

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 601**

51 Int. Cl.:

B23K 9/167 (2006.01)

B23K 9/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2010** E 10001044 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018** EP 2213402

54 Título: **Soplete para la soldadura de gas inerte de tungsteno, unidad de electrodo y procedimiento para el funcionamiento del soplete**

30 Prioridad:

03.02.2009 DE 102009008250

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

21.09.2018

73 Titular/es:

**KJELLBERG FINSTERWALDE PLASMA UND
MASCHINEN GMBH (100.0%)
Oscar-Kjellberg-Strasse 20
03238 Finsterwalde, DE**

72 Inventor/es:

**SCHUSTER, HENNING;
SCHNICK, MICHAEL;
ZSCHETZSCHE, JÖRG, DR.-ING. y
FUENTES MUNOZ, JULIO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 682 601 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

Soplete para la soldadura de gas inerte de tungsteno, unidad de electrodo y procedimiento para el funcionamiento del soplete

5 La invención se refiere a un soplete para la soldadura de gas inerte de tungsteno y a un procedimiento para el funcionamiento del soplete. El soplete está diseñado preferentemente para que pueda hacerse funcionar con alta intensidad de corriente eléctrica.

10 En los sopletes soldadores de gas inerte de tungsteno ampliamente extendidos, un arco voltaico arde entre un electrodo de tungsteno que no se consume y una pieza de trabajo. El electrodo está habitualmente conectado principalmente como cátodo. Dado que la emisión de electrones como portadores de carga libres se consigue esencialmente mediante altas temperaturas, es deseable conseguir altas densidades de potencia en el electrodo. Esto puede conseguirse mediante una forma cónica en forma de cono. Además es deseable que el punto de partida del arco voltaico se encuentre tan próximo como sea posible en la dirección de la pieza de trabajo, lo que se favorece por la forma cónica de la punta de electrodo.

15 Para las altas temperaturas que se producen en el electrodo es necesaria una refrigeración para impedir o al menos limitar su desgaste.

Habitualmente también el gas inerte se conduce a través del soplete en la dirección a la pieza de trabajo. Para ello está presente una boquilla de gas inerte que puede estar formada como boquilla anular. De esta manera el gas inerte puede formarse como velo cerrado alrededor del arco voltaico. La boquilla de gas inerte rodea a este respecto el electrodo que está dispuesto en su centro.

20 Entre otros, también por el documento US 5.892.199 se conoce fijar un electrodo de tungsteno en un soporte de un metal con buena conductividad térmica en un soplete, de modo que el calor pueda transportarse a través del soporte hacia el refrigerante. El soporte con el electrodo de tungsteno se fijará a este respecto en el soplete con una unión roscada para permitir un intercambio. A este respecto pueden producirse fallos de colocación en la fijación de modo que pueden producirse fallos en el saliente deseado de la punta de electrodo del soplete. También mediante una fijación indefinida del electrodo de tungsteno en el soporte pueden aparecer diferentes salientes del electrodo de tungsteno del soporte, de modo que no se da por completo la reproducibilidad.

25 En el caso del soplete conocido por el estado de la técnica, también el sistema refrigerante presenta déficits. El refrigerante se conduce a través de una cavidad en forma de revestimiento. A este respecto puede conseguirse un transporte de calor solo insuficiente desde el electrodo de tungsteno a través del soporte y un elemento tubular adicional, al que está fijado el soporte con el electrodo de tungsteno. También las relaciones de flujo del refrigerante dentro del soplete presentan déficits. Se refrigera esencialmente con flujo laminar.

30 En el documento EP 2 008 750 A1 se describe un soplete de soldadura de gas inerte de tungsteno en el que un electrodo está fijado al soplete en una fijación y a través de líquido guiado en una cavidad puede conseguirse una refrigeración.

35 Realizaciones similares de sopletes de este tipo son conocidas también por el documento US 3.076.085 B1 y el documento US 3.676.639 B1.

40 Por lo tanto, el objetivo de la invención es proporcionar un soplete para la soldadura de gas inerte de tungsteno que puede emplearse a altas intensidades de corriente eléctrica con desgaste reducido y en el que se emplean unidades de electrodo que presentan en cada caso parámetros constantes y que pueden fijarse de manera definida a una carcasa de soplete.

De acuerdo con la invención, este objetivo puede conseguirse con un soplete que presenta las características de la reivindicación 1. Este puede hacerse funcionar con un procedimiento según la reivindicación 4.

Configuraciones y perfeccionamientos ventajosos de la invención pueden conseguirse con características definidas en las reivindicaciones dependientes.

45 Un soplete de acuerdo con la invención para la soldadura de gas inerte de tungsteno presenta una carcasa en la que está sostenida una unidad de electrodo por medio de un soporte de electrodo. La unidad de electrodo a este respecto está rodeada por una boquilla de gas inerte a través de la que el gas inerte, de manera en sí conocida, circula hacia la dirección a la pieza de trabajo, alrededor del arco voltaico formado.

50 Está presente también un equipo de refrigeración dentro de la carcasa, a través del cual puede conducirse medio refrigerante líquido, preferentemente agua, hacia el interior de la carcasa y de nuevo hacia el exterior de la carcasa.

La unidad de electrodo está formada con al menos dos partes, preferentemente en dos piezas, en la que un electrodo de tungsteno o de una aleación de tungsteno que se estrecha cónicamente en la dirección de una pieza de trabajo está fijado con arrastre de fuerza y/o con arrastre de materia en un elemento de vástago de un metal con una conductividad térmica superior a 270 W/mK. La unidad de electrodo está sostenida con el soporte de electrodo en un

alojamiento en el soporte de electrodo exclusivamente por medio de un ajuste apretado y/o con arrastre de materia. Para una colocación definida en el soplete, en el elemento de vástago está formada una pieza añadida en forma de brida, que forma un tope durante la sujeción. Esto puede conseguirse también solamente o además con una superficie frontal del elemento de vástago. Esta superficie frontal puede formar un tope o puede estar formado un tope sobre la misma. Durante la inserción puede conseguirse de este modo una delimitación del recorrido, de modo que un electrodo insertado en el soplete está colocado de manera exacta. La superficie frontal usada para ello apunta a este respecto en el interior del soplete en la dirección a la abertura de salida de un tubo de refrigerante o una cavidad.

El soplete de acuerdo con la invención para la soldadura de gas inerte de tungsteno puede hacerse funcionar con intensidades de corriente eléctrica que ascienden al menos a 250 A. En cambio son también posibles intensidades de corriente eléctrica mucho mayores hasta en el intervalo de alrededor de aproximadamente 1.000 A.

Tal como ya se expresa, está presente una unidad de electrodo en un soplete de acuerdo con la invención, en la que el electrodo respectivo está sostenido de manera fija en un elemento de vástago. En particular cuando el electrodo está sostenido en el elemento de vástago mediante un ajuste apretado, es decir, con arrastre de fuerza, es ventajoso formar en el elemento de vástago en paralelo a su eje longitudinal un taladro, mediante lo cual puede mejorarse claramente el sostén del electrodo en estos casos en el elemento de vástago.

A las altas temperaturas que aparecen durante el funcionamiento de un soplete de acuerdo con la invención tiene también una mayor importancia la refrigeración respectiva para poder evitar daños o desgaste en la unidad de electrodo y en particular el electrodo. Para ello está formada en el soporte de electrodo una cavidad, en la que puede transportarse refrigerante líquido a través de un tubo de refrigerante hacia el interior y de nuevo hacia fuera de esta cavidad. La abertura de salida del tubo de refrigerante apuntará a este respecto en la dirección de la unidad de electrodo sostenida en el soporte de electrodo. Esta estará dispuesta a una distancia H con respecto a la base de esta cavidad o una superficie frontal del elemento de vástago que apunta en la dirección a la abertura de salida. En el caso mencionado en último lugar, esta superficie frontal forma la base o una parte de la base de una cavidad, y el refrigerante líquido puede aparecer después de la salida de la abertura de salida del tubo de refrigerante directamente sobre esta superficie frontal del elemento de vástago. Para ello el soporte de electrodo está formado de manera correspondiente, de modo que la unidad de electrodo puede insertarse y fijarse con el elemento de vástago en el soporte de electrodo de modo que con el elemento de vástago puede conseguirse un cierre estanco a los líquidos de la cavidad dentro del soporte de electrodo.

Además, puede ser ventajoso formar el elemento de vástago de modo que se estrecha cónicamente en la dirección de la abertura de salida del tubo de refrigerante. A este respecto puede estar formado en forma de un tronco cónico. Es posible también una formación en forma de cono, pudiendo formar en este caso entonces también un cono la superficie frontal contra la que fluye el refrigerante líquido.

Para la refrigeración suficiente se tendrán en cuenta determinados parámetros geométricos y reotécnicos. Datos concretos para ello se indicarán a continuación en la descripción de ejemplos de realización. De este modo, desempeña un papel la relación de la distancia de la abertura de salida del tubo de refrigerante con respecto a la base de la cavidad o la superficie frontal del elemento de vástago con respecto al diámetro interior del tubo de refrigerante. Un parámetro adicional a tener en cuenta puede ser la relación del diámetro de la cavidad en la zona entre la abertura de salida del tubo de refrigerante y la base de la cavidad o la superficie frontal del elemento de vástago, que puede exponerse directamente a un flujo en contra con refrigerante, y el diámetro interior del tubo de refrigerante.

Además de estos parámetros de dimensionado puede tenerse en cuenta también una influencia del flujo volumétrico con el que puede conducirse refrigerante líquido a través del tubo de refrigerante en la cavidad. A este respecto aparecerá un flujo altamente turbulento dentro de la cavidad, cuyo número de Reynolds es mayor que el doble del número de Reynolds crítico. De esta manera, con el refrigerante líquido, que presentará preferentemente una temperatura de salida en la zona entre 30 y 40 °C, puede disiparse una cantidad de calor suficiente y conseguirse una refrigeración correspondiente de la unidad de electrodo y en particular del electrodo.

A este respecto, puede trabajarse con flujos volumétricos para el refrigerante líquido en el intervalo de 1,5 a 12 l/min. El flujo volumétrico de refrigerante necesario puede depender a este respecto también de los parámetros eléctricos, en particular de la intensidad de corriente eléctrica, con la que se hace funcionar el soplete de acuerdo con la invención. De este modo, a mayores intensidades de corriente eléctrica pueden entrar también mayores flujos volumétricos de refrigerante en la cavidad de un soporte de electrodo y transportarse de nuevo de manera correspondiente a partir del mismo.

Con la invención puede ejercerse una influencia ventajosa sobre la zona del electrodo, a partir de la que se emiten los electrones. Esta zona puede desplazarse considerablemente en la dirección de la punta del electrodo, que apunta en la dirección de la pieza de trabajo. A este respecto tienen un efecto favorable conjunto la forma cónica del electrodo y la refrigeración efectiva. Mediante la forma cónica se aumenta allí la densidad de corriente eléctrica y mediante la refrigeración puede reducirse la temperatura partiendo de la superficie frontal del electrodo que apunta en la dirección del interior del soplete, de modo que la temperatura necesaria para la emisión de los electrones solo

puede alcanzarse en la zona de la punta del electrodo.

A continuación se explicará en detalle la invención por medio de ejemplos de realización.

A este respecto muestran:

- la Figura 1 en una representación en corte un primer ejemplo de un soplete de acuerdo con la invención;
- 5 la Figura 2 un segundo ejemplo de un soplete de acuerdo con la invención en una representación en corte;
- la Figura 3 un ejemplo de una unidad de electrodo;
- la Figura 4 otro ejemplo de una unidad de electrodo que puede insertarse en un soplete de acuerdo con la invención;
- la Figura 5 dos ejemplos de formas de realización de puntas de electrodo;
- 10 la Figura 6 un corte parcial a través de un ejemplo de una unidad de electrodo, que puede insertarse en un soplete de acuerdo con la invención;
- la Figura 7 en forma esquemática, relaciones geométricas en la zona de una cavidad en un soporte de electrodo con un tubo de refrigerante;
- la Figura 8 un diagrama que describe las relaciones del número de Nusselt en función del número de Reynolds a diferentes diámetros interiores de tubo de refrigerante y distancias de la abertura de salida con respecto a una base de la cavidad, que está presente en el soporte de electrodo; y
- 15 la Figura 9 un diagrama con el que se describe la dependencia del número de Reynolds a diferentes diámetros interiores de tubo de refrigerante y diferentes flujos volumétricos de refrigerante.

20 Con las Figuras 1 y 2 se muestran dos ejemplos de un soplete de acuerdo con la invención para la soldadura de gas inerte de tungsteno en una representación en corte.

A este respecto está presente en cada caso en una carcasa 3 una boquilla de gas inerte 7 que está sujeta por medio de una unión roscada a la carcasa 3.

25 Dentro de la carcasa 3 está presente un soporte de electrodo alargado 4, en el que está sujeta una unidad de electrodo 2, que está formada con un electrodo 2.2 y un elemento de vástago 2.1. En los dos ejemplos mostrados, la sujeción de la unidad de electrodo 2 en el soporte de electrodo 4 tuvo lugar por medio de un ajuste apretado.

A través del soporte de electrodo 4 está guiado un tubo de refrigerante 6, cuya abertura de salida apunta en la dirección a la unidad de electrodo 2.

30 Como refrigerante puede fluir agua a través de la tubuladura de entrada 8 a través del tubo de refrigerante 6 hacia el interior del soporte de electrodo 4, estando formada una cavidad 5 entre la abertura de salida del tubo de refrigerante 6 y el elemento de electrodo 2.

El ejemplo mostrado en la Figura 1 se diferencia del ejemplo según la Figura 2 en que el refrigerante líquido procedente de la abertura de salida del tubo de refrigerante 6 puede incidir directamente sobre la superficie frontal 2.3 del elemento de vástago 2.1 y así puede conseguirse una refrigeración directa.

35 En el ejemplo mostrado en la Figura 2, la unidad de electrodo 2 está sostenida en el soporte de electrodo 4 dentro de un alojamiento por medio de ajuste apretado, y el refrigerante líquido que sale de la abertura de salida del tubo de refrigerante 6 incide sobre una base de una cavidad formada en el soporte de electrodo 4. El refrigerante líquido puede salir a través de una tubuladura de salida de refrigerante 9 de nuevo del soplete y evacuarse. Por medio de un intercambiador de calor, puede enfriarse el refrigerante líquido calentado de nuevo hasta una temperatura de alimentación entre 35 °C y 40 °C y alimentarse a través de la tubuladura de entrada de refrigerante 8 a través del tubo de refrigerante 6 de nuevo para la refrigeración.

40

En los dos ejemplos y en particular en relación con las Figuras 3, 4 y 6 queda claro que en el elemento de vástago 2.1 está formada una pieza añadida 2.4, con la que puede garantizarse que puede conseguirse una fijación y colocación definidas de una unidad de electrodo 2 respectiva en el soplete y en el soporte de electrodo 4. Esto puede conseguirse también en forma no representada mediante la forma y dimensionado adecuados del elemento de vástago 2.1 y del soporte de electrodo 4, de modo que la unidad de electrodo 2 puede insertarse de manera definida en el soplete y la punta que apunta hacia fuera del electrodo 2.2 sobresale del soplete con una longitud definida predeterminada. Esto es posible de nuevo también en el caso de un intercambio de un electrodo desgastado 2.2.

45

Entonces, si un electrodo 2.2 o una unidad de electrodo completa 2 está desgastado o dañado, el ajuste apretado de la unidad de electrodo 2 con el elemento de vástago 2.1 puede separarse de nuevo del soporte de electrodo 4 y

50

sustituirse por una nueva unidad de electrodo 2. También en este caso puede conseguirse de nuevo sin más una fijación posicionada de la unidad de electrodo 2 por medio de ajuste apretado. Con la Figuras 3 - 5 se ilustrarán posibilidades del dimensionado y formación geométrica de unidades de electrodo 2 así como puntas de electrodos 2.2.

5 A este respecto, en la Figura 3 está representada una unidad de electrodo 2 con electrodo relativamente corto 2.2 en relación con la unidad de electrodo 2 mostrada en la Figura 4.

Los dos electrodos 2.2 tienen a este respecto una longitud d y sobresalen del elemento de vástago 2.1 con una longitud c como saliente.

10 En los ejemplos mostrados en las Figuras 3 y 4 de unidades de electrodo 2, en el elemento de vástago 2.1 están formados taladros 2.5 en el eje longitudinal de la unidad de electrodo 2 y en consecuencia también el eje longitudinal del elemento de vástago 2.1. Esto queda claro en las Figuras 3 y 4 en particular mediante la representación en corte por debajo del eje longitudinal, que está indicado con la línea de puntos y trazos.

15 Con la Figura 5 se aclarará que las puntas de electrodos 2.2 pueden estar formadas en forma de un tronco cónico cortado, pero también en forma redondeada. Un ángulo de cono preferido para una punta de un electrodo 2.2 es 30° . Pueden seleccionarse también ángulos de cono mayores o menores.

20 En la Figura 6 se muestra un ejemplo adicional de una unidad de electrodo 2 que puede insertarse en un soplete de acuerdo con la invención. En este caso, el elemento de vástago 2.1 está formado de manera que se estrecha asimismo cónicamente. A este respecto, la zona que se estrecha del elemento de vástago 2.1 apunta en la dirección de la cavidad 5 o también de la abertura de salida del tubo de refrigerante 6. En el soporte de electrodo 4 está presente entonces un alojamiento formado de manera complementaria correspondientemente, en el que puede introducirse de manera adaptada un elemento de vástago 2.1 con electrodo 2.2 y puede fijarse de manera colocada en el mismo de forma definida.

25 Además de los ajustes apretados preferidos para la unión de electrodo 2.2 con elemento de vástago 2.1 o la unión de elemento de vástago 2.1 con soporte de electrodo 4, pueden producirse también uniones con arrastre de materia, por ejemplo mediante soldadura o soldadura indirecta. Sin embargo, en estos casos debe prestarse atención a que una unión de soldadura o una soldadura indirecta empleada para una unión por soldadura indirecta consigan una resistencia a la temperatura suficiente. Independientemente de si la unión se ha conseguido mediante ajuste apretado o arrastre de materia, de este modo puede garantizarse una conducción térmica mejorada de electrodo 2.2, elemento de vástago 2.1 hacia el soporte de electrodo 4 y el medio refrigerante líquido.

30 En la Figura 7 está representada en forma muy esquemática cómo han de tenerse en cuenta determinados parámetros geométricos en un soplete de acuerdo con la invención. De este modo, con la Figura 7 queda claro que D es el diámetro del tubo de refrigerante 6, H es la distancia de la abertura de salida del tubo de refrigerante 6 con respecto a la base de la cavidad 5 o la superficie frontal 2.3 del elemento de vástago 2.1 y DP es el diámetro interior de la cavidad 5.

35 El diámetro interior D del tubo de refrigerante 6 se seleccionará al menos en la zona de la abertura de salida en el intervalo de 1,5 a 10 mm, preferentemente a 8 mm.

La relación de la distancia H con respecto al diámetro interior D se mantendrá entre 1,25 y 5, preferentemente entre 1,5 y 4.

40 La relación del diámetro interior DP de la cavidad 5 con respecto al diámetro interior D del tubo de refrigerante 6 se mantendrá en el intervalo de 1,5 a 4, preferentemente en el intervalo de 1,7 a 3,5.

Para una refrigeración suficiente se mantendrán los flujos volumétricos de líquido refrigerante que ya se han mencionado en la parte general de la descripción.

45 Con el diagrama mostrado en la Figura 8 puede aclararse la fuerte dependencia del número de Nusselt del número de Reynolds mediante pendientes lineales. Además puede concretarse que una distancia H mayor lleva a un número de Nusselt mayor y en el caso de números de Reynolds iguales, los números de Nusselt aumentan cuando el diámetro interior D se vuelve menor.

50 Con el diagrama mostrado en la Figura 9 puede aclararse la fuerte influencia del diámetro interior D del tubo de refrigerante 6 sobre el número de Reynolds. De este modo, con el diámetro interior D decreciente aumenta el número de Reynolds. En resumen, puede concretarse que el flujo de refrigerante tiene una influencia muy considerable sobre el número de Reynolds.

REIVINDICACIONES

1. Soplete para la soldadura de gas inerte de tungsteno, en el que en una carcasa está sostenida una unidad de electrodo por medio de un soporte de electrodo, la unidad de electrodo está rodeada por una boquilla de gas inerte y está presente un equipo de refrigeración dentro de la carcasa, a través del cual un medio refrigerante líquido es conducido hacia el interior de la carcasa y de nuevo hacia el exterior de la carcasa y
- 5 la unidad de electrodo está formada por al menos dos partes, estando un electrodo de tungsteno o de una aleación de tungsteno que se estrecha cónicamente en la dirección de una pieza de trabajo fijado con arrastre de fuerza y/o con arrastre de materia en un elemento de vástago de un metal con una conductividad térmica superior a 270 W/mK, **caracterizado porque**
- 10 la unidad de electrodo (2) con el soporte de electrodo (4) está sostenida en un alojamiento en el soporte de electrodo (4) exclusivamente por medio de un ajuste apretado y/o con arrastre de materia y en el elemento de vástago (2.1) para una colocación definida está formada una pieza añadida en forma de brida (2.4) y/o una superficie frontal (2.3) del elemento de vástago (2.1) forma un tope o está formado un tope en la superficie frontal (2.3); y
- 15 en el soporte de electrodo (4) está formada una cavidad (5), en la que se conduce un refrigerante líquido a través de un tubo de refrigerante (6) hacia el interior y de nuevo hacia fuera, la abertura de salida del tubo de refrigerante (6) apunta en la dirección de la unidad de electrodo (2) sostenida en el soporte de electrodo (4) y está dispuesta a una distancia H con respecto a la base de la cavidad (5) o de la superficie frontal (2.3) del elemento de vástago (2.1); en donde
- 20 se mantiene una relación de la distancia H con respecto al diámetro interior D del tubo de refrigerante (6) de 1,25 a 5 y/o una relación del diámetro DP de la cavidad (5) en la zona entre abertura de salida del tubo de refrigerante (6) y la base de la cavidad (5) o la superficie frontal (2.3) del elemento de vástago (2.1) y el diámetro interior D del tubo de refrigerante (6) de 1,5 a 4.
2. Soplete según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el elemento de vástago (2.1) en paralelo a su eje longitudinal está formado un taladro (2.5).
- 25 3. Soplete según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el elemento de vástago (2.1) está formado de manera que se estrecha cónicamente en la dirección de la abertura de salida del tubo de refrigerante (6).
4. Procedimiento para el funcionamiento de un soplete según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se hace funcionar el soplete con una intensidad de corriente eléctrica de al menos 250 A; se mantiene una distancia H entre la abertura de salida del tubo de refrigerante (6) y la base de la cavidad (5) o de la
- 30 superficie frontal (2.3) del elemento de vástago (2.1) y la abertura de salida del tubo de refrigerante (6) y la cavidad (5) están dimensionadas en la zona entre la abertura de salida y la base de la cavidad (5) o de la superficie frontal (2.3) del elemento de vástago (2.1) así como con el flujo volumétrico del refrigerante líquido, que se conduce a través del tubo de refrigerante (6), de tal modo que se forma un flujo altamente turbulento después de la salida de la abertura de salida, en el que se mantiene un
- 35 número de Reynolds que es mayor del doble del número de Reynolds crítico.

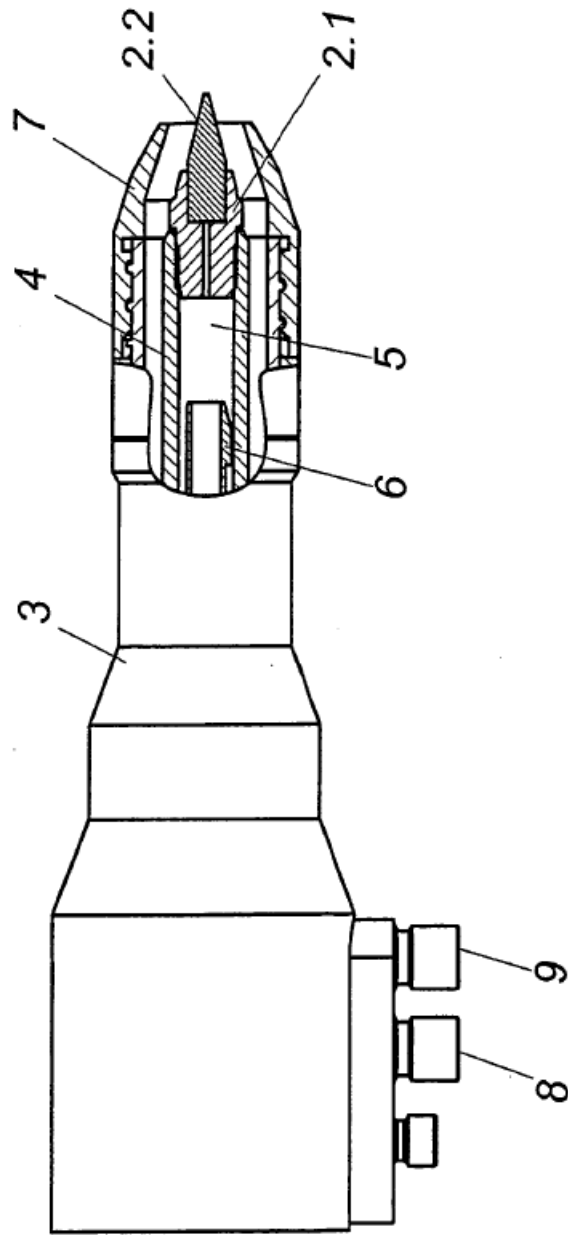


Fig. 1

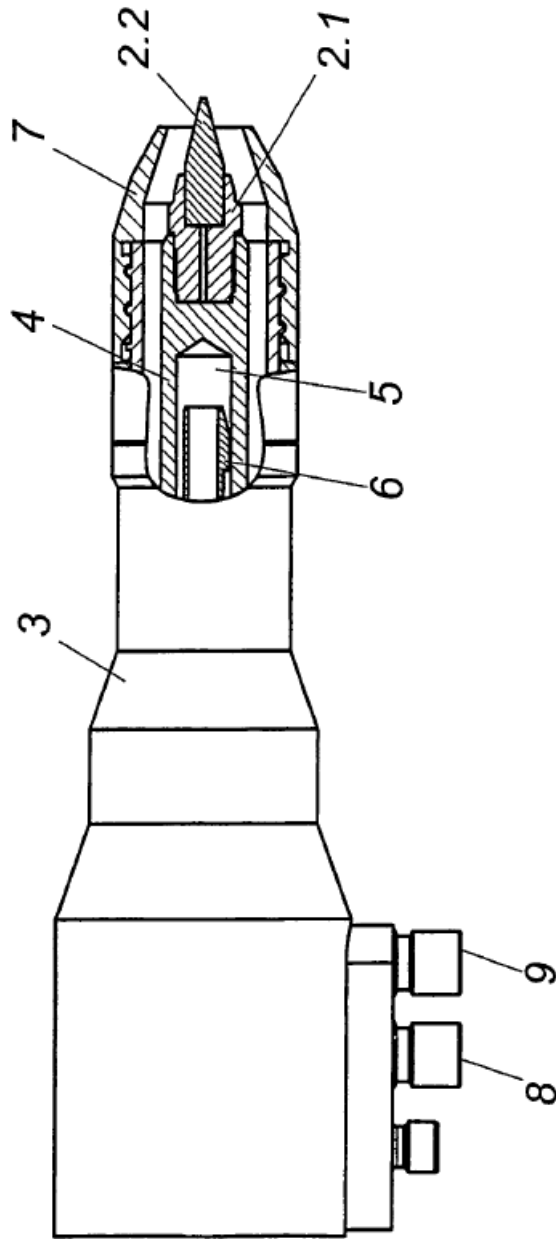


Fig. 2

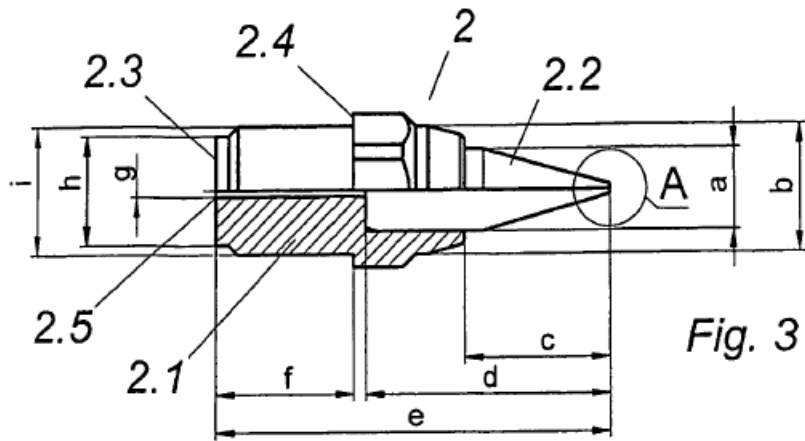


Fig. 3

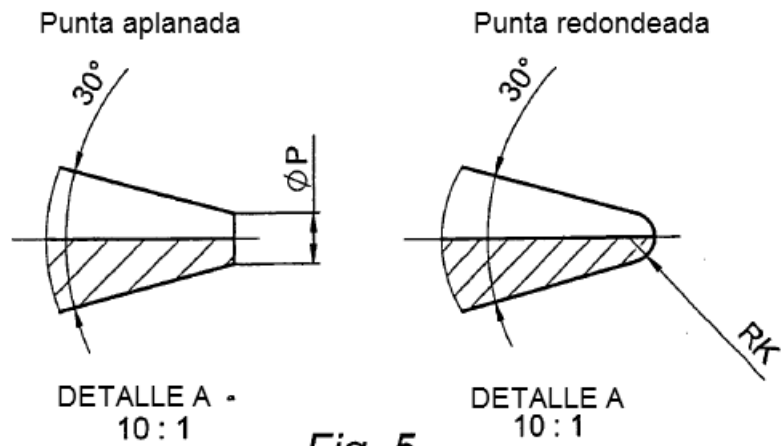


Fig. 5

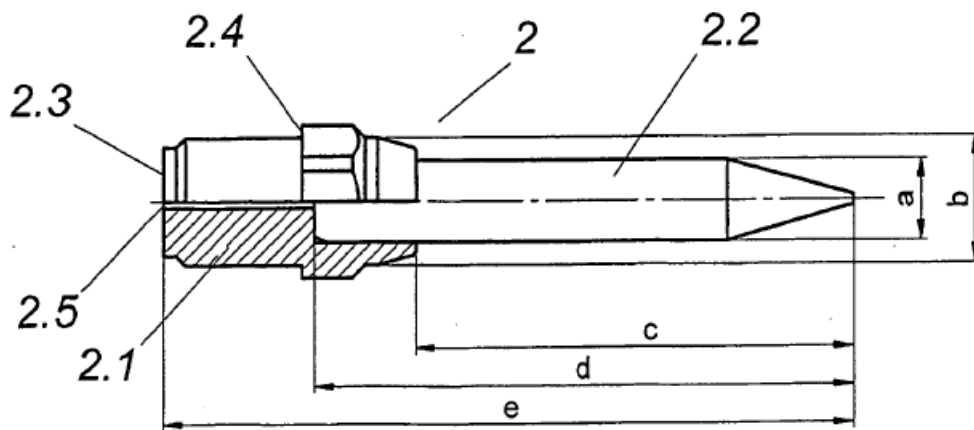


Fig. 4

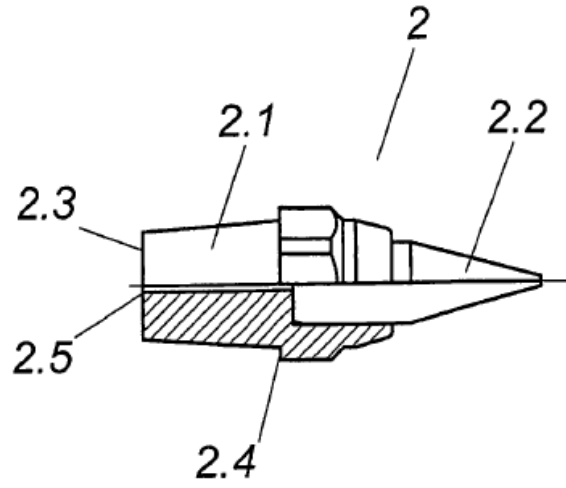
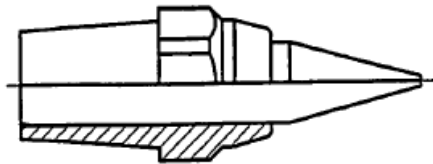


Fig. 6



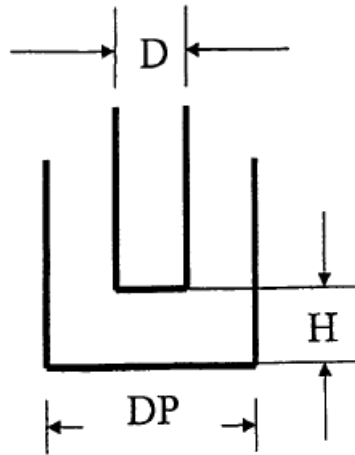


Fig. 7

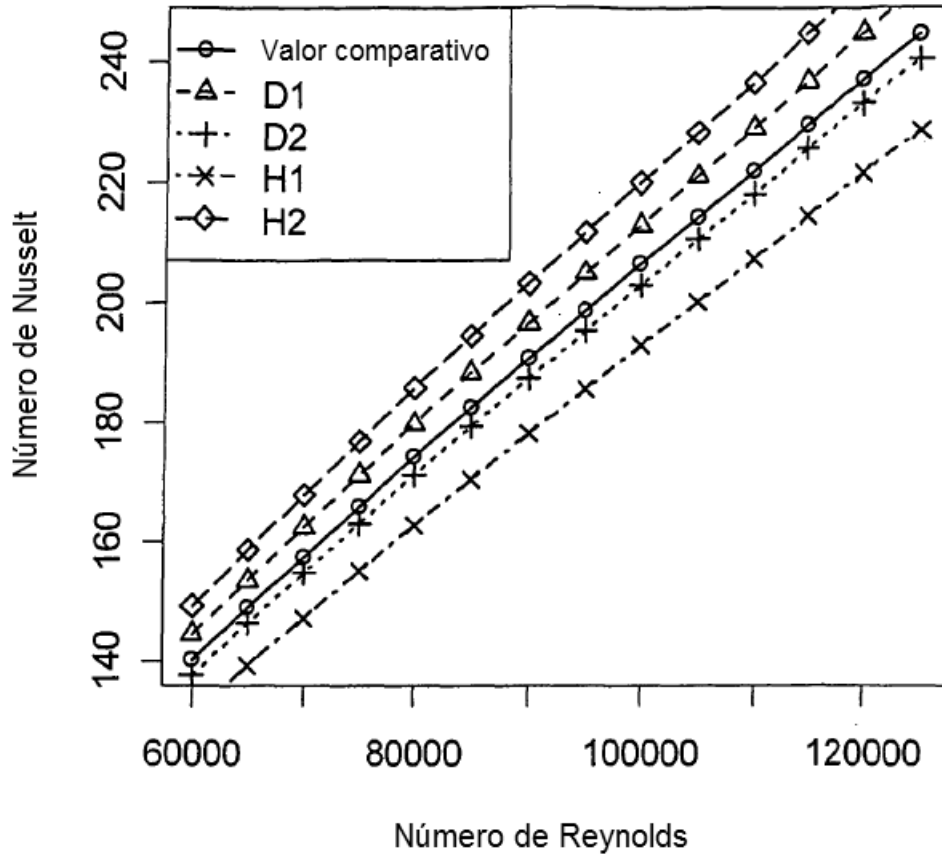


Fig. 8 Número de Nusselt en función del número de Reynolds (agua como medio refrigerante).

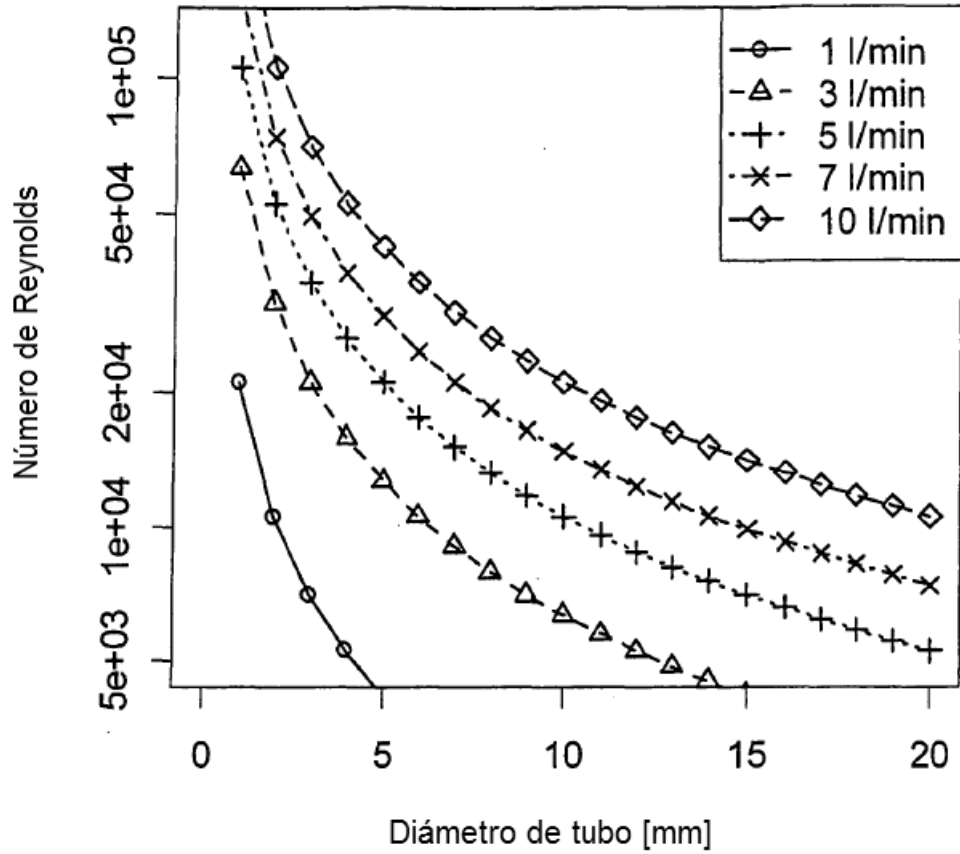


Fig. 9 : Número de Reynolds del flujo en función del diámetro de tubo de chorro (agua como medio refrigerante).