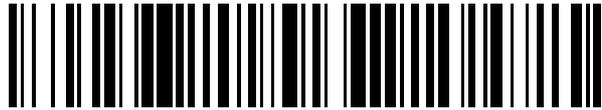


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 718**

51 Int. Cl.:

H05H 1/28 (2006.01)

H05H 1/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2013 PCT/US2013/076603**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14120357**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2013 E 13873561 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 2952069**

54 Título: **Boquilla térmica optimizada y método de uso de la misma**

30 Prioridad:

31.01.2013 US 201361759071 P

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

21.09.2018

73 Titular/es:

**OERLIKON METCO (US) INC. (100.0%)
1101 Prospect Avenue
Westbury, NY 11590, US**

72 Inventor/es:

MOLZ, RONALD J.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 682 718 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

Boquilla térmica optimizada y método de uso de la misma

5 Antecedentes de la invención

10 Las boquillas de pistola de plasma convencionales (ánodos) utilizadas en aplicaciones de pulverización térmica tienen una vida útil limitada. Mientras que el voltaje del plasma se mantenga en un rango predefinido para un funcionamiento correcto, la boquilla estará operativa. Sin embargo, como la exposición al arco de plasma deteriora la pared de la boquilla, el voltaje del plasma cae, al igual que la vida útil de la boquilla. Por lo general, la vida de una boquilla es inferior a 40 horas. Además, durante el funcionamiento con pistola, las paredes están sujetas a una serie de otras condiciones que dan como resultado la disminución del voltaje y la inestabilidad del arco, por ejemplo, el agrietamiento del revestimiento de tungsteno utilizado en algunos diseños de boquillas.

15 Lo que se necesita es una boquilla y un método para producir una boquilla de ese tipo que minimice los efectos de las condiciones que provocan la disminución del voltaje y la inestabilidad del arco.

20 Generalmente, hay dos características claves para controlar la unión del arco de plasma a las paredes de la boquilla. La concentración de carga, tal como se describe, por ejemplo, en los documentos de Patente U.S. Nos. 7.030.336 y 4.841.114, cuyas divulgaciones se incorporan expresamente por referencia en este documento en su totalidad, pueden usarse para impulsar la unión del arco de plasma a una ubicación particular. Sin embargo, para controlar la fijación del arco de plasma de esta manera se requiere un cambio en la geometría de la pistola que podría afectar las condiciones de funcionamiento de las pistolas de plasma existentes que se utilizan para pulverizar una serie de aplicaciones existentes. El documento US 3.756.511 A divulga una boquilla de chorro de plasma que se caracteriza por una llama de chorro de plasma que se abre principalmente en forma de una ranura y una antorcha de chorro de plasma cilíndrico largo y delgado con una boquilla ranurada fija en el extremo. El documento US 5.897.059 A divulga una boquilla de chorro de plasma que comprende canales de enfriamiento.

30 La segunda característica para controlar el punto de fijación del arco de plasma es el estado térmico de las paredes de la boquilla. Se ha encontrado que las superficies más calientes y las condiciones de contorno son más atractivas para el arco de plasma, mientras que las superficies más frías y las condiciones de contorno son menos atractivas para el arco de plasma, véase, por ejemplo, la publicación internacional No. PCT/US2012/022897. Por lo tanto, de esta manera, es posible mejorar el rendimiento de la pistola en términos de estabilidad de voltaje y controlar la disminución de voltaje aplicando las técnicas de gestión térmica para proporcionar condiciones de pared preferidas para la fijación del arco de plasma.

35 Hasta ahora, el diseño de las boquillas de pistola de plasma se ha logrado principalmente a través de datos empíricos, especialmente con respecto al enfriamiento. Estos diseños se han concentrado en proporcionar el máximo efecto de enfriamiento uniformemente en la región de unión del arco de plasma a lo largo de todo el orificio de la boquilla de plasma.

Resumen de las realizaciones

45 La invención está definida por las reivindicaciones. Las realizaciones de la invención están dirigidas a una boquilla para una pistola de pulverización térmica. La boquilla incluye un orificio central que comprende un orificio cónico y un orificio cilíndrico. El orificio cónico está delimitado por una superficie de pared cónica en una sección del orificio cónico, el orificio cilíndrico está delimitado por una superficie de pared cilíndrica en una sección del orificio cilíndrico, y la sección del orificio cónico y el orificio cilíndrico están estructuradas para que el calor se elimine más rápidamente desde la pared cónica que desde la pared cilíndrica.

50 De acuerdo con las realizaciones, la sección del orificio cónico y la sección del orificio cilíndrico pueden incluir cobre.

55 Conforme a las realizaciones de la invención, al menos parte de la superficie de la pared cónica y la superficie de la pared cilíndrica están formadas por uno de tungsteno, molibdeno, plata o iridio.

De acuerdo con otras realizaciones, un grosor radial de la sección del orificio cónico puede ser mayor que el de la sección del orificio cilíndrico.

60 Además, la boquilla también incluye una pluralidad de aletas que se extienden radialmente que rodean al menos parte de la sección del orificio cónico y la sección del orificio cilíndrico. Las aletas están dispuestas para formar canales de agua de enfriamiento. Un área de sección transversal de los canales de agua de enfriamiento alrededor del orificio cónico es más pequeña que el área de sección transversal de los canales de agua de enfriamiento alrededor del orificio cilíndrico, de modo que el calor se elimina más rápidamente de la pared cónica que de la pared cilíndrica. Además, las bases de los canales de agua de enfriamiento pueden estar radialmente fuera de la superficie de la pared exterior de la sección de orificio cilíndrico. Alternativa o adicionalmente, las bases de los canales de agua de enfriamiento pueden estar radialmente fuera de una superficie de pared exterior de la sección del orificio

5 cónico. Además, al menos una parte de una superficie de pared exterior de la sección del orificio cónico y al menos una parte de la superficie de la pared exterior de la sección del orificio cilíndrico pueden ser paralelas entre sí. En algunas realizaciones, se puede eliminar al menos una sección común de cada aleta que rodea al menos la sección del orificio cónico, y la boquilla puede incluir además una camisa de agua continua dispuesta en la sección común eliminada para formar canales de agua cerrados sobre al menos la sección del orificio cónico. La camisa de agua continua puede incluir al menos uno de cobre, latón, acero o cerámica.

10 En realizaciones adicionales, la sección del orificio cónico puede estructurarse y disponerse de modo que el agua de enfriamiento pase a través de la sección del orificio cónico a una velocidad mayor de la que pasa el agua de enfriamiento a través de la sección del orificio cilíndrico.

15 De acuerdo con otras realizaciones más de la invención, la sección del orificio cilíndrico puede estructurarse y disponerse de manera que el agua de enfriamiento que pasa a través de la sección del orificio cilíndrico quede estancada con respecto al agua de enfriamiento que pasa a través de la sección del orificio cónico.

20 Las realizaciones de la invención están dirigidas a una pistola de pulverización térmica. La pistola de pulverización térmica incluye una boquilla que tiene un orificio cónico y un orificio cilíndrico. La boquilla está estructurada de manera que una temperatura superficial promedio del orificio cónico es al menos aproximadamente 100 °C más fría que la temperatura superficial promedio del orificio cilíndrico.

25 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la pistola de pulverización térmica puede incluir un sistema de agua de enfriamiento para suministrar agua de enfriamiento en la parte trasera de la boquilla y para eliminar el agua de enfriamiento en la parte delantera de la boquilla. Además, el orificio cónico puede estar dispuesto en una parte trasera de la boquilla y el orificio cilíndrico está dispuesto en una parte frontal de la boquilla. Alternativa o adicionalmente, se pueden formar canales en la parte trasera de la boquilla para guiar el agua de enfriamiento a través de la parte trasera de la boquilla a una velocidad mayor que en la parte delantera de la boquilla. Además, la parte delantera de la boquilla puede formarse de modo que el agua de enfriamiento que rodea el orificio cilíndrico actúe como un aislante.

30 Las realizaciones de la invención se refieren a un método para enfriar una boquilla en una boquilla de pistola de pulverización térmica que tiene un orificio cónico y un orificio cilíndrico. El método incluye suministrar agua de enfriamiento desde la parte trasera de la boquilla a la parte frontal de la boquilla para enfriar las temperaturas de la superficie de la pared del orificio cónico y un orificio cilíndrico. La parte frontal y trasera de la boquilla están estructuradas de manera que el calor se elimina más rápidamente de la superficie de la pared del orificio cónico que de una superficie de pared del orificio cilíndrico.

35 De acuerdo con las realizaciones, una temperatura media de la superficie de la pared del orificio cónico puede ser al menos aproximadamente 100°C más fría que una temperatura de la superficie media de la pared del orificio cilíndrico.

40 De acuerdo con aún otras realizaciones más de la presente invención, el agua de enfriamiento puede suministrarse a lo largo de al menos una superficie que rodea la sección cónica a una velocidad mayor que la que suministra el agua de enfriamiento a lo largo de al menos una superficie que rodea la sección cilíndrica.

45 Las realizaciones de la invención están dirigidas a una boquilla para una pistola de plasma. La pistola de plasma puede ser, por ejemplo, usada en aplicaciones de pulverización térmica o puede ser, por ejemplo, un cohete de plasma, una antorcha de plasma o un generador de plasma.

50 Se pueden determinar otras realizaciones de ejemplo y ventajas de la presente invención revisando la presente divulgación y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

55 La presente invención se describe adicionalmente en la descripción detallada que sigue, en referencia a la pluralidad de dibujos indicados a modo de ejemplos no limitativos de realizaciones de ejemplo de la presente invención, en los que los mismos números de referencia representan partes similares a lo largo de las diversas visualizaciones de los dibujos, y en donde:

60 La figura 1 ilustra una boquilla diseñada convencionalmente para una pistola de pulverización de plasma;

La figura 2 ilustra una realización de una boquilla para su uso con una pistola de pulverización de plasma;

La figura 3 ilustra gráficamente el voltaje de la pistola para la boquilla convencional representada en la figura 1;

65 La figura 4 ilustra el voltaje de la pistola para la boquilla representada en la figura 2;

La figura 5 ilustra otra realización de una boquilla para usar con una pistola de pulverización de plasma. Y

La figura 6 ilustra otra realización más de una boquilla para uso con una pistola de pulverización de plasma.

5 Descripción detallada de las formas de realización

Los detalles mostrados en este documento son a modo de ejemplo y para fines de discusión ilustrativa de las realizaciones de la presente invención únicamente y se presentan con la finalidad de proporcionar la descripción más útil y fácilmente comprensible de los principios y aspectos conceptuales de la presente invención. A este respecto, no se intenta mostrar los detalles estructurales de la presente invención con más detalle que el necesario para la comprensión fundamental de la presente invención, la descripción tomada con los dibujos hace evidente para los expertos en la técnica cómo las diversas formas de la presente invención puede incorporarse en la práctica.

La figura 1 ilustra un cuerpo 1 de pistola frontal de una pistola de pulverización de plasma convencional que incluye una boquilla 2 de plasma convencional, un cátodo 3 y un sistema 4 de enfriamiento de agua. La pistola de pulverización de plasma convencional puede ser, por ejemplo, una pistola de plasma F4MB-XL o 9MB fabricada por Sulzer Metco, una pistola de plasma SG100 fabricada por Progressive Technologies, o cualquier pistola de plasma convencional típica ejemplificada por tener un solo cátodo y un canal de arco de plasma/ánodo no en cascada. La boquilla 2 de plasma puede estar hecha de un material con altas características de transferencia de calor, por ejemplo, solo de cobre o una boquilla de cobre puede incluir un revestimiento, por ejemplo, un revestimiento de tungsteno, un revestimiento de molibdeno y un revestimiento de aleación alta de tungsteno, un revestimiento plateado o un revestimiento de iridio para mejorar el rendimiento. Se forma plasma en la boquilla 2 de plasma pasando una corriente a través de un gas, típicamente, por ejemplo, Ar, N₂, He o H₂ y mezclas de los mismos, creando un arco 7 de plasma. Para crear la corriente, el cátodo 3 está conectado al lado negativo de una fuente de energía dc y la boquilla 2, que actúa como un ánodo, está conectada al lado positivo. La boquilla 2 de plasma incluye un orificio 5 cónico en el que está alojado el cátodo 3 y un orificio 6 cilíndrico en el que el arco 7 de plasma se une preferiblemente.

En la operación inicial, el arco 7 de plasma puede desplazarse una cierta distancia hacia abajo en el orificio 6 cilíndrico antes de unirse a la pared de la boquilla, que produce el voltaje del plasma más alto. A modo de ejemplo no limitativo, el punto de unión inicial para el arco 7 de plasma puede estar entre el primer tercio y la mitad del orificio 6 cilíndrico aguas abajo del orificio 5 cónico, y el voltaje del plasma en la pared es preferiblemente superior a 70V en un parámetro de operación dado. Otros parámetros darán como resultado diferentes voltajes dependiendo de los gases, la geometría del hardware, la corriente, etc. A medida que la superficie de la pared de la boquilla 2 se desgasta y deteriora, el arco 7 de plasma se atrae aguas arriba hasta que el arco 7 de plasma finalmente se adhiere a la pared del orificio 5 cónico, en cuyo momento la caída de voltaje es lo suficientemente grande como para requerir que se reemplace la boquilla 2. la pared dentro del orificio 5 cónico es un área no deseada de fijación del arco de plasma, donde el voltaje del plasma es inferior a 70V en un parámetro de operación dado. De nuevo, otros parámetros darán como resultado diferentes voltajes dependiendo de los gases, la geometría del hardware, la corriente, etc.

Para enfriar la boquilla, se extiende radialmente desde una superficie periférica exterior de la boquilla 2 una pluralidad de aletas 12. Las aletas 12 también se extienden en una dirección longitudinal de la boquilla 2 para rodear un punto en el que se encuentran el orificio 5 cónico y el orificio 6 cilíndrico, así como porciones del orificio 5 cónico, por ejemplo, para rodear aproximadamente la mitad de una longitud de orificio 5 cónico, y la porción 6 cilíndrica, por ejemplo, para rodear la región de fijación del arco. Cuando se proporciona un revestimiento de tungsteno, las aletas 12 pueden disponerse para extenderse, por ejemplo, desde el inicio del revestimiento formando una porción de la pared en el orificio 5 cónico hasta un extremo de la región de fijación del arco predeterminada que rodea el orificio 6 cilíndrico.

Como las temperaturas extremadamente altas resultan del funcionamiento de la pistola de plasma, por ejemplo, un pico de temperatura media de la pared es de 700 - 800°K en el orificio de la boquilla, el sistema 4 de enfriamiento por agua está dispuesto para enfriar la boquilla 2 con agua circulante. El sistema 4 de enfriamiento por agua incluye una trayectoria 8 de enfriamiento por agua que entra desde una parte trasera del cuerpo de la pistola, se dirige alrededor del perímetro exterior de la boquilla 2 y a través de las aletas 12 de enfriamiento antes de salir. En particular, el sistema 8 de enfriamiento por agua tiene al menos un puerto 9 de entrada de agua para suministrar agua de enfriamiento desde un suministro a la periferia exterior de la boquilla 2 y tiene al menos un puerto 10 de salida de agua a través del cual sale el agua enfriando la periferia externa de la boquilla 2 y se devuelve al suministro. El puerto 9 de entrada de agua suministra agua de enfriamiento para contactar una superficie 11 periférica exterior de la boquilla 2 que rodea una parte del orificio 5 cónico. El agua de enfriamiento es guiada a continuación a través de las aletas 12 para contactar y enfriar la periferia donde se encuentran las aletas 12 y luego en un área para contactar y enfriar la superficie 13 periférica que rodea una parte del orificio 6 cilíndrico. El agua de enfriamiento generalmente se suministra a una temperatura de entre 10 °C y 22 °C, y preferiblemente entre 16 °C y 18 °C, con el fin de efectuar un aumento de temperatura de 25 - 35°K.

65

Con el funcionamiento normal de la pistola de plasma representada en la Fig. 1, el voltaje del plasma disminuirá a medida que la superficie de la pared de la boquilla se desgasta y pica, proporcionando conexiones anódicas a través de la concentración de carga. Con el tiempo, estas fuerzas atractivas conducirán desventajosamente el arco a la sección cónica, dando como resultado una disminución de voltaje indicativa del final de la vida útil de la boquilla.

Las realizaciones de la invención buscan prolongar la vida útil de la boquilla controlando la región de unión del arco de plasma mediante efectos térmicos dinámicos. Las realizaciones utilizan el comportamiento descrito anteriormente para manipular el arco de plasma controlando la temperatura de la pared de la boquilla. En particular, las realizaciones se basan en parte en el descubrimiento de que las superficies más calientes proporcionan ubicaciones propicias para la unión del arco de plasma, mientras que las superficies más frías tienden a ser menos atractivas para el arco de plasma.

Basado en el conocimiento obtenido de operar modelos computacionales de dinámica de fluidos (CFD) de pistolas de plasma, el inventor ha encontrado que para la mayoría de las pistolas de plasma las temperaturas promedio de la pared en la región de fijación del arco de plasma, es decir, la mitad delantera del orificio cónico y la mitad trasera del orificio cilíndrico, son relativamente uniformes, por ejemplo, alrededor de una diferencia de 50 °C o menos. Como las boquillas de plasma convencionales están construidas principalmente de cobre, que tiene una buena conductividad térmica, este hallazgo no fue sorprendente. Sin embargo, el inventor descubrió que, según las realizaciones de la invención, se pueden obtener ventajas mediante el enfriamiento de la boquilla de manera que se generen diferencias térmicas en la temperatura media a lo largo del orificio, es decir, desde la pared del orificio en la sección trasera del orificio cónico a la pared del orificio en la sección frontal del orificio cilíndrico, que son, por ejemplo, superiores a 50 °C, superiores a aproximadamente 75 °C, al menos aproximadamente 100 °C e incluso superiores a aproximadamente 200 °C, y/o dentro de un rango de entre 75 °C y 225 °C, y preferiblemente entre 100 °C y 200 °C.

En la figura 2 se representa una boquilla 2' construida de acuerdo con la implementación de la gestión térmica del inventor. Aunque la boquilla 2' es estructuralmente distinta de la boquilla 2, el uso de la boquilla 2' en lugar de la boquilla 2 en la pistola de plasma convencional no cambia las características operacionales de la pistola de plasma, excepto en la medida en que la vida de la boquilla aumenta con la boquilla 2' en comparación con la boquilla 2. En la realización ilustrada, la boquilla 2' está construida de tal manera que mantenga el orificio 5 cónico más frío en relación con el orificio 6 cilíndrico. De acuerdo con esta realización de ejemplo, el arco 7 de plasma, como en el diseño de boquilla convencional, se une preferiblemente en el extremo posterior del orificio 6 cilíndrico, por ejemplo, el extremo posterior de un tercio a la mitad del orificio, y permanece allí el mayor tiempo posible.

La boquilla 2' se construyó para reunir el material de cobre que rodea el orificio 5 cónico de modo que la alta masa térmica de cobre añadida rodee el orificio 5 cónico para extraer y conducir el calor lejos de la pared del orificio 5 cónico. Además, a medida que aumenta la cantidad de cobre que rodea el orificio 5 cónico, la superficie 11' periférica exterior que rodea el orificio 5 cónico puede estructurarse para ser coaxial con el orificio 6 cilíndrico de modo que el área de la sección transversal de la trayectoria de agua o canal alrededor del orificio 5 cónico sea correspondientemente reducida. Esta trayectoria o canal reducido da como resultado una velocidad incrementada del agua que fluye a través de la trayectoria o canales que rodean el orificio 5 cónico, logrando de este modo un enfriamiento óptimo de las paredes del orificio 5 cónico.

En el área del codo o punto en el que el orificio 5 cónico se encuentra con la sección 6 cilíndrica, la boquilla 2' se construye de modo que se produce un cambio adicional en la configuración del enfriamiento. En comparación con la boquilla 2 convencional, un área 14 con aletas 12' simplemente se extiende en la dirección longitudinal desde la porción de cobre aumentada (o desde el inicio del revestimiento de tungsteno) parte circundante del orificio 5 cónico hasta un punto, dependiendo de la dinámica térmica de la boquilla 2' y el arco de plasma, en, justo antes, o justo más allá del punto en el que se encuentran el orificio 5 cónico y el orificio 6 cilíndrico. Sin embargo, en lugar de extenderse radialmente desde la superficie periférica exterior del orificio 6 cilíndrico, como en la boquilla 2, el material de cobre también se acumula en el área 14 para formar una superficie 15 periférica que al menos se encuentra y preferiblemente excede la acumulación radial de la superficie 11' periférica. Como se ilustra adicionalmente en la figura 2, las aletas 12' pueden disponerse para extenderse radialmente desde la superficie 15 periférica de la acumulación de cobre, de modo que el agua guiada hacia el orificio 5 cónico que rodea el canal reducido se guíe entre, y preferiblemente se guíe hasta la periferia de la superficie 15 y luego entre las aletas 12'. Además, mientras que las aletas 12' pueden extenderse radialmente a la superficie del orificio en la pistola de plasma para recibir la boquilla 2', puede ser ventajoso construir las aletas 12' para que sean radialmente más cortas que las aletas 12 en la boquilla 2 de modo que, como el agua de enfriamiento que entra por la entrada 8 de agua aumenta su velocidad en los canales que rodean el orificio 5 cónico, el agua de enfriamiento puede fluir entre y sobre las aletas 12' y en una amplia ranura 16 de salida de agua en el área restante que rodea el orificio 6 cilíndrico.

Mientras que la velocidad del agua de enfriamiento disminuye a medida que el agua de enfriamiento entra en la geometría más grande de la amplia ranura 16 de salida de agua, esta área puede convertirse en algo así como una zona de agua estancada. Además, como el agua es realmente un buen aislante, la cantidad de cobre en la pared de la boquilla y/o alrededor del revestimiento de tungsteno debería ser suficiente para permitir que el calor se desplace lateralmente a través del cobre y lejos del punto de unión del arco 7 de plasma "instantáneo" para evitar la fusión del cobre y/o el tungsteno. Sin embargo, debido al efecto aislante del agua y a medida que el agua de enfriamiento se

estanca de algún modo sobre el orificio 6 cilíndrico, la reducción de calor en la superficie de la pared en el área de la unión del arco de plasma debido al agua de enfriamiento puede reducirse adicionalmente, si se desea, mediante una reducción adicional del espesor de la pared de la porción de la boquilla que incluye el orificio 6 cilíndrico, es decir, reduciendo la cantidad de cobre que rodea el orificio 6 cilíndrico. De esta forma, se puede aumentar la diferencia de temperatura entre la pared del orificio cónico y la pared del orificio cilíndrico. A modo de ejemplo no limitante, el espesor de pared reducido de la pared de cobre combinada y el revestimiento de tungsteno puede ser del orden de 2 - 3 mm, mientras que el grosor de pared para la pared de cobre solo es de al menos 3 mm. El único factor limitante es la posibilidad de que el agua hierva dependiendo de factores tales como la presión y temperatura del agua cuando entra en contacto con la superficie de la pared de cobre de la boquilla en la ranura 16 de salida de agua.

De acuerdo con las realizaciones, en funcionamiento, un diferencial de temperatura promedio entre la superficie de la pared del orificio 5 cónico y la superficie de la pared del orificio 6 cilíndrico puede ser mayor que 50° C, mayor que aproximadamente 75° C, al menos aproximadamente 100° C, e incluso superior a aproximadamente 200 °C, y el diferencial de temperatura promedio puede estar dentro de un rango de entre 75 °C y 225 °C, y preferiblemente entre 100 °C y 200 °C. En la realización de ejemplo de la figura 2, la boquilla 2' en funcionamiento puede alcanzar un diferencial de temperatura promedio entre la superficie de la pared del orificio 5 cónico y la superficie de la pared del orificio 6 cilíndrico de al menos aproximadamente 100 °C. Por lo tanto, la combinación de la mayor disipación de calor a través de la acumulación de cobre sobre el orificio 5 cónico y la velocidad incrementada del agua de enfriamiento a través de la geometría reducida de los canales de enfriamiento que rodean el orificio 5 cónico da como resultado un enfriamiento incrementado en el área del orificio 5 cónico. Como el agua de enfriamiento es guiada hacia la ranura ancha de salida de agua para actuar como aislante alrededor del orificio 6 cilíndrico, la disipación de calor intencionalmente no es proporcional al enfriamiento en el área del orificio 5 cónico, creando así la diferencia de temperatura deseada entre orificio 5 cónico y orificio 6 cilíndrico. Además, si el espesor de la pared de cobre que rodea el orificio 6 cilíndrico se reduce, la disipación de calor a través de la pared de cobre se reduce para aumentar la temperatura en el orificio 6 cilíndrico y aumentar la diferencia de temperatura.

Al operar una pistola de plasma con boquilla 2', se puede producir un aumento promedio del 50% en la vida útil del hardware en términos de disminución de voltaje en comparación con la misma pistola que usa la boquilla 2 convencional. También se ha encontrado que la inestabilidad de voltaje (pico a pico) esencialmente no se modificó. Este resultado se ilustra gráficamente en las Figs. 3 y 4, que muestran respectivamente, después de dos horas de funcionamiento, el voltaje del plasma a lo largo del tiempo para la boquilla 2 convencional y el voltaje del plasma a lo largo del tiempo para la boquilla 2'. La Fig. 3 muestra una desviación estándar de +/- 0.22 y la Fig. 4 muestra una desviación estándar de +/- 0.23. Una revisión de estos resultados gráficos para varios ejemplos revela que la desviación estándar permanece constante durante un período de tiempo más largo para la boquilla 2' en comparación con la boquilla 2.

Por lo tanto, es evidente que la boquilla 2' en una pistola de plasma convencional no afecta el comportamiento operativo general de la pistola de plasma, pero extiende la cantidad de tiempo que el arco de plasma permanecerá dentro del orificio cilíndrico, aumentando así la vida útil de la boquilla.

En otra realización, una boquilla 2", como se ilustra en la figura 5, está estructurada para maximizar la diferencia de estado térmico entre el orificio 5 cónico y el orificio 6 cilíndrico. Mientras que la boquilla 2" es estructuralmente distinta de la boquilla 2, el uso de la boquilla 2" en lugar de la boquilla 2 en la pistola de plasma convencional no cambia las características operativas de la pistola de plasma, excepto en que la vida de la boquilla aumenta con la boquilla 2" en comparación con la boquilla 2. La boquilla 2" incluye una acumulación de material 20 de cobre para que la masa térmica alta de cobre rodee el orificio 5 cónico para extraer y conducir el calor lejos de la pared del orificio 5 cónico. En particular, se proporciona la acumulación de cobre para rodear radialmente el orificio 5 cónico hasta tal punto que las superficies 22 y 23 periféricas externas, y preferiblemente cilíndricas en general corresponden con la geometría del orificio de la pistola en el que se debe recibir la boquilla 2". Además, los canales 24 de enfriamiento están formados por la cantidad acumulada de cobre que rodea el orificio 5 cónico para comunicarse con uno o más canales 25 de enfriamiento radial. Los canales 24 de enfriamiento están orientados diagonalmente para extenderse desde la entrada 8 de agua a una posición justamente radial por encima del revestimiento de tungsteno en el punto en el que el orificio 5 cónico se encuentra con el orificio 6 cilíndrico.

La boquilla 2" adicional incluye una pared 26 circular que se extiende radialmente desde la superficie 13 periférica exterior del orificio 6 cilíndrico a una sección 27 cilíndrica, que está estructurada para definir un canal 28 de enfriamiento entre una superficie radial exterior de la sección 27 cilíndrica y el orificio de la pistola de plasma. Además, la pared 26 circular define parcialmente uno o más canales 25 de enfriamiento radiales, que están dispuestos para comunicarse y extenderse radialmente hacia fuera desde el extremo de los canales 24 de enfriamiento situados justamente radiales por encima del revestimiento de tungsteno en el punto en el que el orificio 5 cónico se encuentra con el orificio 6 cilíndrico.

El canal 24 de enfriamiento puede dimensionarse de manera que aumente la velocidad del agua de enfriamiento en el puerto de entrada de agua (no mostrado en la figura 5), que está convencionalmente dentro de un rango de menos de 1 - 2 m/seg., a dentro de un rango de aproximadamente 10 - 15 m/seg. Además, los canales 25 radiales se pueden dimensionar para que sean algo más grandes que los canales 24 de enfriamiento para comenzar a

reducir la velocidad del agua de enfriamiento a medida que el agua es guiada a través del canal 28 de enfriamiento y sobre la superficie 27 del cilindro. El agua de enfriamiento guiada sobre el cilindro 27 se recoge en una amplia ranura 16 de salida de agua, que puede entenderse como una zona de agua estancada que rodea la pared 13 periférica del orificio 6 cilíndrico. Además, debido a una mayor caída de presión para las altas velocidades de agua de enfriamiento conseguidas, puede ser ventajoso insertar al menos un elemento de sellado, por ejemplo, una Junta tórica, en la superficie 23 periférica del cobre acumulado para evitar que el agua de enfriamiento sobrepase los canales 24 de enfriamiento.

La velocidad incrementada del agua de enfriamiento a través de los canales 24 y 25 de enfriamiento en combinación con la acumulación de cobre, aumenta el efecto refrigerante en el orificio 5 cónico, mientras que el efecto aislante del agua recogida en la zona de agua estancada de la amplia ranura 16 de salida de agua no logra el mismo efecto de enfriamiento, de modo que se logran los efectos beneficiosos de la diferencia de temperatura deseada entre el orificio 5 cónico y el orificio 6 cilíndrico.

En una realización adicional ilustrada en la figura 6, la boquilla 2''' es generalmente similar a la boquilla convencional, excepto que se ha añadido una camisa de agua continua para aumentar la velocidad del agua de enfriamiento en la región que rodea el orificio 5 cónico. Además, aunque la boquilla 2''' es estructuralmente distinta de la boquilla 2, el uso de la boquilla 2''' en lugar de la boquilla 2 en la pistola de plasma convencional no cambia las características de funcionamiento de la pistola de plasma, excepto en la medida en que la vida de la boquilla se incrementa con la boquilla 2''' en comparación con la boquilla 2.

Al igual que con la boquilla 2, la boquilla 2''' tiene una pluralidad de aletas 12'' que se extienden radialmente. Las aletas 12'' también se extienden en una dirección longitudinal de la boquilla 2 para rodear un punto en el cual se encuentran el orificio 5 cónico y el orificio 6 cilíndrico, así como porciones del orificio 5 cónico y la porción 6 cilíndrica, de modo que la región de fijación del arco esté rodeada por aletas 12''. Cuando se proporciona un revestimiento de tungsteno, las aletas 12 pueden disponerse para extenderse desde el inicio del revestimiento formando una porción de la pared en el orificio 5 cónico hasta un extremo de la región de fijación de arco predeterminada que rodea el orificio 6 cilíndrico. Sin embargo, a diferencia de las aletas 12 de la boquilla 2, una sección longitudinalmente trasera y radialmente exterior, por ejemplo, una sección rectangular, se elimina de las aletas 12''. Una camisa 30 de agua continua, por ejemplo, de cobre, latón, acero, otro metal o cerámica adecuada, puede disponerse en la sección eliminada de las aletas 12'' para rodear al menos el punto en el que se encuentran el orificio 5 cónico y el orificio 6 cilíndrico y en al menos una porción de orificio 5 cónico. Cuando se proporciona un revestimiento de tungsteno, la camisa 30 de agua puede disponerse para extenderse desde un inicio del revestimiento formando una porción de la pared en el orificio 5 cónico hasta un punto longitudinalmente más allá del punto donde el orificio 5 cónico se encuentra con el orificio 6 cilíndrico.

De acuerdo con esta estructura, los canales generalmente en forma de V entre las aletas 12'' se reducen en la dirección radial para formar una geometría reducida, generalmente canales 31 de enfriamiento de agua en forma de V debajo de la camisa 30 de agua. Como resultado, los canales 31 de enfriamiento pueden dimensionarse para aumentar la velocidad del agua de enfriamiento en la entrada 8 de agua, que está convencionalmente dentro de un rango de menos de 1 - 2 m/seg., dentro de un rango de aproximadamente 5 m/seg. Además, cuando los canales 31 de enfriamiento se abren radialmente después de que el agua de enfriamiento pasa por la camisa 30 de agua, la velocidad del agua de enfriamiento se reduce y luego se reduce además cuando el agua de enfriamiento es guiada en la amplia ranura 16' de salida de agua que rodea la porción del orificio 6 cilíndrico aguas abajo de la región de fijación del arco de plasma. Además, puede ser ventajoso insertar al menos un elemento de sellado, por ejemplo, una junta tórica, en una superficie periférica exterior de la camisa 30 de agua para evitar que el agua de enfriamiento sobrepase los canales 31 de enfriamiento.

Por lo tanto, de acuerdo con esta realización, la boquilla 2''' concentra el flujo de agua en una sección trasera de la boquilla para aumentar el enfriamiento en la región que rodea el orificio 5 cónico con relación a la sección frontal que rodea el orificio 6 cilíndrico.

Además, al operar una pistola de plasma típica con boquilla 2''', se produjo un resultado casi idéntico de la vida útil aumentada en términos de disminución de voltaje en comparación con la misma pistola que usa la boquilla 2'.

En las realizaciones divulgadas, la composición del revestimiento de tungsteno puede incluir cualquier material de tungsteno dopado que incluye, pero no se limita a, toriado, lantanado, cementado, etc. Otras composiciones de material de revestimiento pueden incluir aleaciones altas de tungsteno tales como CMW 3970, molibdeno, plata e iridio. Tanto el molibdeno como el CMW 3970 se han usado con cierto éxito, mientras que la plata y el iridio, que actualmente son un tanto prohibitivos en cuanto al coste, también se pueden considerar materiales adecuados para realizaciones de la invención.

Como en el pasado se sabía que los materiales de revestimiento de tungsteno se agrietaban o se fracturaban (y, por lo tanto, reducían la vida útil del hardware), otros materiales pueden ofrecer alguna mejora en este aspecto. Dichos materiales deberían tener preferiblemente las siguientes propiedades. Deben ser más dúctiles y resistentes a las fracturas que el tungsteno, especialmente bajo altas cargas térmicas y gradientes de alta temperatura. También

deberían tener un alto punto de fusión similar o cercano al del tungsteno. Y cuando son más bajos, deben tener una conductividad térmica lo suficientemente alta como para compensar tener un punto de fusión más bajo que el del tungsteno. Los materiales potenciales incluyen metales puros tales como plata, iridio y molibdeno ya que tienen muchas de las propiedades deseadas indicadas anteriormente. Aunque, como se señaló anteriormente, la plata y el iridio son actualmente demasiado caros para el uso práctico, el molibdeno es asequible. Otras opciones incluyen aleaciones de tungsteno con pequeñas cantidades de hierro o níquel ya que tienen propiedades aceptables.

Preferiblemente, tales materiales incluyen al menos 90% del metal primario, es decir, tungsteno en el caso de una aleación de tungsteno. Para seleccionar el material, se puede graficar la temperatura diferencial frente a la conductividad térmica y determinar cuál es probable que soporte el contacto directo con el arco de plasma. Esta temperatura diferencial es preferiblemente la diferencia entre el punto de fusión y la temperatura media del plasma (aproximadamente 9000 K) y al menos un inverso de la temperatura de fusión. Cuando esto se realiza con los materiales discutidos anteriormente, es decir, molibdeno, iridio, tungsteno, cobre y plata se acercan más a tener muchas de las propiedades deseadas incluso cuando poseen diferencias significativas con respecto a la ductilidad, siendo susceptibles al choque térmico y al agrietamiento. Los materiales preferidos incluyen tungsteno y molibdeno y sus aleaciones tales como tungsteno que contiene aproximadamente 2,1% de níquel y aproximadamente 0,9% de hierro. Otras aleaciones de tungsteno incluyen aquellas con mayores cantidades de níquel y cobre, pero con menores puntos de fusión y conductividad térmica, pero una mayor ductilidad así como aquellas con menores cantidades de níquel y cobre, pero con puntos de fusión y conductividad térmica más altos, pero con menor ductilidad. Otros materiales que se pueden alear con tungsteno incluyen osmio, rodio, cobalto y cromo. Estos metales poseen un punto de fusión suficientemente alto y una alta conductividad térmica, de modo que pueden alearse con tungsteno y utilizarse en un material de revestimiento de boquilla. Los inventores han probado y utilizado el molibdeno de calidad comercial y una aleación de tungsteno con un 2,1% de níquel y un 0,9% de hierro en revestimientos de boquillas, y se han comparado con una boquilla de solo cobre.

Se entiende que, aunque las diferentes pistolas de pulverización de plasma convencionales pueden utilizar boquillas que tienen dimensiones diferentes de las descritas en la divulgación pendiente, se entiende que, sin apartarse del alcance de las realizaciones descritas para crear o generar la diferencia de temperatura superficial deseada entre el orificio cónico en una sección trasera de la boquilla y el orificio cilíndrico en una sección frontal de la boquilla de la invención, las dimensiones de las boquillas pueden cambiarse o modificarse a partir aquellas identificadas en la divulgación anterior.

Por otra parte, además de las realizaciones anteriores, que describen estructuras y disposiciones de boquilla particulares para crear o generar un diferencial de temperatura superficial entre el orificio cónico en una sección trasera de la boquilla y el orificio cilíndrico en una sección frontal de la boquilla, se contempla que este diferencial de temperatura superficial puede crearse o generarse de otras maneras sin apartarse del alcance de las realizaciones de la invención. A modo de ejemplo no limitativo, una realización de una boquilla puede usar materiales alternativos o capas que sirvan como barreras térmicas. A este respecto, las barreras térmicas pueden disponerse para controlar la conductividad térmica, de modo que la sección trasera tenga una conductividad térmica inferior a la sección frontal. En otras realizaciones, se reduce el espesor del revestimiento de tungsteno en la sección trasera y haciendo que la pared de la sección trasera sea más delgada para permitir una mayor transferencia de calor al cobre.

Se entiende además que, para cada una de las realizaciones descritas, se puede obtener una mejora adicional reduciendo la temperatura de la pared de la boquilla cerca de la salida de la boquilla, que limitaría correspondientemente el movimiento del arco, específicamente para condiciones de alto flujo de gas donde el arco de plasma tiende a viajar más aguas abajo en el orificio y podría unirse al frente de la boquilla.

Se observa que los ejemplos anteriores se han proporcionado meramente con el propósito de explicación y de ningún modo deben interpretarse como limitativos de la presente invención. Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a una realización de ejemplo, se entiende que las palabras que se han usado en la presente son palabras de descripción e ilustración, en lugar de palabras de limitación. Se pueden realizar cambios, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, tal como se establecen y se modifican en este momento, sin apartarse del alcance de la presente invención en sus aspectos. Aunque la presente invención se ha descrito en la presente memoria con referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, la presente invención no pretende limitarse a los detalles divulgados en la presente; más bien, la presente invención se extiende a todas las estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes, tales como los que están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una boquilla para una pistola de pulverización térmica que comprende:

5 un orificio central que comprende un orificio (5) cónico y un orificio (6) cilíndrico;
estando el orificio (5) cónico delimitado por una superficie de pared cónica en una sección del orificio cónico;
estando el orificio (6) cilíndrico delimitado por una superficie de pared cilíndrica en una sección del orificio cilíndrico;
y
10 canales de agua de enfriamiento que rodean al menos una parte de la sección del orificio cónico y al menos una
parte de la sección del orificio cilíndrico;

caracterizado porque una pluralidad de aletas (12, 12', 12'') que se extienden radialmente rodean al menos parte de
la sección del orificio cónico y la sección del orificio cilíndrico, estando dispuestas las aletas (12, 12', 12'') para
15 formar dichos canales de enfriamiento de agua; y un área de sección transversal de los canales de agua de
enfriamiento alrededor del orificio (5) cónico es menor que el área de la sección transversal de los canales de agua
de enfriamiento alrededor del orificio (6) cilíndrico, de manera que el calor se elimina más rápidamente de la pared
cónica que de la pared cilíndrica.

20 2. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde la sección del orificio cónico y la sección del orificio cilíndrico
contienen cobre.

3. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde al menos parte de la superficie de la pared cónica y la
superficie de la pared cilíndrica están formadas de uno de tungsteno, molibdeno, plata o iridio.

25 4. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde el grosor radial de la sección del orificio cónico es mayor
que el de la sección del orificio cilíndrico.

5. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde las bases de los canales de agua de enfriamiento están
radialmente fuera de una superficie de pared exterior de la sección del orificio cilíndrico.

30 6. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las bases de los canales de agua de enfriamiento están
radialmente fuera de una superficie de pared exterior de la sección del orificio cónico.

35 7. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al menos una parte de una superficie (11') de pared
exterior de la sección del orificio cónico y al menos una parte de la superficie de la pared exterior de la sección del
orificio cilíndrico son paralelas entre sí.

40 8. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde al menos una sección común de cada aleta (12', 12'') que
rodea al menos la sección del orificio cónico es eliminada, y la boquilla comprende además una camisa (30) de agua
continua dispuesta en la sección común eliminada para formar canales (31) de agua cerrados sobre al menos la
sección del orificio cónico.

45 9. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 8, donde la camisa (30) de agua continua comprende al menos uno
de cobre, latón, acero o cerámica.

10. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde la sección del orificio cónico está estructurada y dispuesta
de modo que el agua de enfriamiento pasa a través de la sección del orificio cónico a una velocidad mayor que la
que pasa el agua de enfriamiento a través de la sección del orificio cilíndrico.

50 11. La boquilla de acuerdo con la reivindicación 1, donde la sección del orificio cilíndrico está estructurada y
dispuesta de manera que el agua de enfriamiento que pasa a través de la sección del orificio cilíndrico está
estancada en relación con el agua de enfriamiento que pasa a través de la sección del orificio cónico.

55 12. Una pistola de pulverización térmica, que comprende una boquilla (2', 2'', 2''') de acuerdo con una cualquiera de
las reivindicaciones 1 a 11.

60 13. Una pistola de pulverización térmica de acuerdo con la reivindicación 12, que tiene un orificio cónico y un orificio
cilíndrico, en el que la boquilla está estructurada de manera que la temperatura superficial media del orificio cónico
está al menos aproximadamente 100° C más fría que una temperatura superficial media del orificio cilíndrico .

14. Un método para enfriar una boquilla (2', 2'', 2''') de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 en
una pistola de pulverización térmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13.

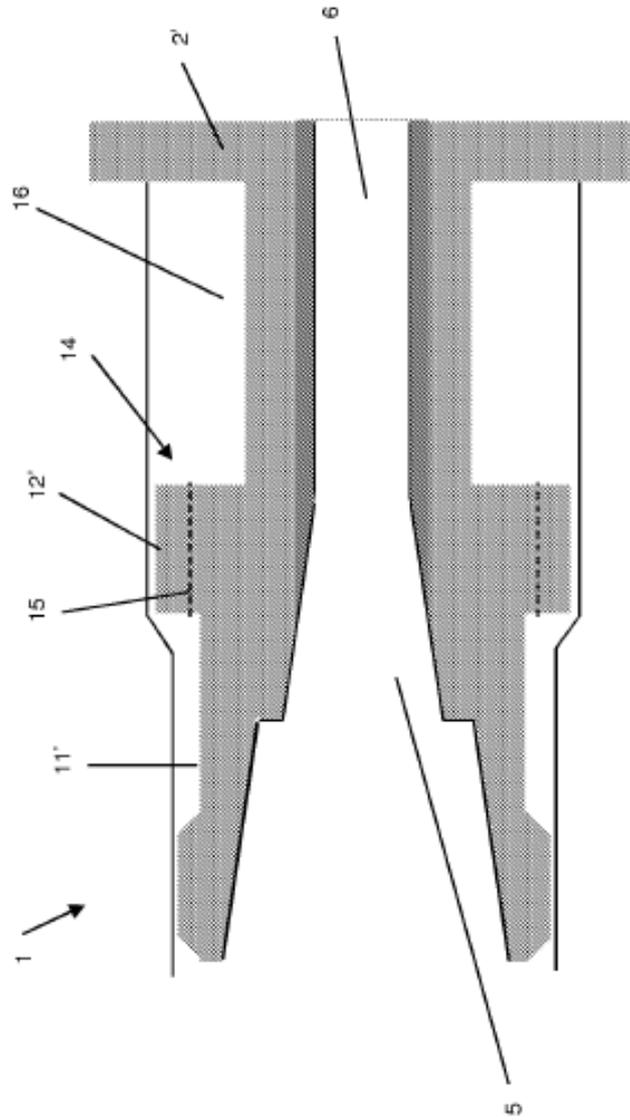


Fig. 2

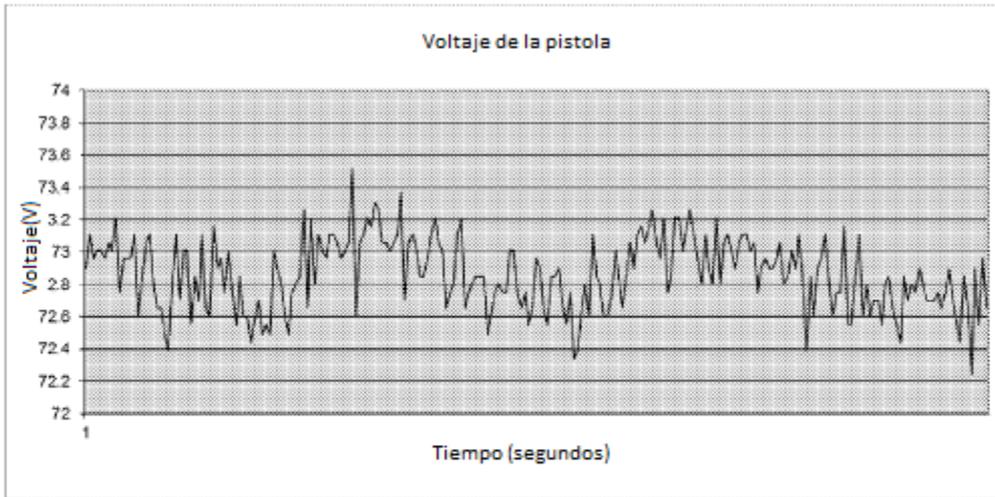


Fig. 3

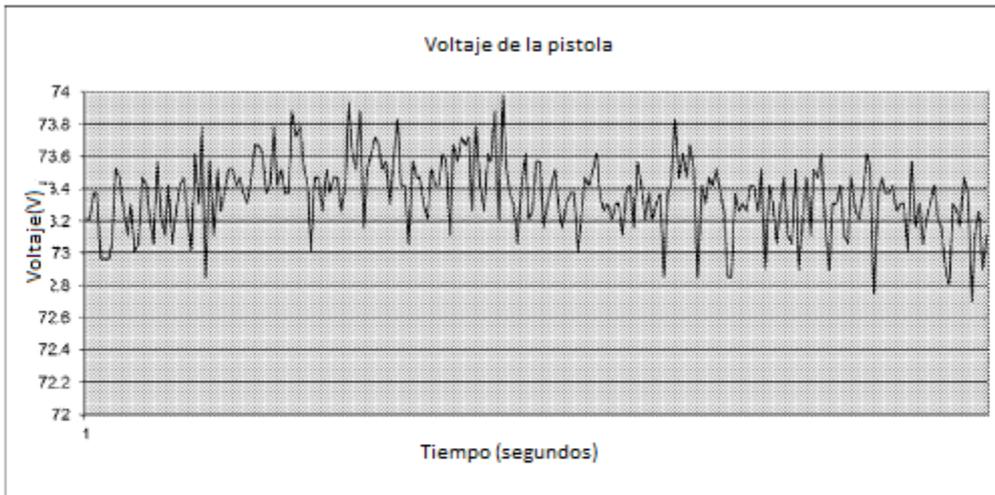


Fig. 4

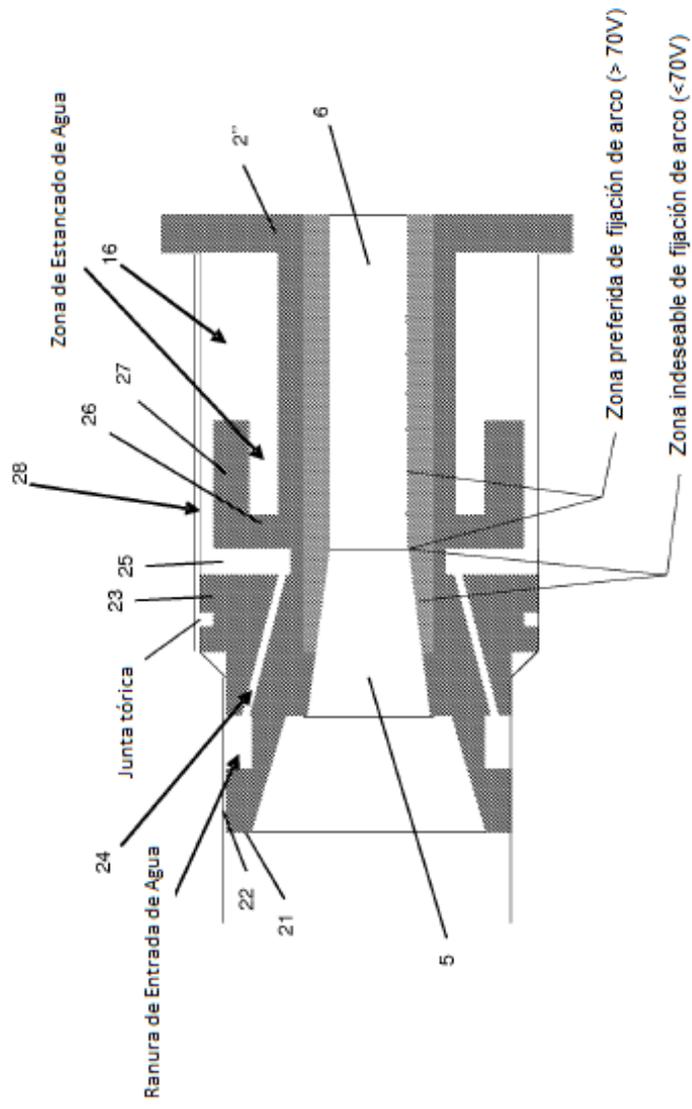


Fig. 5

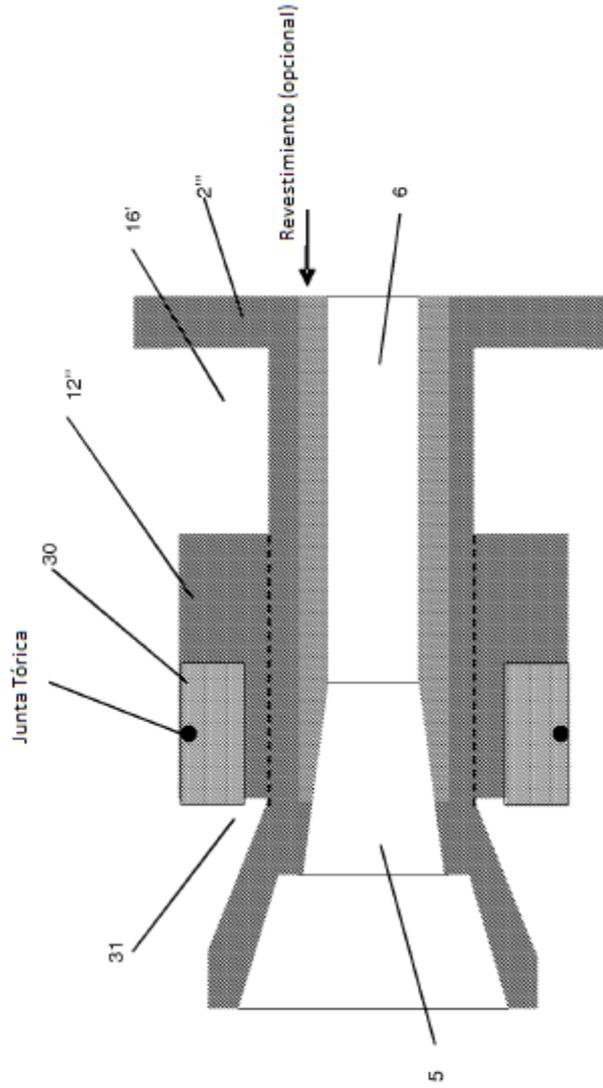


Fig. 6