier temperatura adecuada para los procesos de pulverización térmica convencionales.

20 La Figura 9 es una sección transversal a lo largo de IX - IX en la Figura 1. La primera etapa 122 es el puerto de inyección axial donde el fluido de materia prima y de vehículo viaja y sale en la segunda etapa 124 como una corriente de material en partículas y sigue la trayectoria F2. La segunda etapa 124 tiene la segunda tobera 118. Una garganta 126 en la segunda etapa 124 es un estrechamiento de la segunda etapa entre los puertos 112 y la tobera de salida 118. En una realización preferida, la segunda etapa 124 es una tobera de Laval. De esta manera, a medida que el gas entra en la pluralidad de puertos 112, el gas viaja a través de una porción en forma de embudo 128 haciendo que el gas ser alimente radialmente hacia la garganta 126 que sigue una trayectoria de la corriente de gas F1. Como es típico de una tobera de Laval, la corriente de gas F1 se acelerará después de haber pasado la garganta 126, acercándose a o excediendo una velocidad supersónica.

30 Como se puede observar en las Figuras 1 y 9, la primera etapa 122 es una tobera situada concéntricamente dentro de la segunda etapa 124. Este posicionamiento de la salida de tobera primaria aguas abajo de la garganta de la tobera secundaria causa también un efecto Venturi de la corriente de gas F1 en la segunda etapa 124. Cuando se monta, el puerto de inyección axial 114 de la primera etapa 122 se sitúa aguas abajo de la garganta 126. De esta manera, la corriente de gas F1 que viaja a través de la tobera de Laval de la segunda etapa 124 se mezcla con la corriente de materia prima y de gas vehículo ya combinada que sigue la trayectoria F2 a medida que la mezcla de materia prima/gas vehículo sale del puerto de inyección axial 114 más allá de la garganta 126, y la mezcla de la corriente de gas y la mezcla de materia prima/gas vehículo se producen aguas abajo de la garganta 126 y más allá de la salida de la salida de tobera primaria 120.

40 En una realización, cuando la mezcla de materia prima/gas vehículo sale de la primera etapa 122 y se mezcla con la corriente de gas, la velocidad de la corriente de gas F1 en la segunda etapa es mayor que la velocidad de la mezcla de materia prima/gas vehículo F2. En otra realización, la velocidad de la corriente de gas F1 es supersónica cuando se mezcla con la mezcla de materia prima/gas vehículo sónica o subsónica.

45 La Figura 10 representa una comparación de la aceleración de partículas de un dispositivo de pulverización en frío convencional con inyección radial con un dispositivo cinético de dos etapas de la presente invención. Todas las longitudes de pistolas fueron unificadas para fines de comparación. Todas las pistolas estaban operando a la misma temperatura y presión, y a la expansión ideal. Los datos se obtuvieron utilizando 20 micras partículas de cobre.

50 La línea 300 muestra la velocidad de partículas respecto a la distancia a lo largo del eje de la pistola para una pistola de pulverización en frío convencional con inyección de polvo más allá de la garganta 302. La línea 310 muestra la velocidad de partículas respecto a la distancia a lo largo del eje de la pistola para una pistola de pulverización en frío convencional con inyección de polvo antes de la garganta 302. Ambas líneas 300 y 310 muestran una rápida aceleración de partículas justo después de la garganta de la tobera 302, seguida de una reducción progresiva de la aceleración de partículas poco después.

60 Por el contrario, la línea 320 muestra la velocidad de partículas respecto a la distancia a lo largo del eje de la pistola para una pistola cinética de dos etapas de la invención. Se puede observar fácilmente que la velocidad de partículas aumenta de forma constante antes de la garganta de la tobera 302 en la primera etapa 322, y acelera suavemente y continuamente a medida que las partículas viajan a través de la segunda etapa 324. Se puede observar que la rápida aceleración debido al efecto Venturi ocurre alrededor de la región 304 justo después de la garganta 302.

65 Cualquier experto en la materia puede prever mejoras adicionales al aparato, así como el uso de formas diferentes a la triangular para los cheurones. Este aparato funcionará con cualquier pistola de pulverización térmica con inyección axial para introducir el gas vehículo que porta material en partículas, así como líquidos, corrientes de

efluentes adicionales, y gases reactivos.

5 Ventajas y modificaciones adicionales se les ocurrirán fácilmente a los expertos en la materia. Por lo tanto, la invención en sus aspectos más amplios no se limita a los detalles específicos y realizaciones representativas mostradas y descritas en el presente documento. En consecuencia, se pueden hacer diversas modificaciones sin apartarse del espíritu o alcance del concepto general de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas que comprende:

5 una primera etapa (122) que tiene una primera tobera, teniendo la primera tobera un extremo de recepción de la primera tobera que recibe una corriente de materia prima y de gas vehículo, y un extremo de inyección de la primera tobera situado axialmente con respecto al extremo de recepción de la primera tobera, recibiendo el extremo de inyección de la primera tobera la corriente de materia prima y de gas vehículo del extremo de recepción de la primera tobera;

10 una segunda etapa (124) que tiene una segunda tobera (118), teniendo la segunda tobera (118) una porción de recepción de gas que recibe un gas de efluente, una parte convergente que está aguas abajo de la porción de recepción de gas y una porción divergente que está aguas abajo de la porción convergente, coincidiendo la porción convergente y la porción divergente en una segunda garganta de la tobera (126); donde la primera tobera está situada anularmente dentro de la segunda tobera (118);

15 donde la primera tobera es una tobera convergente;

donde la corriente de materia prima y de gas vehículo forman una corriente de partículas, y la corriente de partículas es acelerada a una primera velocidad en la primera tobera;

donde el gas de efluente es acelerado a una segunda velocidad en la segunda tobera (118); y

20 donde el extremo de inyección de la primera tobera está situado en la porción divergente de la segunda tobera (118),

caracterizado por que el extremo de inyección de la primera tobera tiene al menos un cheurón (120; 130).

2. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de la reivindicación 1, donde la segunda velocidad es mayor que la primera velocidad.

25 3. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera velocidad es menor o igual a la coincidencia 1 y/o la segunda velocidad es igual o mayor que la coincidencia 1.

30 4. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la porción de recepción de gas tiene al menos una abertura de recepción de gas (112).

35 5. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera tobera y la segunda tobera (118) están montadas de forma móvil.

40 6. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera tobera y la segunda tobera (118) están, al menos una de, selladas a presión, roscadas, soldadas, soldadas con latón, prensadas, y con empaquetadura.

7. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la corriente de partículas y el gas de efluente se mezclan aguas abajo de la garganta (126) de la segunda tobera (118).

45 8. Un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la primera tobera es una tobera recta.

9. Un método de uso de un dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas que comprende las etapas de:

50 recibir una corriente de materia prima y de gas vehículo en un extremo de recepción de la primera tobera;

transmitir axialmente la corriente de materia prima y de gas vehículo a través de una primera tobera;

recibir la corriente de materia prima y de gas vehículo en un extremo de inyección de la primera tobera;

inyectar la corriente de materia prima y de gas vehículo desde el extremo de inyección de la primera tobera;

55 recibir un gas de efluente en una porción de recepción de gas de la segunda tobera;

transmitir el gas de efluente a través de una porción convergente de la segunda tobera (118), la porción convergente aguas abajo de la porción de recepción de gas;

acelerar el gas de efluente a través de una porción divergente de la segunda tobera (118) que está aguas abajo de la porción convergente, coincidiendo la porción convergente y la porción divergente en una garganta (126); y

60 mezclar la corriente de materia prima y de gas vehículo con el gas de efluente;

donde la primera tobera está situada anularmente dentro de la segunda tobera (118);

donde la primera tobera es una tobera convergente;

donde la corriente de materia prima y de gas vehículo forman una corriente de partículas, y la corriente de partículas es acelerada a una primera velocidad en la primera tobera;

65 donde el gas de efluente es acelerado a una segunda velocidad en la segunda tobera (118); y

donde el extremo de inyección de la primera tobera está situado en la porción divergente de la segunda tobera

(118),

caracterizado por que el extremo de inyección de la primera tobera tiene al menos un cheurón (120; 130).

- 5 10. Un método de uso del dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de la reivindicación 9, donde la segunda velocidad es mayor que la primera velocidad.
- 10 11. Un método de uso del dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de la reivindicación 9 o de la reivindicación 10, donde la primera velocidad es menor o igual a la coincidencia 1 y/o la segunda velocidad es igual o mayor que la coincidencia 1.
- 10 12. Un método de uso del dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde la porción de recepción de gas tiene al menos un puerto de recepción de gas (112).
- 15 13. Un método de uso del dispositivo de pulverización por energía cinética de dos etapas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, donde la primera tobera y la segunda tobera (118) están montadas de forma móvil.

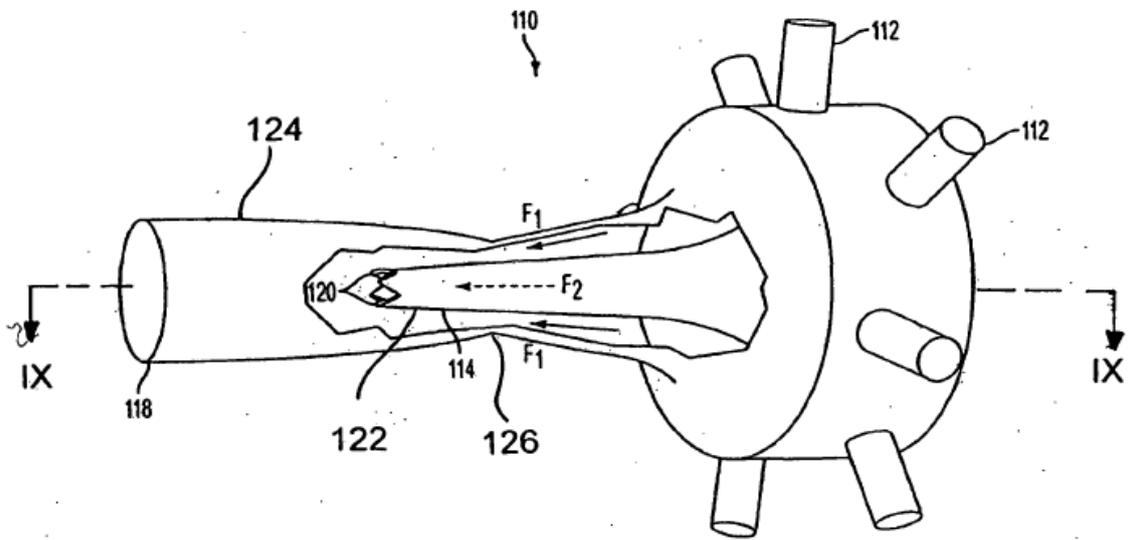


FIG. 1

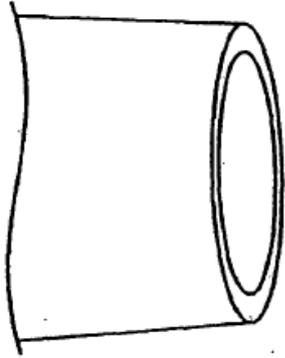


FIG. 2
TÉCNICA ANTERIOR

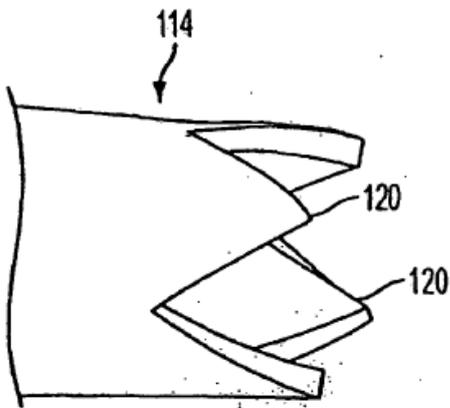


FIG. 3

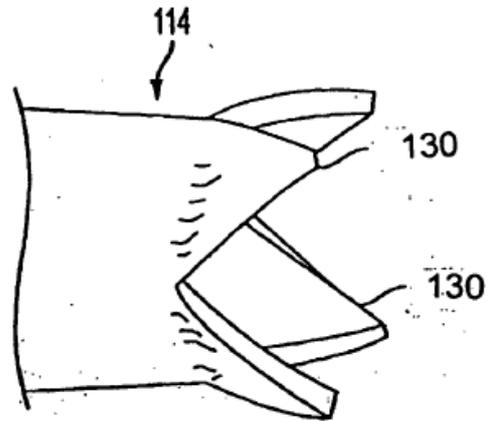


FIG. 4

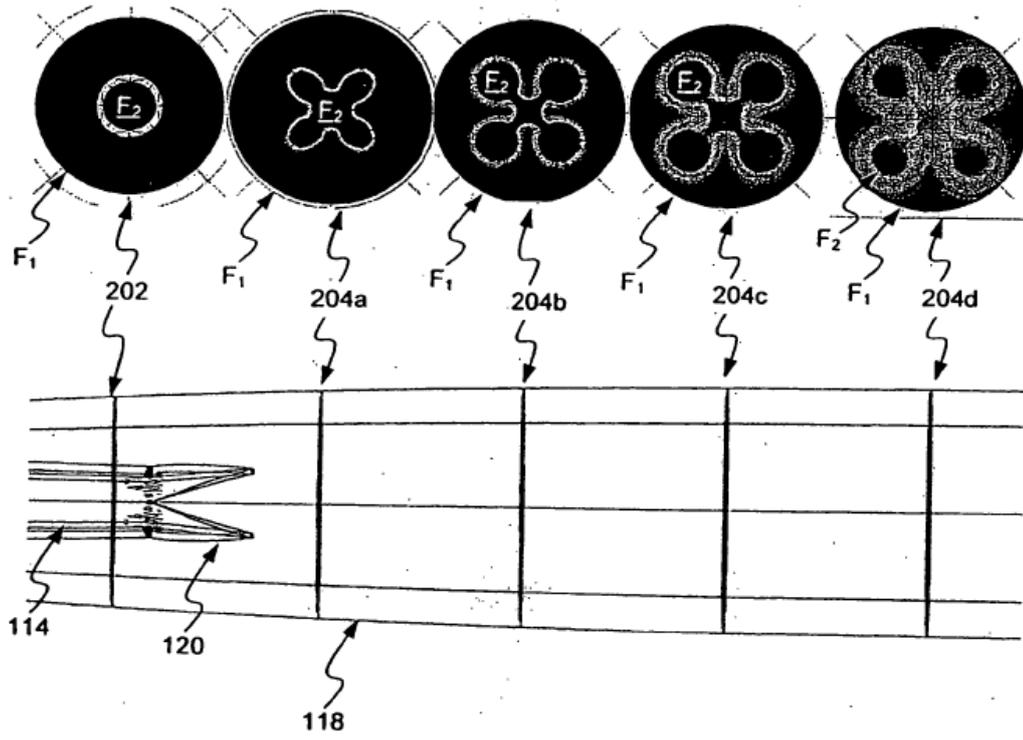


FIG.5

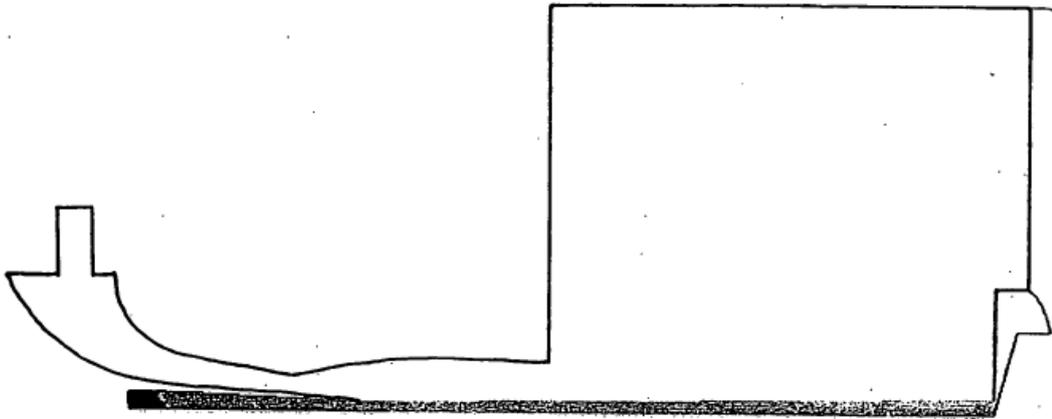


FIG. 6

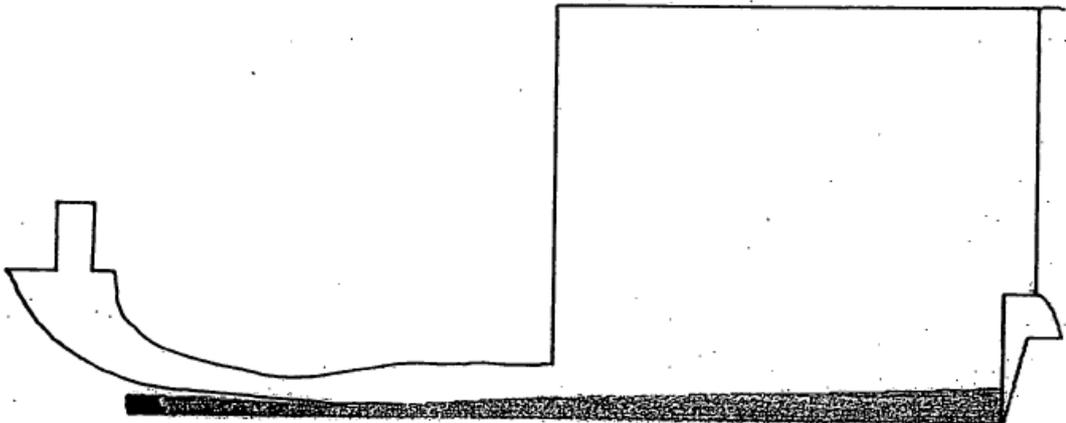


FIG. 7

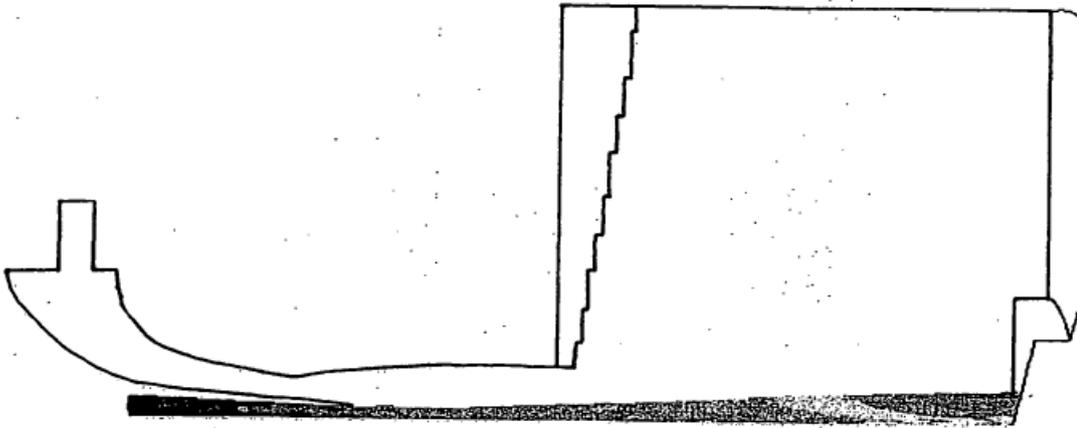


FIG. 8

FIG 9

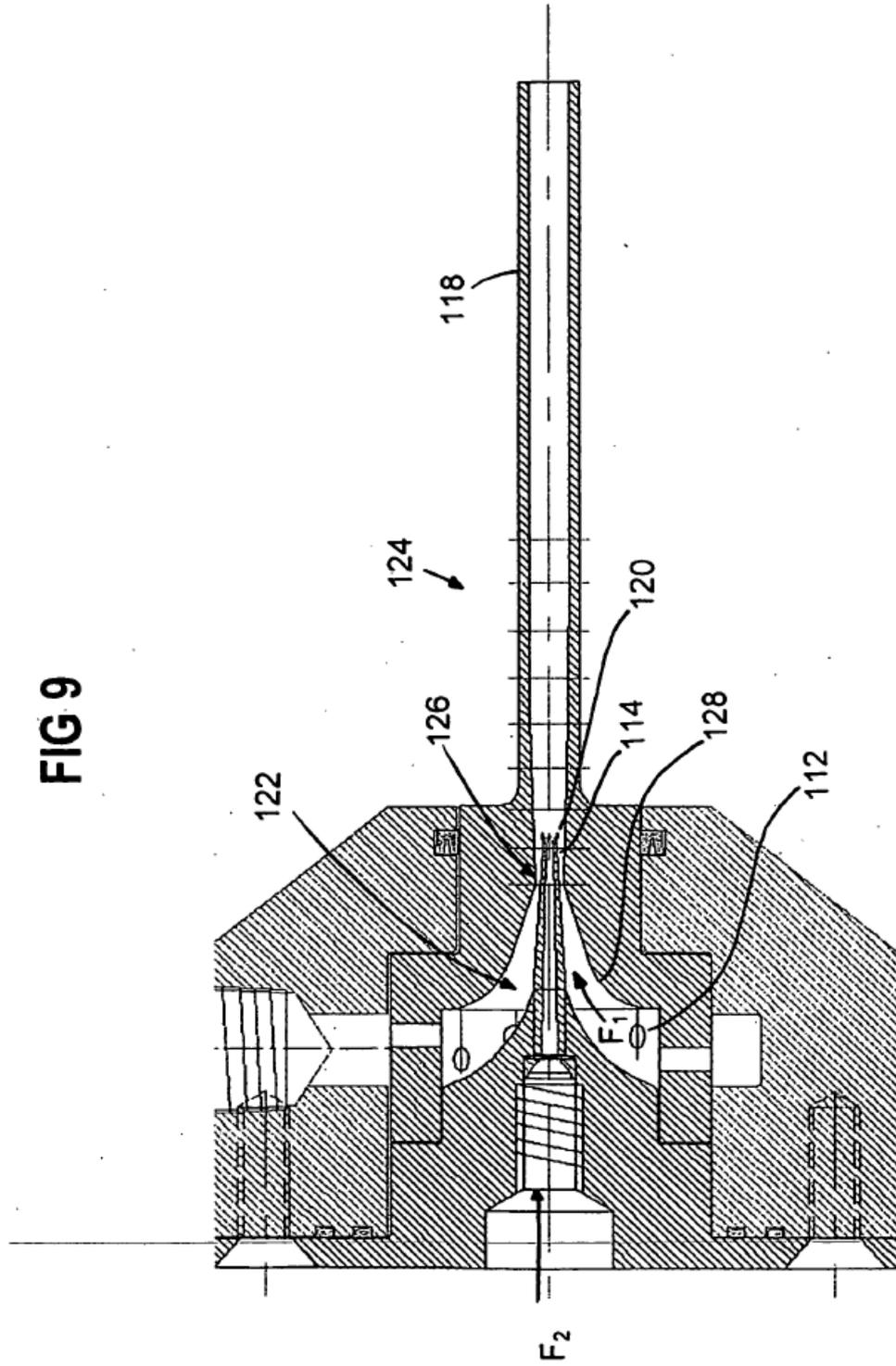


FIG. 10

