



(11)

**EP 2 417 840 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**21.02.2018 Patentblatt 2018/08**

(51) Int Cl.:  
**H05H 1/34 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10720245.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2010/000325**

(22) Anmeldetag: **24.03.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2010/115397 (14.10.2010 Gazette 2010/41)**

(54) **KÜHLROHRE, ELEKTRODENAUFNAHMEN UND ELEKTRODE FÜR EINEN LICHTBOGENPLASMABRENNER SOWIE ANORDNUNGEN AUS DENSELBEN UND LICHTBOGENPLASMABRENNER MIT DENSELBEN**

COOLING PIPES, ELECTRODE HOLDERS AND ELECTRODE FOR AN ARC PLASMA TORCH AND ASSEMBLIES MADE THEREOF AND ARC PLASMA TORCH COMPRISING THE SAME

TUYAUX DE REFROIDISSEMENT, SUPPORT D'ÉLECTRODE ET ÉLECTRODE POUR UNE TORCHE À PLASMA D'ARC ET ENSEMBLE COMPRENANT CES ÉLÉMENTS AINSI QUE TORCHE À PLASMA D'ARC DOTÉE DE CES ÉLÉMENTS

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

- **KRINK, Volker**  
**03238 Finsterwalde (DE)**
- **REINKE, Ralf-Peter**  
**03238 Finsterwalde (DE)**

(30) Priorität: **08.04.2009 DE 102009016932**

(74) Vertreter: **Manasse, Uwe**  
**Boehmert & Boehmert**  
**Anwaltpartnerschaft mbB**  
**Pettenkoferstrasse 22**  
**80336 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**15.02.2012 Patentblatt 2012/07**

(73) Patentinhaber: **Kjellberg Finsterwalde Plasma und Maschinen GmbH**  
**03238 Finsterwalde (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-90/10366 WO-A1-02/098190**  
**US-A- 3 408 518 US-A- 4 625 094**  
**US-A- 4 954 688 US-A- 5 278 387**  
**US-A1- 2006 049 150 US-B2- 7 019 255**

(72) Erfinder:  
• **LAURISCH, Frank**  
**03238 Finsterwalde (DE)**

**EP 2 417 840 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Kühlrohre, Elektrodenaufnahmen und Elektroden für einen Lichtbogenplasmabrenner, sowie Anordnungen aus denselben und einen Plasmalichtbogenbrenner mit denselben.

**[0002]** Als Plasma wird ein thermisch hoch aufgeheiztes elektrisch leitfähiges Gas bezeichnet, das aus positiven und negativen Ionen, Elektronen sowie angeregten und neutralen Atomen und Molekülen besteht.

**[0003]** Als Plasmagas werden unterschiedliche Gase, zum Beispiel das einatomige Argon und/oder die zweiatomigen Gase Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff oder Luft eingesetzt. Diese Gase ionisieren und dissoziieren durch die Energie eines Lichtbogens. Der durch eine Düse eingeschnürte Lichtbogen wird dann als Plasmastrahl bezeichnet.

**[0004]** Der Plasmastrahl kann in seinen Parametern durch die Gestaltung der Düse und Elektrode stark beeinflusst werden. Diese Parameter des Plasmastrahls sind zum Beispiel der Strahldurchmesser, die Temperatur, Energiedichte und die Strömungsgeschwindigkeit des Gases.

**[0005]** Beim Plasmaschneiden beispielsweise wird das Plasma durch eine Düse, die gas- oder wassergekühlt sein kann, eingeschnürt. Dadurch können Energiedichten bis  $2 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$  erreicht werden. Im Plasmastrahl entstehen Temperaturen bis  $30.000^\circ\text{C}$ , die in Verbindung mit der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Gases sehr hohe Schneidgeschwindigkeiten an Werkstoffen realisieren.

**[0006]** Wegen der hohen thermischen Belastung der Düse wird diese in der Regel aus einem metallischen Werkstoff, vorzugsweise wegen seiner hohen elektrischen Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit aus Kupfer, hergestellt. Gleiches gilt für die Elektrode, die aber auch aus Silber hergestellt sein kann. Die Düse wird dann in einem Lichtbogenplasmabrenner, kurz Plasmabrenner genannt, dessen Hauptbestandteile ein Plasmabrennerkopf, eine Düsenkappe, ein Plasmagasführungsteil, eine Düse, eine Düsenhalterung, eine Elektrode mit Elektrodeneinsatz und bei modernen Plasmabrennern eine Düsenschutzkappenhalterung und eine Düsenschutzkappe sind, eingesetzt. In der Elektrode befindet sich beispielsweise ein spitzer Elektrodeneinsatz aus Wolfram, der für den Einsatz nicht oxidierender Gase als Plasmagas, zum Beispiel ein Argon-Wasserstoff-Gemisch geeignet ist. Eine sogenannte Flachelektrode, deren Elektrodeneinsatz beispielsweise aus Hafnium besteht, ist auch für den Einsatz oxidierender Gase als Plasmagas, zum Beispiel Luft oder Sauerstoff, geeignet.

**[0007]** Um eine hohe Lebensdauer für die Düse und die Elektrode zu erreichen, wird oft mit einer Flüssigkeit, zum Beispiel Wasser, gekühlt, es kann aber auch mit einem Gas gekühlt werden.

**[0008]** Insofern wird in flüssigkeitsgekühlte und gasgekühlte Plasmabrenner unterschieden.

**[0009]** Nach dem Stand der Technik besteht die Elek-

trode aus einem gut elektrisch und Wärme leitendem Material, z.B. Kupfer und Silber oder deren Legierungen, und einem Elektrodeneinsatz, der aus einem temperaturfesten Werkstoff, z. B. Wolfram, Zirkonium oder Hafnium besteht. Für sauerstoffhaltige Plasmagase kann Zirkonium eingesetzt werden.

**[0010]** Wegen seiner besseren thermischen Eigenschaften ist allerdings Hafnium besser geeignet, da dessen Oxid temperaturbeständiger ist.

**[0011]** Um eine hohe Lebensdauer der Elektrode zu erreichen, wird der Hochtemperaturwerkstoff als Emissionseinsatz in die Fassung eingebracht, die dann gekühlt wird. Die effektivste Art der Kühlung ist die Flüssigkeitskühlung.

**[0012]** Im Plasmabrenner ist die Anordnung einer innen hohl gestalteten Elektrode und eines darin befindlichen Kühlrohres bekannt. In beispielsweise DD 87 361 strömt Wasser durch das Innere des Kühlrohres, spült den Boden der Elektrode an und strömt dann zwischen der Innenfläche der Elektrode und der Außenfläche des Kühlrohres zurück.

**[0013]** Oft verfügt die Elektrode über einen sich nach innen ausstreckenden zylindrischen oder kegelförmigen Bereich, über den das Kühlrohr ragt. Die Kühlflüssigkeit umströmt diesen Bereich und soll einen besseren Wärmeaustausch zwischen Elektrode und der Kühlflüssigkeit sichern.

**[0014]** Dennoch kommt es immer wieder insbesondere bei hoher Einschaltdauer zu Überhitzungen an der Elektrode, was sich in starker Verfärbung der Elektrodenaufnahme und in schnellem Rückbrand des Elektrodeneinsatzes zeigt.

**[0015]** Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Überhitzung der Elektrode von Lichtbogenplasmabrennern zu vermeiden, zumindest aber zu reduzieren.

**[0016]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Kühlrohr für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen länglichen Körper mit einem in dem offenen Ende einer Elektrode anordbaren Ende und einem sich durch selbigen erstreckenden Kühlmittelkanal, dadurch gekennzeichnet, dass an besagtem Ende eine wulstartige nach innen und/oder außen gerichtete Verdickung der Wand des Kühlrohres vorliegt.

**[0017]** Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch eine Anordnung aus einem Kühlrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und einer Elektrode, die einen hohlen länglichen Körper mit einem offenen Ende zum Anordnen des vorderen Endes eines Kühlrohres und einem geschlossenen Ende aufweist, wobei die Bodenfläche des offenen Endes einen vorstehenden Bereich aufweist, über den sich das Ende des Kühlrohres erstreckt, und sich die Verdickung in Längsrichtung über mindestens den vorstehenden Bereich erstreckt.

**[0018]** Ferner wird diese Aufgabe gelöst durch ein Kühlrohr für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen länglichen Körper mit einem mit einer Elektrodenaufnahme eines Lichtbogenplasmabrenners lös-

bar verbindbaren hinteren Ende und einem sich durch ihn erstreckenden Kühlmittelkanal, dadurch gekennzeichnet, dass zum lösbaren Verbinden des hinteren Endes mit einer Elektrodenaufnahme ein Außengewinde vorgesehen ist, wobei sich daran eine zylindrische Außenfläche zum Zentrieren des Kühlrohres zur Elektrodenaufnahme anschließt.

**[0019]** Darüber hinaus wird diese Aufgabe gelöst durch eine Elektrodenaufnahme für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen länglichen Körper mit einem Ende zur Aufnahme einer Elektrode und einem hohlen Inneren, dadurch gekennzeichnet, dass in dem hohlen Inneren ein Innengewinde zum Einschrauben eines hinteren Endes eines Kühlrohres vorgesehen ist, wobei sich daran eine zylindrische Innenfläche zum Zentrieren des Kühlrohres zur Elektrodenaufnahme anschließt.

**[0020]** Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch eine Anordnung aus einem Kühlrohr nach einem der Ansprüche 9 bis 13 und einer Elektrodenaufnahme nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei das Kühlrohr mit der Elektrodenaufnahme über das Außengewinde und das Innengewinde verschraubt ist.

**[0021]** Außerdem wird diese Aufgabe gelöst durch eine Anordnung aus einem Kühlrohr für einen Lichtbogenplasmabrenner, der einen länglichen Körper mit einem mit einer Elektrodenaufnahme eines Lichtbogenplasmabrenners lösbar verbindbaren hinteren Ende und einen sich durch ihn erstreckenden Kühlmittelkanal umfasst und einer Elektrodenaufnahme für einen Lichtbogenplasmabrenner, die einen länglichen Körper mit einem Ende zur Aufnahme einer Elektrode und einem hohlen Inneren umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Außenfläche des Kühlrohres mindestens ein Vorsprung zum Zentrieren des Kühlrohres in der Elektrodenaufnahme vorgesehen ist.

**[0022]** Ferner liefert die vorliegende Erfindung eine Elektrode für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen hohlen länglichen Körper mit einem offenen Ende zum Anordnen des vorderen Endes eines Kühlrohres in selbigem und einem geschlossenen Ende, wobei das offene Ende ein Außengewinde zum Verschrauben mit dem Innengewinde einer Elektrodenaufnahme aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass sich an das Außengewinde zum geschlossenen Ende hin eine zylindrische Außenfläche zum Zentrieren der Elektrode zur Elektrodenaufnahme anschließt.

**[0023]** Des weiteren stellt die vorliegende Erfindung bereit eine Elektrodenaufnahme für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen länglichen Körper mit einem mit einem Innengewinde versehenen Ende zur Aufnahme einer Elektrode und einem hohlen Inneren, dadurch gekennzeichnet, dass sich an das Innengewinde eine zylindrische Innenfläche zum Zentrieren der Elektrode zur Elektrodenaufnahme anschließt.

**[0024]** Ferner liefert die vorliegende Erfindung eine Anordnung aus einer Elektrode nach einem der Ansprüche 24 bis 28 und einer Elektrodenaufnahme nach einem

der Ansprüche 29 bis 31, wobei die Elektrode mit der Elektrodenaufnahme über das Außengewinde und das Innengewinde verschraubt ist.

**[0025]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird diese Aufgabe gelöst durch einen Lichtbogenplasmabrenner mit einem Kühlrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 9 bis 13, einer Elektrodenaufnahme nach einem der Ansprüche 14 bis 16 oder 29 bis 31, einer Elektrode nach einem der Ansprüche 24 bis 28 oder einer Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, 17 bis 23 oder 32 bis 33.

**[0026]** Vorteilhafterweise erstreckt sich bei dem Kühlrohr gemäß Anspruch 1 die Verdickung in Längsrichtung des Kühlrohres über mindestens einen Millimeter.

**[0027]** Günstigerweise führt die Verdickung zu einer Erhöhung des Außendurchmessers um mindestens 0,2 Millimeter und/oder zu einer Verringerung des Innendurchmessers um mindestens 0,2 Millimeter.

**[0028]** Bei der Anordnung gemäß Anspruch 4 kann vorgesehen sein, dass sie zusätzlich eine Elektrodenaufnahme umfasst, die einen länglichen Körper mit einem Ende zur Aufnahme der Elektrode und einem hohlen Inneren aufweist, wobei sich das Kühlrohr in das hohle Innere hinein erstreckt und auf der Außenfläche des Kühlrohres mindestens ein Vorsprung zum Zentrieren des Kühlrohres in der Elektrodenaufnahme vorgesehen ist.

**[0029]** Vorteilhafterweise ist eine erste Gruppe von Vorsprüngen vorgesehen, die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind.

**[0030]** Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass sie im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind, wobei die zweite Gruppe zur ersten Gruppe axial versetzt ist.

**[0031]** Noch bevorzugter ist zweite Gruppe von Vorsprüngen zur ersten Gruppe von Vorsprüngen umlaufend versetzt ist.

**[0032]** Bei dem Kühlrohr gemäß Anspruch 9 kann eine Anschlagfläche zum axialen Fixieren des Kühlrohres in der Elektrodenaufnahme vorgesehen sein.

**[0033]** Vorteilhafterweise weist die zylindrische Außenfläche eine umlaufende Nut auf.

**[0034]** Insbesondere kann in der Nut ein Rundring zum Abdichten angeordnet sein.

**[0035]** Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Erfindung weist die zylindrische Außenfläche einen Außendurchmesser auf, der genauso groß wie oder größer als der Außendurchmesser des Außengewindes ist.

**[0036]** Bei der Elektrodenaufnahme gemäß Anspruch 14 ist günstigerweise eine Anschlagfläche zum axialen Fixieren des Kühlrohres in der Elektrodenaufnahme vorgesehen.

**[0037]** Vorteilhafterweise weist die zylindrische Innenfläche einen Innendurchmesser auf, der genauso groß wie oder größer als der Innendurchmesser des Innengewindes ist. Dabei gilt  $D_{6.1} = (D_{6.1a} - D_{6.1i})/2$ .

**[0038]** Gemäß einer besonderen Ausführungsform der Anordnung gemäß Anspruch 17 sind das Kühlrohr

und die Elektrodenaufnahme so gestaltet, dass sich zum vorderen Ende hin zwischen ihnen ein Ringspalt befindet.

**[0039]** Weiterhin ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass die zylindrische Außenfläche des Kühlrohres und die zylindrische Innenfläche der Elektrodenaufnahme zueinander eng toleriert sind.

**[0040]** Bei der Anordnung gemäß Anspruch 20 ist günstigerweise eine erste Gruppe von Vorsprüngen vorgesehen, die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind. Insbesondere können genau drei Vorsprünge vorgesehen sein, die vorzugsweise um 120° versetzt zueinander angeordnet sind.

**[0041]** Weiterhin kann eine zweite Gruppe von Vorsprüngen vorgesehen sein, die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind, wobei die zweite Gruppe zur ersten Gruppe axial versetzt ist. Die zweite Gruppe von Vorsprüngen kann ebenfalls aus genau drei Vorsprüngen bestehen, die vorzugsweise um 120° zueinander versetzt angeordnet sind.

**[0042]** Vorteilhafterweise ist die zweite Gruppe von Vorsprüngen zur ersten Gruppe von Vorsprüngen umlaufend versetzt. Beispielsweise kann der Versatz 60° betragen.

**[0043]** Bei der Elektrode gemäß Anspruch 24 kann günstigerweise eine Anschlagfläche zum axialen Fixieren der Elektrode in der Elektrodenaufnahme vorgesehen sein.

**[0044]** Insbesondere kann die zylindrische Außenfläche eine umlaufende Nut aufweisen, in der vorzugsweise ein Rundring zum Abdichten angeordnet ist.

**[0045]** Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weist die zylindrische Außenfläche einen Außendurchmesser auf, der genauso groß wie oder größer als der Außendurchmesser des Außengewindes ist.

**[0046]** Bei der Elektrodenaufnahme gemäß Anspruch 29 kann eine Anschlagfläche zum axialen Fixieren einer Elektrode in der Elektrodenaufnahme vorgesehen sein.

**[0047]** Vorteilhafterweise weist die zylindrische Innenfläche einen Innendurchmesser auf, der genauso groß wie oder größer als der Innendurchmesser des Innengewindes ist. Dabei ist  $D_{6.4} = (D_{6.4a} + D_{6.4i})/2$ .

**[0048]** Bei der Anordnung gemäß Anspruch 32 sind vorteilhafterweise die die zylindrische Außenfläche der Elektrode und die zylindrische Innenfläche der Elektrodenaufnahme zueinander eng toleriert. Hier wird üblicherweise eine so genannte Übergangspassung verwendet, das heißt zum Beispiel Toleranz außen: 0 bis -0,01 mm, Toleranz innen: 0 bis +0,01 mm.

**[0049]** Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass durch die Verdickung die Spalte zwischen Kühlrohr und Elektrode enger werden, jedoch ohne eine Querschnittsverringerung im hinteren Bereich des Lichtbogenplasmabrennerkopfes. Damit wird eine hohe Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels vorn zwischen Kühlrohr und Elektrode erreicht, was den Wärmeübergang verbessert.

**[0050]** Der Wärmeübergang wird zusätzlich oder alter-

nativ durch geeignete Zentrierung von Komponenten des Plasmabrennerkopfes verbessert.

**[0051]** Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, dass der Wärmeübergang zwischen der Elektrode und dem Kühlmittel nicht optimal ist. Dabei können der Druck, die Strömungsgeschwindigkeit, der Volumenstrom und/oder die Druckdifferenz des Kühlmittels im Strömungsweg im vorderen Bereich, in dem das Kühlrohr über den sich nach innen erstreckenden Bereich der Elektrode ragt, nicht ausreichend sein. Außerdem ist das Problem erkannt worden, dass der Ringspalt zwischen der Elektrode und Kühlrohr durch eine nichtzentrische Lage auf seinem Kreisumfang unterschiedlich groß sein kann. Dadurch kommt es zur ungleichmäßigen Verteilung des Kühlmittels um den sich nach innen erstreckenden Bereich der Elektrode. Dies verschlechtert die Kühlung.

**[0052]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, in der vier Ausführungsbeispiele anhand der schematischen Zeichnungen im einzelnen erläutert sind. Dabei zeigt:

Figur 1 eine Längsschnittansicht eines Plasmabrennerkopfes gemäß einer ersten besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Figur 2 eine Einzeldarstellung eines Kühlrohres des in Figur 1 gezeigten Plasmabrennerkopfes in Draufsicht (links) und in Längsschnittansicht (rechts);

Figur 3 Details der Verbindung zwischen Elektrode und Elektrodenaufnahme in Längsschnittansicht des in Figur 1 gezeigten Plasmabrennerkopfes;

Figur 4 Details der in Figur 3 gezeigten Elektrodenaufnahme teilweise im Längsschnitt;

Figur 5 Details der Verbindung zwischen der Elektrodenaufnahme und dem Kühlrohr des in Figur 1 gezeigten Plasmabrennerkopfes;

Figur 6 Details der in Figur 5 gezeigten Elektrodenaufnahme teilweise in Längsschnittansicht;

Figur 7 ein Detail (Schnitt A-A) der Verbindung zwischen der Elektrodenaufnahme und dem Kühlrohr des in Figur 1 gezeigten Plasmabrennerkopfes;

Figur 8 eine Einzeldarstellung der Elektrode des in Figur 1 gezeigten Plasmabrennerkopfes in Längsschnittansicht;

Figur 9 eine Längsschnittansicht eines Plasmabrennerkopfes gemäß einer zweiten besonderen

- Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Figur 10 eine Einzeldarstellung eines Kühlrohres des in Figur 9 gezeigten Plasmabrennerkopfes in Draufsicht (links) und in Längsschnittansicht (rechts);
- Figur 11 Details der Verbindung zwischen der Elektrodenaufnahme und dem Kühlrohr des in Figur 9 gezeigten Plasmabrennerkopfes;
- Figur 12 eine Längsschnittansicht eines Plasmabrennerkopfes gemäß einer dritten besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Figur 13 eine Einzeldarstellung eines Kühlrohres des in Figur 12 gezeigten Plasmabrennerkopfes in Draufsicht (links) und in Längsschnittansicht (rechts);
- Figur 14 Details der Verbindung zwischen der Elektrodenaufnahme und dem Kühlrohr des in Figur 12 gezeigten Plasmabrennerkopfes;
- Figur 15 eine Längsschnittansicht eines Plasmabrennerkopfes gemäß einer vierten besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- Figur 16 eine Einzeldarstellung eines Kühlrohres des in Figur 15 gezeigten Plasmabrennerkopfes in Draufsicht (links) und in Längsschnittansicht (rechts); und
- Figur 17 Details der Verbindung zwischen der Elektrodenaufnahme und dem Kühlrohr des in Figur 15 gezeigten Plasmabrennerkopfes.

**[0053]** Figur 1 zeigt eine erste besondere Ausführungsform eines Plasmabrennerkopfes 1 gemäß der vorliegenden Erfindung. Besagter Plasmabrennerkopf weist eine Elektrode 7, eine Elektrodenaufnahme 6, ein Kühlrohr 10, eine Düse 4, eine Düsenkappe 2 und eine Gasführung 3 auf. Die Düse 4 wird durch die Düsenkappe 2 und einen Düsenhalter 5 fixiert. Die Elektrodenaufnahme 6 nimmt die Elektrode 7 und das Kühlrohr 10 jeweils über ein Gewinde, nämlich Innengewinde 6.4 und Innengewinde 6.1, auf. Die Gasführung 3 befindet sich zwischen der Elektrode 7 und der Düse 4 und versetzt ein Plasmagas PG in Rotation. Des weiteren verfügt der Plasmabrennerkopf 1 über eine Sekundärgasschutzkappe 9, die in diesem Ausführungsbeispiel auf eine Düsen-schutzkappenhalterung 8 aufgeschraubt ist. Zwischen der Sekundärgasschutzkappe 9 und der Düsenkappe 2 strömt ein Sekundärgas SG, das die Düse 4, insbesondere die Düsen Spitze schützt.

**[0054]** Das Kühlrohr 10 (siehe auch Figur 2) ist am hinteren Teil der Elektrodenaufnahme 6 befestigt und die Elektrode 7 ist am vorderen Teil der Elektrodenaufnahme 6 befestigt. Das Kühlrohr 10 ragt über einen sich nach innen, das heißt von der Düsen Spitze weg erstreckenden Bereich 7.5 (siehe auch Figuren 3 und 8) der Elektrode 7. In diesem Bereich ist der Innendurchmesser D10.8 auf der Länge L10.8 des Kühlrohres 10 kleiner als der Innendurchmesser D10.9 des nach hinten gerichteten Innenabschnitts 10.9 des Kühlrohres 10 und ist der Außendurchmesser D10.10 auf der Länge L10.10 des Kühlrohres 10 größer als der Außendurchmesser D10.11 des nach hinten gerichteten Außenabschnitts 10.11 des Kühlrohres 10. Es entsteht also eine wulstartige nach innen und nach außen gerichtete Verdickung 10.18 der Wand 10.19 des Kühlrohres. Dadurch wird erreicht, dass der dem Kühlmittel zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt nur in dem vorderen Innenabschnitt 10.8 und vorderen Außenabschnitt 10.10, in denen eine hohe Strömungsgeschwindigkeit eines Kühlmittels für eine gute Wärmeabfuhr benötigt wird, verengt ist und im hinteren Bereich ein möglichst großer Strömungsquerschnitt zur Verfügung steht, um möglichst geringe Druckverluste in dem hinteren Innenabschnitt 10.9 und hinteren Außenabschnitt 10.11 zu haben. Ein Kühlmittel strömt zunächst im Strömungsweg durch WV1 (Wasservorlauf 1) den Innenraum des Kühlrohres 10, trifft auf den sich nach innen erstreckenden Bereich 7.5 der Elektrode 7, bevor es über den Strömungsweg WR1 (Wasserrücklauf 1) in dem Raum zwischen dem Kühlrohr 10 und der Elektrode 7 sowie der Elektrodenaufnahme 6 zurückströmt.

**[0055]** Der Plasmastrahl (nicht dargestellt) hat seinen Ansatzpunkt an der Außenfläche eines Elektroden-einsatzes 7.8. Dort entsteht die meiste Wärme, die abgeführt werden muss, um eine lange Lebensdauer der Elektrode 7 zu erreichen. Die Wärme wird über die Elektrode 7 aus Kupfer oder Silber zum Kühlmittel im Elektrodeninnenraum geleitet.

**[0056]** In dem Abschnitt, in dem das Kühlrohr 10 über den sich nach innen erstreckenden Bereich 7.5 der Elektrode 7 ragt, ist der Abstand zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen des vorderen Innenabschnitts 10.8 des Kühlrohres und des Elektrodenbereichs 7.5 der Elektrode 7 sowie des vorderen Außenabschnitts 10.10 und der Innenfläche 7.10 der Elektrode sehr klein. Er liegt im Bereich von 0,1 bis 0,5 mm.

**[0057]** Weiterhin strömt Kühlmittel im Raum zwischen der Düse 4 und der Düsenkappe 2 über einen Strömungsweg WV2 (Wasservorlauf 2) und WR2 (Wasserrücklauf 2).

**[0058]** Wie auch in den Figuren 5 und 6 dargestellt ist, ist das Kühlrohr 10 mit der Elektrodenaufnahme 6 über das Außengewinde 10.1 und das Innengewinde 6.1 verschraubt. Das Kühlrohr 10 und die Elektrodenaufnahme 6 werden durch die zylindrische Außenfläche 10.3 des Kühlrohres 10 und die zylindrische Innenfläche 6.3 der Elektrodenaufnahme 6 zueinander zentriert. Diese sind eng zueinander toleriert, um eine gute Zentrierung zu

erreichen. Dabei kann die Toleranz der zylindrischen Außenfläche 10.3 das Nennmaß des Außendurchmessers D10.3 von 0 bis -0,01 mm und die Toleranz der zylindrischen Innenfläche 6.3 das Nennmaß des Innendurchmessers D6.3 von 0 bis +0,01 mm betragen. Das Innengewinde 6.1 der Elektrodenaufnahme 6 und das Außengewinde 10.1 des Kühlrohres 10 haben zueinander ausreichend Spiel, damit das Kühlrohr 10 leicht in die Elektrodenaufnahme 6 eingeschraubt werden kann. Erst kurz vor dem Festziehen erfolgt die Zentrierung durch die eng tolerierten, sich im eingeschraubten Zustand gegenüberliegenden zylindrischen Innenfläche 6.3 und zylindrische Außenfläche 10.3.

**[0059]** Der Außendurchmesser D10.3 der zylindrischen Außenfläche 10.3 des Kühlrohres 10 ist mindestens genauso groß wie oder größer als der Außendurchmesser D10.1 des Außengewindes 10.1.

**[0060]** Der Innendurchmesser D6.3 der zylindrischen Innenfläche 6.3 der Elektrodenaufnahme 6 ist größer als der minimale Innendurchmesser D6.1 des Innengewindes 6.1, wobei  $D6.1 = (D6.1a - D6.1i) / 2$ .

**[0061]** Die vorangehend beschriebene Zentrierung sichert die parallele Ausrichtung des Kühlrohres 10 zur Achse M des Plasmabrennerkopfes 1, einen gleichmäßigen Ringspalt zwischen Kühlrohr 10 und Elektrodenbereich 7.5 und damit eine gleichmäßige Verteilung des Kühlmittelstromes im Elektrodeninnenraum, insbesondere im Bereich des vorderen Abschnitts 10.8 des Kühlrohres 20 und des sich nach innen erstreckenden Elektrodenbereiches 7.5. Im festgeschraubten Zustand liegen die Anschlagflächen 10.2 und 6.2 aufeinander. Damit erfolgt eine axiale Fixierung des Kühlrohres 10 in der Elektrodenaufnahme 6.

**[0062]** Wie auch in den Figuren 3 und 4 dargestellt ist, ist die Elektrode 7 mit der Elektrodenaufnahme 6 über das Außengewinde 7.4 und das Innengewinde 6.4 verschraubt. Die Elektrode 7 und die Elektrodenaufnahme 6 werden durch die zylindrische Außenfläche 7.6 der Elektrode 7 und die zylindrische Innenfläche 6.6 der Elektrodenaufnahme 6 zueinander zentriert. Dabei sind die Außenflächen eng zueinander toleriert, um eine gute Zentrierung zu erreichen. Dabei können die Toleranz der zylindrischen Außenfläche das Nennmaß des Außendurchmessers D7.6 von 0 bis -0,01 mm und die Toleranz der zylindrischen Innenfläche das Nennmaß des Innendurchmessers D6.6 von 0 bis +0,01 mm betragen. Das Innengewinde 6.4 der Elektrodenaufnahme 6 und das Außengewinde 7.4 der Elektrode 7 haben zueinander ausreichend Spiel, damit die Elektrode 7 leicht in die Elektrodenaufnahme 6 eingeschraubt werden kann. Erst kurz vor dem Festziehen erfolgt die Zentrierung durch die eng tolerierten, sich im eingeschraubten Zustand gegenüberliegenden zylindrischen Flächen 6.6 und zylindrische Außenfläche 7.6.

**[0063]** Der Außendurchmesser D7.6 der zylindrischen Außenfläche 7.6 der Elektrode 7 ist mindestens genauso groß wie oder größer als der maximale Außendurchmesser D7.4 des Außengewindes 7.4 (siehe Figur 8).

**[0064]** Der Innendurchmesser D6.6 der zylindrischen Innenfläche 6.6 der Elektrodenaufnahme 6 ist größer als der Innendurchmesser D6.4 des Innengewindes 6.4, wobei  $D6.4 = (D6.4a + D6.4i) / 2$ .

**[0065]** Die vorstehend beschriebene Zentrierung ist für die parallele Ausrichtung der Elektrode 6 zur Achse M des Plasmabrennerkopfes 1 notwendig, die wiederum für eine gleichmäßige Verteilung des Kühlmittelstromes im Elektrodeninnenraum, insbesondere im Bereich des vorderen Innenabschnitts 10.8 des Kühlrohres 10 und des sich nach innen erstreckenden Bereiches 7.5 der Elektrode 7 sorgt. Die Zentrierung der Elektrode 7 zur Elektrodenaufnahme 6 dient zur Sicherung der Zentrität zu den anderen Bauteilen des Plasmabrennerkopfes, insbesondere der Düse 4. Diese dient zur gleichmäßigen Ausbildung des Plasmastrahls, die durch Positionierung des Elektrodeneinsatzes 7.8 der Elektrode 7 zur Düsenbohrung 4.1 der Düse 4 mitbestimmt wird. Zusätzlich weist die zylindrische Außenfläche 7.6 eine Nut 7.3 auf, in der ein Rundring 7.2 zum Abdichten angeordnet ist. Im festgeschraubten Zustand liegen die Anschlagflächen 7.7 und 6.7 aufeinander. Damit erfolgt eine axiale Fixierung der Elektrode 7 in der Elektrodenaufnahme 6.

**[0066]** Eine weitere Verbesserung der radialen Zentrierung des Kühlrohres 10 zur Elektrodenaufnahme 6 erfolgt über eine Gruppe von Vorsprüngen 10.6 und eine Gruppe von Vorsprüngen 10.7, die sich auf der Außenfläche des Kühlrohres 10 befinden. Sie fixieren den Abstand zur Innenfläche der Elektrodenaufnahme 6. In dieser Ausführungsform sind je Gruppe drei um 120° auf dem Umfang der Außenfläche des Kühlrohres verteilte Vorsprünge 10.6 bzw. 10.7 und auch in Längsrichtung des Kühlrohres 1 zueinander mit einem Versatz L10a angeordnet (siehe Figuren 2 und 7). Die Vorsprünge 10.6 sind in diesem Fall zu den Vorsprüngen 10.7 um 60° versetzt angeordnet. Durch diesen Versatz wird die radiale Zentrierung verbessert. Gleichzeitig können die Vorsprünge 10.7 als Gegenstück für ein Werkzeug (nicht gezeigt) zum Ein- und Ausschrauben des Kühlrohres 10 genutzt werden. Die Vorsprünge 10.6 und 10.7 haben einen vom vorderen Bereich 10.8 aus gesehenen rechteckigen Querschnitt. Damit liegen nur die Ecken der rechteckigen Querschnitte an der zylindrischen Innenfläche 6.11 der Elektrodenaufnahme 6. So wird eine hohe Zentrität bei gleichzeitig leichtgängiger Montage erreicht.

**[0067]** Figur 9 zeigt eine weitere besondere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Plasmabrennerkopfes 1, die sich von der in den Figuren 1 bis 8 gezeigten Ausführungsform in der Gestaltung des vorderen Innenabschnitts 10.8 des Kühlrohres 10 (siehe auch Figur 10) unterscheidet. Die Länge L10.8 des Innenabschnitts 10.8 ist kürzer, wodurch der Strömungsquerschnitt nur im vordersten Bereich stark erhöht wird. Die Längen des vorderen Innenabschnitts 10.8 und des vorderen Außenabschnitts 10.10 sind hier gleich groß. Zusätzlich befindet sich in dem Bereich, in dem die Elektrodenaufnahme 6 und das Kühlrohr 10 verschraubt sind, in der zylindri-

schen Außenfläche 10.3 des Kühlrohres 10 eine Nut 10.4, in der ein Rundring 10.5 zum Abdichten angeordnet ist (siehe auch Figur 11).

[0068] Figur 12 zeigt eine weitere besondere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Plasmabrennerkopfes, die sich von den beiden Ausführungsformen gemäß den Figuren 1 bis 11 in der Gestaltung des vorderen Innenabschnitts 10.8 des Kühlrohres 10 (siehe auch Figur 13) unterscheidet. Die Länge L10.8 des Innenabschnitts 10.8 ist kürzer als in der Figur 1, die Länge L10.10 des vorderen Außenabschnitts 10.10 ist größer als in Figur 9. Dadurch wird der Strömungswiderstand der Gesamtanordnung verringert, da nur im vordersten Teil zwischen Kühlrohr und Elektrode enge Spalten bestehen.

[0069] Die Zentrierung zwischen Kühlrohr 10 und Elektrodenaufnahme 6 erfolgt ebenfalls über eine zylindrische Innenfläche 6.3 und eine zylindrische Außenfläche 10.3. Diese sind aber anders als in den Figuren 1 und 9 angeordnet. Durch diese Anordnung werden die zylindrischen Zentrierflächen vergrößert. Dies verbessert die Zentrierung nochmals und wird dadurch erreicht, dass die Reihenfolge Gewinde-Zentrierfläche-Anschlagfläche auf Gewinde-Anschlagfläche-Zentrierfläche geändert wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Baugröße nicht größer wird. Bei beibehaltener Reihenfolge müsste die Anschlagfläche einen größeren Durchmesser aufweisen als die Zentrierfläche.

[0070] Figur 15 zeigt eine weitere besondere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Plasmabrennerkopfes. Diese unterscheidet sich von der Ausführungsform gemäß Figur 1 in der Gestaltung des vorderen Innenabschnitts 10.8 des Kühlrohres 10 (siehe auch Figur 16). Die Längen der vorderen Innenabschnitts 10.8 und des vorderen Außenabschnitts 10.10 sind hier gleich groß. Besagte Abschnitte entsprechen in ihrer Länge dem Bereich 7.5 der Elektrode 7.

[0071] Eine Zentrierung zwischen Kühlrohr 10 und Elektrodenaufnahme 6 erfolgt wie in Figur 12. Zusätzlich befindet sich in dem Bereich, in dem die Elektrodenaufnahme 6 und das Kühlrohr 10 verschraubt sind, in der zylindrischen Außenfläche 10.3 des Kühlrohres 10 eine Nut 10.4, in der ein Rundring 10.5 zum Abdichten angeordnet ist. Dies ist in Figur 17 dargestellt.

[0072] Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

[0073] Die Erfindung wird in jedem Fall durch die folgenden Ansprüche definiert.

#### Patentansprüche

1. Kühlrohr (10) für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen länglichen Körper (10.13) mit einem in dem offenen Ende (7.12) einer Elektrode (7)

anordbaren Ende (10.17) und einem hinteren Ende (10.14) sowie einem sich durch selbigen erstreckenden Kühlmittelkanal (10.15), wobei an besagtem Ende (10.17) eine wulstartige nach innen und/oder außen gerichtete Verdickung (10.18) der Wand (10.19) des Kühlrohres (10) vorliegt und auf der Außenfläche (10.16) des Kühlrohres (10) eine erste Gruppe von Vorsprüngen (10.6), die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind, und eine zweite Gruppe von Vorsprüngen (10.7), die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind, zum Zentrieren des Kühlrohres (10) in einer Elektrodenaufnahme (6) vorgesehen sind, wobei die zweite Gruppe von Vorsprüngen zur ersten Gruppe von Vorsprüngen axial versetzt ist und die zweite Gruppe von Vorsprüngen (10.7) zur ersten Gruppe von Vorsprüngen (10.6) umlaufend versetzt ist.

2. Kühlrohr (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Verdickung (10.18) in Längsrichtung des Kühlrohres (10) über mindestens einen Millimeter erstreckt.
3. Kühlrohr (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdickung (10.18) zu einer Erhöhung des Außendurchmessers (D10.11) um mindestens 0,2 Millimeter und/oder zu einer Verringerung des Innendurchmessers (D10.9) um mindestens 0,2 Millimeter führt.
4. Kühlrohr (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** zum lösbaren Verbinden des hinteren Endes (10.14) mit einer Elektrodenaufnahme (6) am hinteren Ende ein Außengewinde (10.1) vorgesehen ist, wobei sich daran eine zylindrische Außenfläche (10.3) zum Zentrieren des Kühlrohres (10) zur Elektrodenaufnahme (6) anschließt.
5. Kühlrohr (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anschlagfläche (10.2) zum axialen Fixieren des Kühlrohres (10) in der Elektrodenaufnahme (6) vorgesehen ist.
6. Kühlrohr (10) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylindrische Außenfläche (10.3) eine umlaufende Nut (10.4) aufweist, insbesondere wobei in der Nut (10.4) ein Rundring (10.5) zum Abdichten angeordnet ist.
7. Kühlrohr (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylindrische Außenfläche (10.3) einen Außendurchmesser (D10.3) aufweist, der genauso groß wie oder größer als der maximale Außendurchmesser (D10.1) des Außengewindes (10.1) ist.

8. Anordnung aus einem Kühlrohr (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche und einer Elektrode (7), die einen hohlen länglichen Körper (7.11) mit einem offenen Ende (7.12), in dem das vordere Ende (10.17) des Kühlrohres (10) angeordnet ist, und einem geschlossenen Ende (7.13) aufweist, wobei die Bodenfläche (7.14) des geschlossenen Endes (7.13) einen vorstehenden Bereich (7.5) aufweist, über den sich das Ende (10.17) des Kühlrohres (10) erstreckt, und sich die Verdickung (10.18) in Längsrichtung über mindestens den vorstehenden Bereich (7.5) erstreckt.
9. Anordnung nach Anspruch 8, zusätzlich umfassend eine Elektrodenaufnahme (6), die einen länglichen Körper (6.12) mit einem Ende (6.13), in dem die Elektrode (7) aufgenommen ist, und einem hohlen Inneren (6.14) aufweist, wobei sich das Kühlrohr (10) in das hohle Innere (6.14) hinein erstreckt.
10. Elektrodenaufnahme (6) für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen länglichen Körper (6.12) mit einem Ende (6.13) zur Aufnahme einer Elektrode (7) und einem hohlen Inneren (6.14), wobei in dem hohlen Inneren (6.14) ein Innengewinde (6.1) zum Einschrauben eines hinteren Endes (10.14) eines Kühlrohres (10) nach einem der Ansprüche 1-7 vorgesehen ist, sich daran eine zylindrische Innenfläche (6.3) zum Zentrieren des Kühlrohres (10) zur Elektrodenaufnahme (6) anschließt, wobei die zylindrische Innenfläche (6.3) einen Innendurchmesser (D6.3) aufweist, der genauso groß wie oder größer als der Innendurchmesser (D6.1) des Innengewindes (6.1) ist, und eine Anschlagfläche (6.2) zum axialen Fixieren des Kühlrohres (10) in der Elektrodenaufnahme (6) vorgesehen ist.
11. Elektrodenaufnahme (6) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an das Innengewinde (6.4) eine zylindrische Innenfläche (6.6) zum Zentrieren der Elektrode (7) zur Elektrodenaufnahme (6) direkt anschließt, insbesondere wobei eine Anschlagfläche (6.7) zum axialen Fixieren einer Elektrode (7) in der Elektrodenaufnahme (6) vorgesehen ist.
12. Elektrodenaufnahme (6) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylindrische Innenfläche (6.6) einen Innendurchmesser (D6.6) aufweist, der genauso groß wie oder größer als der Innendurchmesser (D6.4) des Innengewindes (6.4) ist.
13. Anordnung aus einem Kühlrohr (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 7 und einer Elektrodenaufnahme (6) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei das Kühlrohr (10) mit der Elektrodenaufnahme (6) über das Außengewinde (10.1) und das Innengewinde (6.1) verschraubt ist, insbesondere wobei das Kühlrohr (10) und die Elektrodenaufnahme (6) so gestaltet sind, dass sich zum vorderen Ende hin zwischen ihnen ein Ringspalt (11) befindet.
14. Anordnung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylindrische Außenfläche (10.3) des Kühlrohres (10) und die zylindrische Innenfläche (6.3) der Elektrodenaufnahme (6) eine Übergangspassung aufweisen.
15. Anordnung aus einem Kühlrohr (10) nach einem der Ansprüche 1-7, der einen länglichen Körper (10.13) mit einem mit einer Elektrodenaufnahme (6) eines Lichtbogenplasmabrenners lösbar verbindbaren hinteren Ende (10.14) und einen sich durch ihn erstreckenden Kühlmittelkanal (10.15) umfasst, und einer Elektrodenaufnahme (6) nach einem der Ansprüche 10-12, die einen länglichen Körper (6.12) mit einem Ende (6.13) zur Aufnahme einer Elektrode (7) und einem hohlen Inneren (6.14) umfasst, wobei auf der Außenfläche (10.16) des Kühlrohres (10) mindestens ein Vorsprung (10.6 und/oder 10.7) zum Zentrieren des Kühlrohres (10) in der Elektrodenaufnahme (6) vorgesehen ist.
16. Anordnung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Gruppe von Vorsprüngen (10.6) vorgesehen ist, die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind.
17. Anordnung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite Gruppe von Vorsprüngen (10.7) vorgesehen ist, die im Abstand zueinander umlaufend angeordnet sind, wobei die zweite Gruppe zur ersten Gruppe axial versetzt ist, insbesondere wobei die zweite Gruppe von Vorsprüngen (10.7) zur ersten Gruppe von Vorsprüngen (10.6) umlaufend versetzt ist.
18. Elektrode (7) für einen Lichtbogenplasmabrenner, umfassend einen hohlen länglichen Körper (7.11) mit einem offenen Ende (7.12) zum Anordnen des vorderen Endes eines Kühlrohres nach einem der Ansprüche 1-7 in selbigem und einem geschlossenen Ende (7.13), wobei das offene Ende ein Außengewinde (7.4) zum Verschrauben mit dem Innengewinde (6.4) einer Elektrodenaufnahme (6) nach einem der Ansprüche 10-12 aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich an das Außengewinde (7.4) zum geschlossenen Ende (7.13) hin eine zylindrische Außenfläche (7.6) zum Zentrieren der Elektrode (7) zur Elektrodenaufnahme (6) direkt anschließt.
19. Elektrode (7) nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet,**



**zeichnet, dass** eine Anschlagfläche (7.7) zum axialen Fixieren der Elektrode (7) in der Elektrodenaufnahme (6) vorgesehen ist.

20. Elektrode (7) nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylindrische Außenfläche (7.6) eine umlaufende Nut (7.3) aufweist, insbesondere wobei in der Nut (7.3) ein Rundring (7.2) zum Abdichten angeordnet ist.
21. Elektrode (7) nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zylindrische Außenfläche (7.6) einen Außendurchmesser (D7.6) aufweist, der genauso groß wie oder größer als der Außendurchmesser (D7.4) des Außengewindes (7.4) ist.
22. Anordnung aus einer Elektrode (7) nach einem der Ansprüche 18 bis 21 und einer Elektrodenaufnahme (6) nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei die Elektrode (7) mit der Elektrodenaufnahme (6) über das Außengewinde (7.4) und das Innengewinde (6.4) verschraubt ist, insbesondere wobei die zylindrische Außenfläche (7.6) der Elektrode (7) und die zylindrische Innenfläche (6.6) der Elektrodenaufnahme (6) eine Übergangspassung aufweisen.
23. Lichtbogenplasmabrenner mit einem Kühlrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, einer Elektrodenaufnahme nach der Ansprüche 10 bis 12, einer Elektrode nach einem der Ansprüche 18 bis 21 oder einer Anordnung nach einem der Ansprüche 8, 9, 13 bis 17 und 22.

## Claims

1. Cooling pipe (10) for an arc plasma torch, comprising an elongate body (10.13) having one end (10.17) that can be arranged in the open end (7.12) of an electrode (7) and a rear end (10.14), and a coolant duct (10.15) extending through same, wherein at said end (10.17) there is a boss-like inwardly and/or outwardly oriented thickened portion (10.18) of the wall (10.19) of the cooling pipe (10), and on the outer face (10.16) of the cooling pipe (10) there are provided a first group of projections (10.6), which are arranged circumferentially and spaced apart from one another, and a second group of projections (10.7), which are arranged circumferentially and spaced apart from one another, for centring the cooling pipe (10) in an electrode holder (6), wherein the second group of projections is axially offset with respect to the first group of projections and the second group of projections (10.7) is circumferentially offset with respect to the first group of projections (10.6).

2. Cooling pipe (10) according to Claim 1, **characterized in that** the thickened portion (10.18) extends over at least one millimetre in the longitudinal direction of the cooling pipe (10).
3. Cooling pipe (10) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the thickened portion (10.18) increases the outer diameter (D10.11) by at least 0.2 millimetres and/or reduces the inner diameter (D10.9) by at least 0.2 millimetres.
4. Cooling pipe (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that**, for the purpose of releasably connecting the rear end (10.14) to an electrode holder (6), an outer thread (10.1) is provided at the rear end, with a cylindrical outer face (10.3) adjoining this for the purpose of centring the cooling pipe (10) with respect to the electrode holder (6).
5. Cooling pipe (10) according to Claim 4, **characterized in that** a stop face (10.2) is provided for the purpose of axially fixing the cooling pipe (10) in the electrode holder (6).
6. Cooling pipe (10) according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the cylindrical outer face (10.3) has a circumferential groove (10.4), in particular wherein a round ring (10.5) is arranged in the groove (10.4) for sealing.
7. Cooling pipe (10) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cylindrical outer face (10.3) has an outer diameter (D10.3) equal to or greater than the maximum outer diameter (D10.1) of the outer thread (10.1).
8. Assembly consisting of a cooling pipe (10) according to one of the preceding claims and an electrode (7) which has a hollow elongate body (7.11) with an open end (7.12) in which is arranged the front end (10.17) of the cooling pipe (10), and a closed end (7.13) wherein the bottom face (7.14) of the closed end (7.13) has a projecting region (7.5) over which the end (10.17) of the cooling pipe (10) extends, and the thickened portion (10.18) extends in the longitudinal direction over at least the projecting region (7.5).
9. Assembly according to Claim 8, additionally comprising an electrode holder (6) which has an elongate body (6.12) with one end (6.13), in which the electrode (7) is accommodated, and a hollow interior (6.14), wherein the cooling pipe (10) extends into the hollow interior (6.14).
10. Electrode holder (6) for an arc plasma torch, comprising an elongate body (6.12) with one end (6.13) for accommodating an electrode (7) and a hollow interior (6.14),

wherein in the hollow interior (6.14) there is provided an inner thread (6.1) into which can be screwed a rear end (10.14) of a cooling pipe (10) according to one of Claims 1-7, wherein adjoining this is a cylindrical inner face (6.3) for centring the cooling pipe (10) with respect to the electrode holder (6), wherein the cylindrical inner face (6.3) has an inner diameter (D6.3) which is equal to or greater than the inner diameter (D6.1) of the inner thread (6.1), and a stop face (6.2) is provided for the purpose of axially fixing the cooling pipe (10) in the electrode holder (6).

11. Electrode holder (6) according to Claim 10, **characterized in that** a cylindrical inner face (6.6) for centring the electrode (7) with respect to the electrode holder (6) directly adjoins the inner thread (6.4), in particular wherein a stop face (6.7) is provided for the purpose of axially fixing an electrode (7) in the electrode holder (6).
12. Electrode holder (6) according to Claim 11, **characterized in that** the cylindrical inner face (6.6) has an inner diameter (D6.6) that is equal to or greater than the inner diameter (D6.4) of the inner thread (6.4).
13. Assembly consisting of a cooling pipe (10) according to one of Claims 4 to 7 and an electrode holder (6) according to one of Claims 10 to 12, wherein the cooling pipe (10) is screw-fitted to the electrode holder (6) by means of the outer thread (10.1) and the inner thread (6.1), in particular wherein the cooling pipe (10) and the electrode holder (6) are configured such that an annular gap (11) exists between them towards the front end.
14. Assembly according to Claim 13, **characterized in that** a transition fit exists between the cylindrical outer face (10.3) of the cooling pipe (10) and the cylindrical inner face (6.3) of the electrode holder (6).
15. Assembly consisting of a cooling pipe (10) according to one of Claims 1-7, which comprises an elongate body (10.13) with a rear end (10.14) that can be releasably connected to an electrode holder (6) of an arc plasma torch and a coolant duct (10.15) extending through this body, and an electrode holder (6) according to one of Claims 10-12, which comprises an elongate body (6.12) with one end (6.13) for accommodating an electrode (7) and a hollow interior (6.14), wherein at least one projection (10.6 and/or 10.7) is provided on the outer face (10.16) of the cooling pipe (10) for the purpose of centring the cooling pipe (10) in the electrode holder (6).
16. Assembly according to Claim 15, **characterized in that** there is provided a first group of projections (10.6) which are arranged circumferentially and

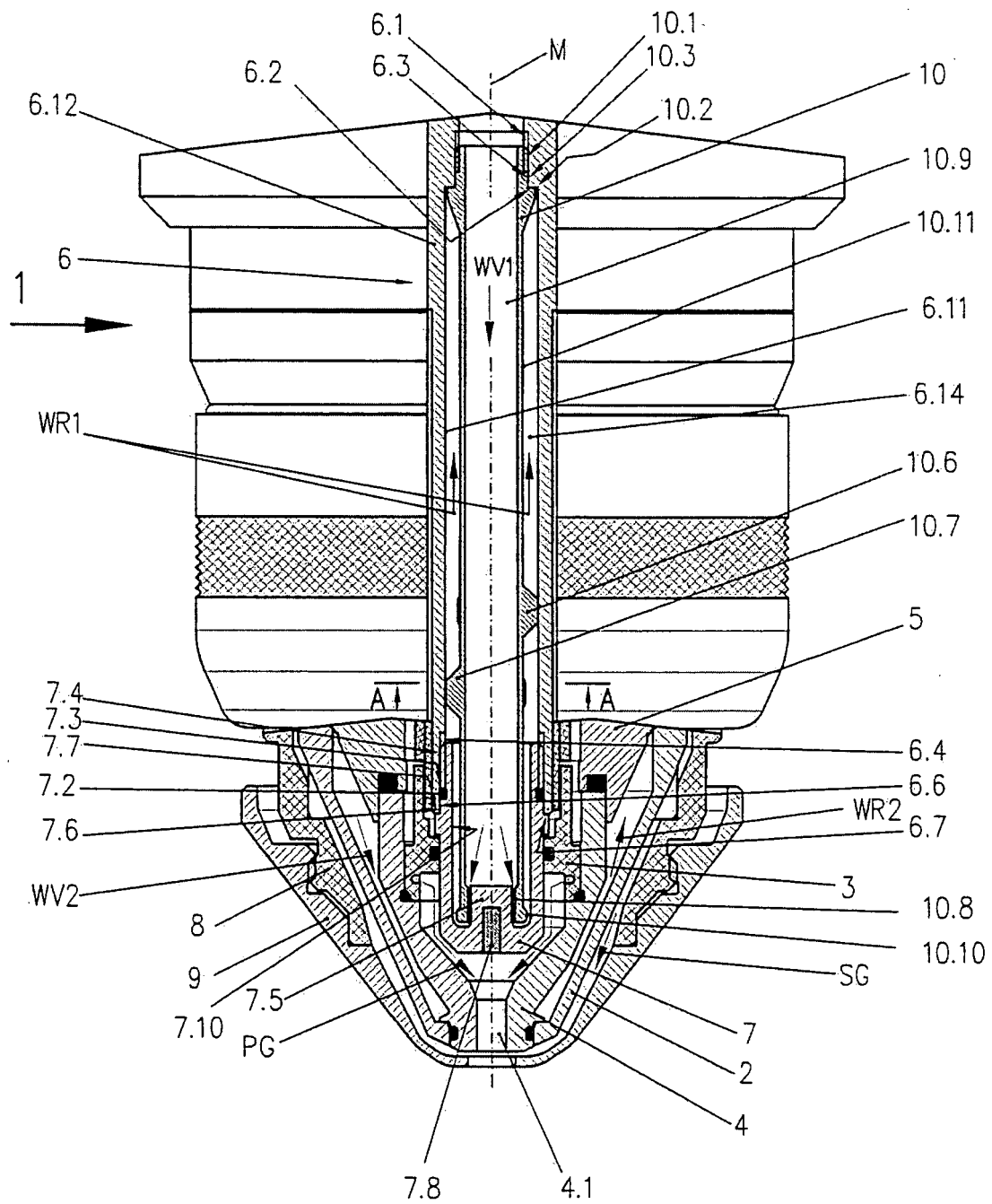
spaced apart from one another.

17. Assembly according to Claim 16, **characterized in that** there is provided a second group of projections (10.7) which are arranged circumferentially and spaced apart from one another, wherein the second group is axially offset with respect to the first group, in particular wherein the second group of projections (10.7) is circumferentially offset with respect to the first group of projections (10.6).
18. Electrode (7) for an arc plasma torch, comprising a hollow elongate body (7.11) with one open end (7.12) for arranging the front end of a cooling pipe according to one of Claims 1-7 therein, and one closed end (7.13), wherein the open end has an outer thread (7.4) for engaging with the inner thread (6.4) of an electrode holder (6) according to one of Claims 10-12, **characterized in that** directly adjoining the outer thread (7.4), towards the closed end (7.13), is a cylindrical outer face (7.6) for the purpose of centring the electrode (7) with respect to the electrode holder (6).
19. Electrode (7) according to Claim 18, **characterized in that** there is provided a stop face (7.7) for axially fixing the electrode (7) in the electrode holder (6).
20. Electrode (7) according to Claim 18 or 19, **characterized in that** the cylindrical outer face (7.6) has a circumferential groove (7.3), in particular wherein a round ring (7.2) is arranged in the groove (7.3) for sealing.
21. Electrode (7) according to one of Claims 18 to 20, **characterized in that** the cylindrical outer face (7.6) has an outer diameter (D7.6) that is equal to or greater than the outer diameter (D7.4) of the outer thread (7.4).
22. Assembly consisting of an electrode (7) according to one of Claims 18 to 21 and an electrode holder (6) according to one of Claims 11 and 12, wherein the electrode (7) is screw-fitted to the electrode holder (6) by means of the outer thread (7.4) and the inner thread (6.4), in particular wherein a transition fit exists between the cylindrical outer face (7.6) of the electrode (7) and the cylindrical inner face (6.6) of the electrode holder (6).
23. Arc plasma torch having a cooling pipe according to one of Claims 1 to 7, an electrode holder according to Claims 10 to 12, an electrode according to one of Claims 18 to 21, or an assembly according to one of Claims 8, 9, 13 to 17 and 22.

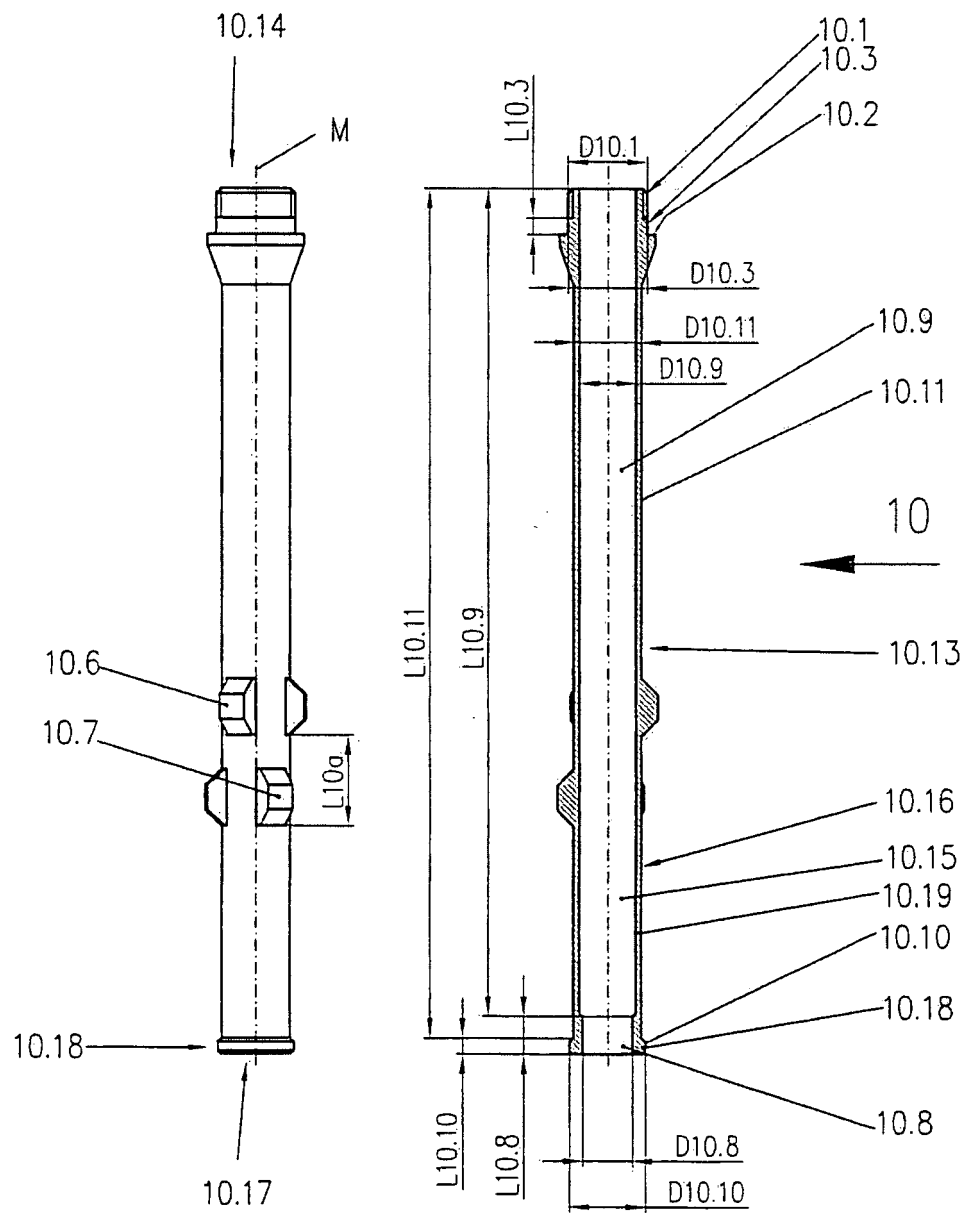
## Revendications

1. Tube de refroidissement (10) pour un chalumeau à plasma à arc électrique, comprenant un corps allongé (10.13) ayant une extrémité (10.17) qui peut être disposée dans l'extrémité ouverte (7.12) d'une électrode (7) et une extrémité arrière (10.14) ainsi qu'un canal à fluide de refroidissement (10.15) qui s'étend à travers celui-ci, un épaississement (10.18) en forme de bourrelet orienté vers l'intérieur et/ou l'extérieur de la paroi (10.19) du tube de refroidissement (10) se trouvant au niveau de ladite extrémité (10.17) et un premier groupe de parties en saillie (10.6), qui sont disposées sur la circonférence avec un écart donné entre elles, et un deuxième groupe de parties en saillie (10.7), qui sont disposées sur la circonférence avec un écart donné entre elles, se trouvant sur la surface extérieure (10.16) du tube de refroidissement (10) pour centrer le tube de refroidissement (10) dans un logement d'électrode (6), le deuxième groupe de parties en saillie étant décalé dans le sens axial par rapport au premier groupe de parties en saillie et le deuxième groupe de parties en saillie (10.7) étant décalé dans le sens circonférentiel par rapport au premier groupe de parties en saillie (10.6).
2. Tube de refroidissement (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'épaississement (10.18) s'étend sur au moins un millimètre dans le sens longitudinal du tube de refroidissement (10).
3. Tube de refroidissement (10) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'épaississement (10.18) donne lieu à une augmentation du diamètre extérieur (D10.11) d'au moins 0,2 millimètre et/ou à une diminution du diamètre intérieur (D10.9) d'au moins 0,2 millimètre.
4. Tube de refroidissement (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un filet mâle (10.1) servant au couplage amovible de l'extrémité arrière (10.14) avec un logement d'électrode (6) se trouve à l'extrémité arrière, une surface extérieure cylindrique (10.3) se rattachant à celle-ci pour le centrage du tube de refroidissement (10) par rapport au logement d'électrode (6).
5. Tube de refroidissement (10) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**il existe une surface de butée (10.2) servant à la fixation axiale du tube de refroidissement (10) dans le logement d'électrode (6).
6. Tube de refroidissement (10) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la surface extérieure cylindrique (10.3) possède une rainure (10.4) circonférentielle, un joint torique (10.5) servant à l'étanchéité étant notamment disposé dans la rainure (10.4).
7. Tube de refroidissement (10) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la surface extérieure cylindrique (10.3) présente un diamètre extérieur (D10.3) qui possède exactement la même taille ou qui est plus grand que le diamètre extérieur maximal (D10.1) du filet mâle (10.1).
8. Arrangement constitué d'un tube de refroidissement (10) selon l'une des revendications précédentes et d'une électrode (7), laquelle possède un corps allongé creux (7.11) muni d'une extrémité ouverte (7.12), dans laquelle est disposée l'extrémité avant (10.17) du tube de refroidissement (10), et d'une extrémité fermée (7.13), la surface du fond (7.14) de l'extrémité fermée (7.13) possédant une zone saillante (7.5) au-dessus de laquelle s'étend l'extrémité (10.17) du tube de refroidissement (10), et l'épaississement (10.18) dans le sens longitudinal s'étendant au moins au-dessus de la zone saillante (7.5).
9. Arrangement selon la revendication 8, comprenant en outre un logement d'électrode (6) qui possède un corps allongé (6.12) ayant une extrémité (6.13) dans laquelle est accueillie l'électrode (7) et un intérieur creux (6.14), le tube de refroidissement (10) s'étendant dans l'intérieur creux (6.14).
10. Logement d'électrode (6) pour un chalumeau à plasma à arc électrique, comprenant un corps allongé (6.12) ayant une extrémité (6.13) destinée à accueillir une électrode (7) et un intérieur creux (6.14), un filet femelle (6.1) servant au vissage d'une extrémité arrière (10.14) d'un tube de refroidissement (10) selon l'une des revendications 1 à 7 se trouvant dans l'intérieur creux (6.14), une surface intérieure cylindrique (6.3) se rattachant à celui-ci pour centrer le tube de refroidissement (10) par rapport au logement d'électrode (6), la surface intérieure cylindrique (6.3) présentant un diamètre intérieur (D6.3) qui possède exactement la même taille ou qui est plus grand que le diamètre intérieur (D6.1) du filet femelle (6.1) et une surface de butée (6.2) servant au blocage axial du tube de refroidissement (10) dans le logement d'électrode (6) étant présente.
11. Logement d'électrode (6) selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'**une surface intérieure cylindrique (6.6) servant au centrage de l'électrode (7) par rapport au logement d'électrode (6) se rattache directement au filet femelle (6.4), une surface de butée (6.7) servant au blocage axial d'une électrode (7) dans le logement d'électrode (6) étant notamment présente.

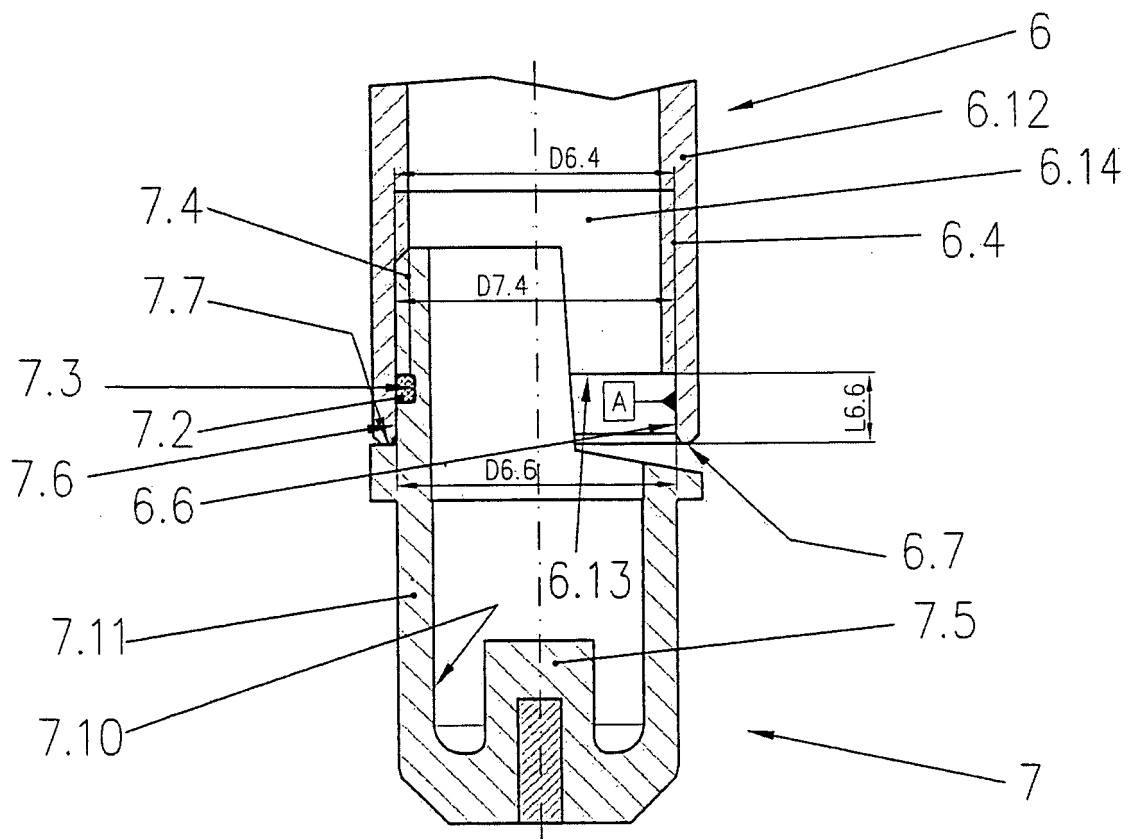
12. Logement d'électrode (6) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la surface intérieure cylindrique (6.6) présente un diamètre intérieur (D6.6) qui possède exactement la même taille ou qui est plus grand que le diamètre intérieur (D6.4) du filet femelle (6.4).
13. Arrangement constitué d'un tube de refroidissement (10) selon l'une des revendications 4 à 7 et d'un logement d'électrode (6) selon l'une des revendications 10 à 12, le tube de refroidissement (10) étant vissé au logement d'électrode (6) par le biais du filet mâle (10.1) et du filet femelle (6.1), le tube de refroidissement (10) et le logement d'électrode (6) étant notamment configurés de telle sorte qu'une fente annulaire (11) se trouve entre eux vers l'extrémité avant.
14. Arrangement selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la surface extérieure cylindrique (10.3) du tube de refroidissement (10) et la surface intérieure cylindrique (6.3) du logement d'électrode (6) possèdent un ajustement de transition.
15. Arrangement constitué d'un tube de refroidissement (10) selon l'une des revendications 1 à 7, lequel comporte un corps allongé (10.13) ayant une extrémité arrière (10.14) qui peut être couplée de manière amovible à un logement d'électrode (6) d'un chalumeau à plasma à arc électrique ainsi qu'un canal à fluide de refroidissement (10.15) qui s'étend à travers celui-ci, et d'un logement d'électrode (6) selon l'une des revendications 10 à 12 qui comporte un corps allongé (6.12) ayant une extrémité (6.13) destinée à accueillir une électrode (7) et un intérieur creux (6.14), au moins une partie en saillie (10.6 et/ou 10.7) servant au centrage du tube de refroidissement (10) dans le logement d'électrode (6) se trouvant sur la surface extérieure (10.16) du tube de refroidissement (10).
16. Arrangement selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'un** premier groupe de parties en saillie (10.6) est présent, lesquelles sont disposées sur la circonférence avec un écart donné entre elles.
17. Arrangement selon la revendication 16, **caractérisé en ce qu'un** deuxième groupe de parties en saillie (10.7) est présent, lesquelles sont disposées sur la circonférence avec un écart donné entre elles, le deuxième groupe étant décalé dans le sens axial par rapport au premier groupe, le deuxième groupe de parties en saillie (10.7) étant notamment décalé dans le sens circonférentiel par rapport au premier groupe de parties en saillie (10.6).
18. Électrode (7) pour un chalumeau à plasma à arc électrique, comprenant un corps allongé creux (7.11) muni d'une extrémité ouverte (7.12) servant à disposer l'extrémité avant d'un tube de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 7 dans celle-ci et une extrémité fermée (7.13), l'extrémité ouverte possédant un filet mâle (7.4) servant au vissage avec le filet femelle (6.4) d'un logement d'électrode (6) selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisée** ce que une surface extérieure cylindrique (7.6) servant au centrage de l'électrode (7) par rapport au logement d'électrode (6) se rattache directement au filet mâle (7.4) en direction de l'extrémité fermée (7.13).
19. Électrode (7) selon la revendication 18, **caractérisée en ce qu'il** existe une surface de butée (7.7) servant au blocage axial de l'électrode (7) dans le logement d'électrode (6).
20. Électrode (7) selon la revendication 18 ou 19, **caractérisée en ce que** la surface extérieure cylindrique (7.6) possède une rainure (7.3) circonférentielle, un joint torique (7.2) servant à l'étanchéité étant notamment disposé dans la rainure (7.3).
21. Électrode (7) selon l'une des revendications 18 à 20, **caractérisée en ce que** la surface extérieure cylindrique (7.6) présente un diamètre extérieur (D7.6) qui possède exactement la même taille que le diamètre extérieur (D7.4) du filet mâle (7.4) ou est supérieur à celui-ci.
22. Arrangement constitué d'une électrode (7) selon l'une des revendications 18 à 21 et d'un logement d'électrode (6) selon l'une des revendications 11 ou 12, l'électrode (7) étant vissée au logement d'électrode (6) par le biais du filet mâle (7.4) et du filet femelle (6.4), la surface extérieure cylindrique (7.6) de l'électrode (7) et la surface intérieure cylindrique (6.6) du logement d'électrode (6) possédant notamment un ajustement de transition.
23. Chalumeau à plasma à arc électrique équipé d'un tube de refroidissement selon l'une des revendications 1 à 7, d'un logement d'électrode selon l'une des revendications 10 à 12, d'une électrode selon l'une des revendications 18 à 21 ou d'un arrangement selon l'une des revendications 8, 9, 13 à 17 et 22.



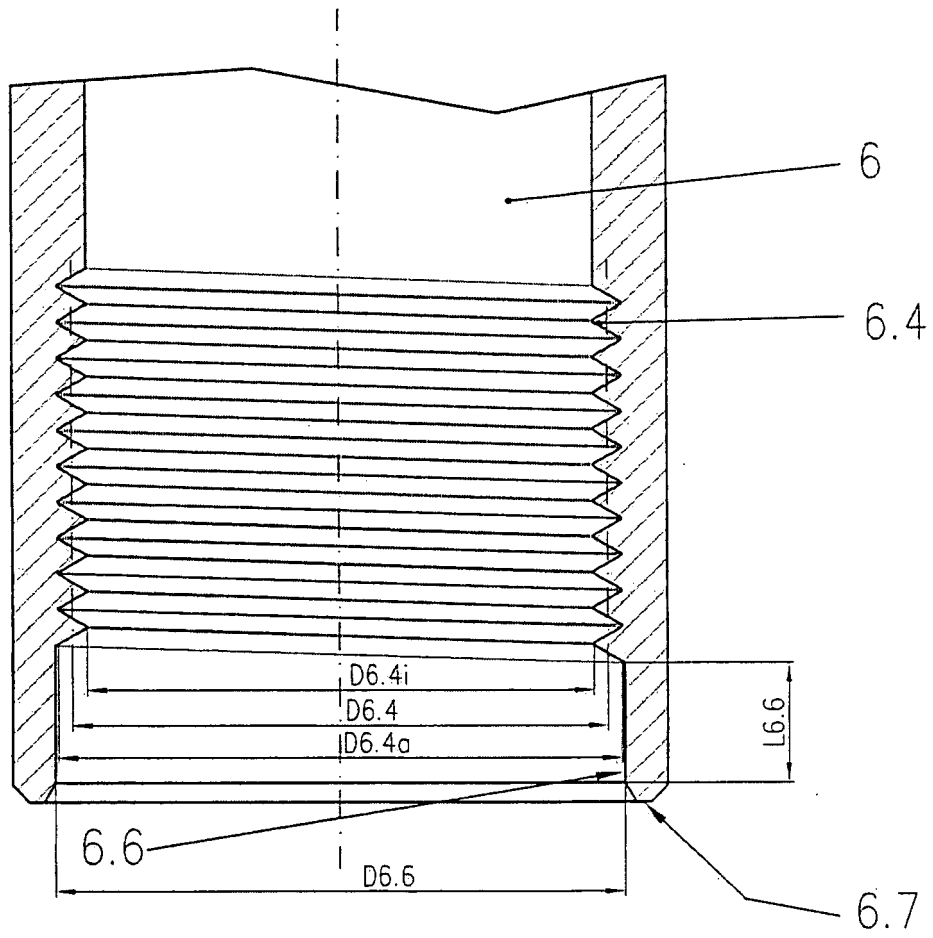
Figur 1



Figur 2

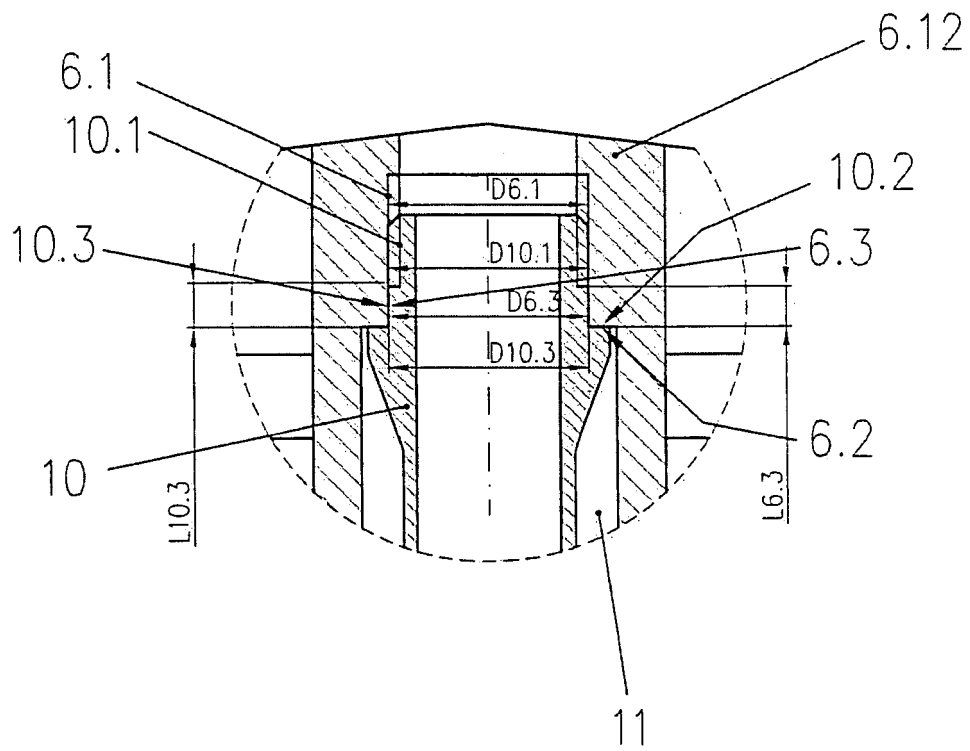


Figur 3

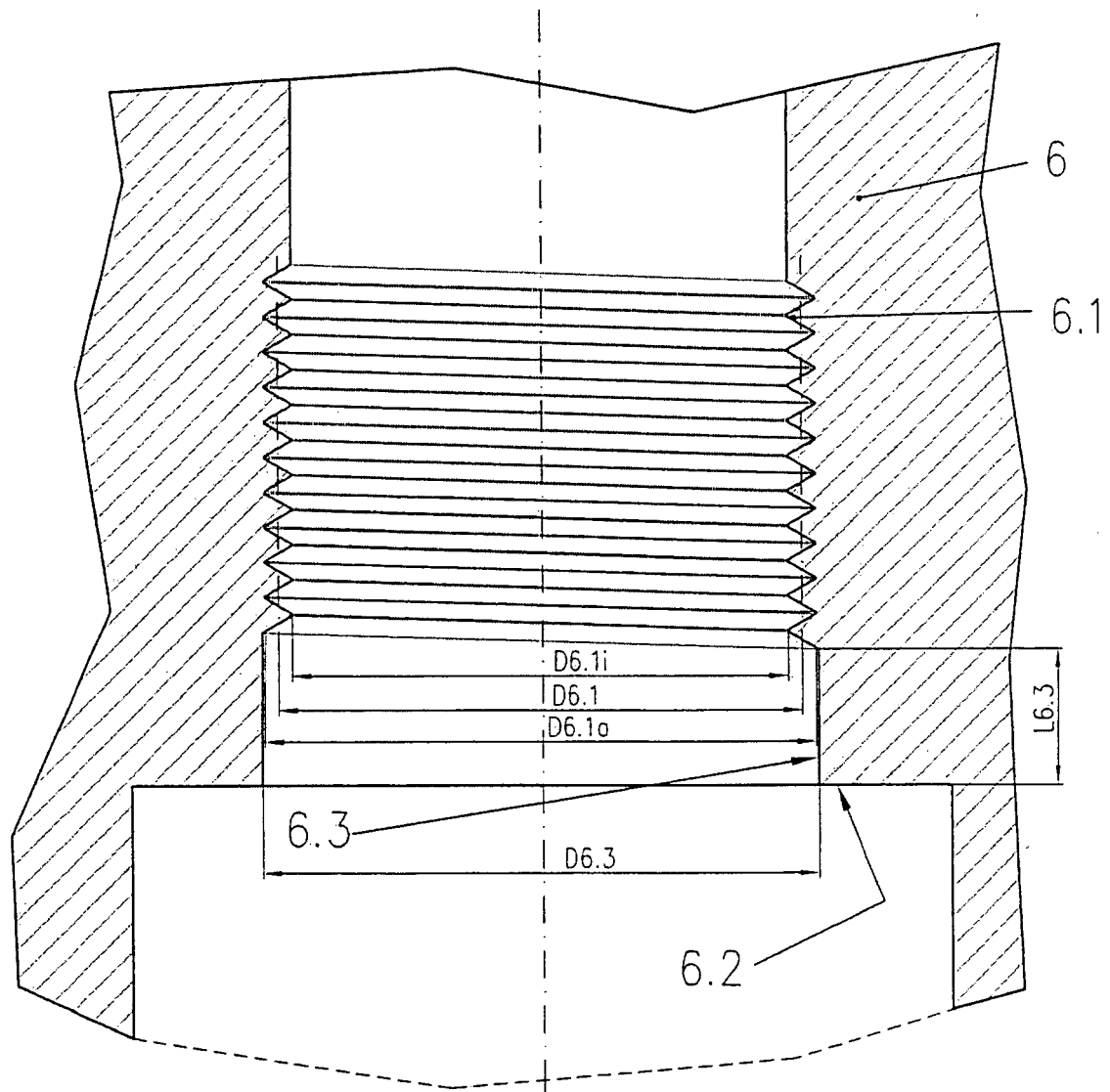


Figur 4

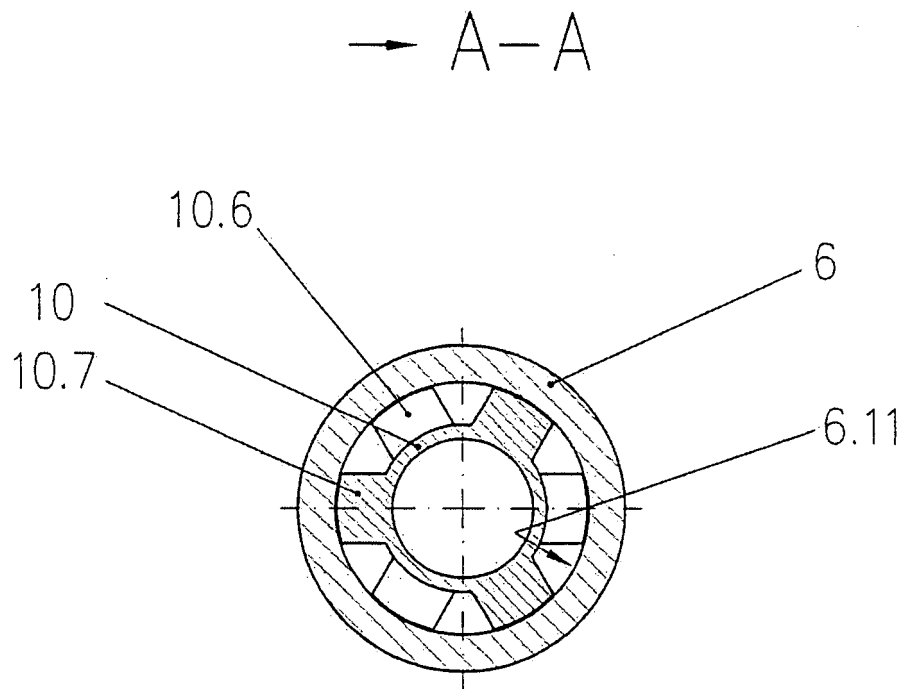




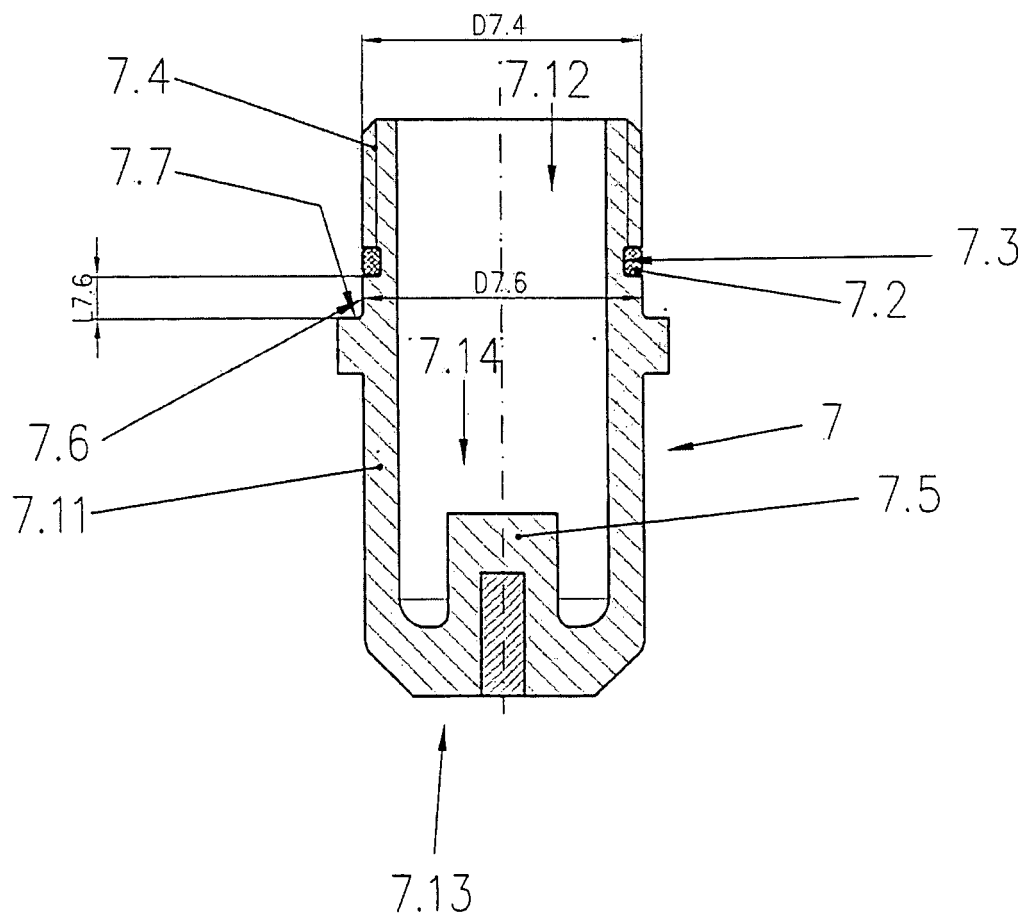
Figur 5



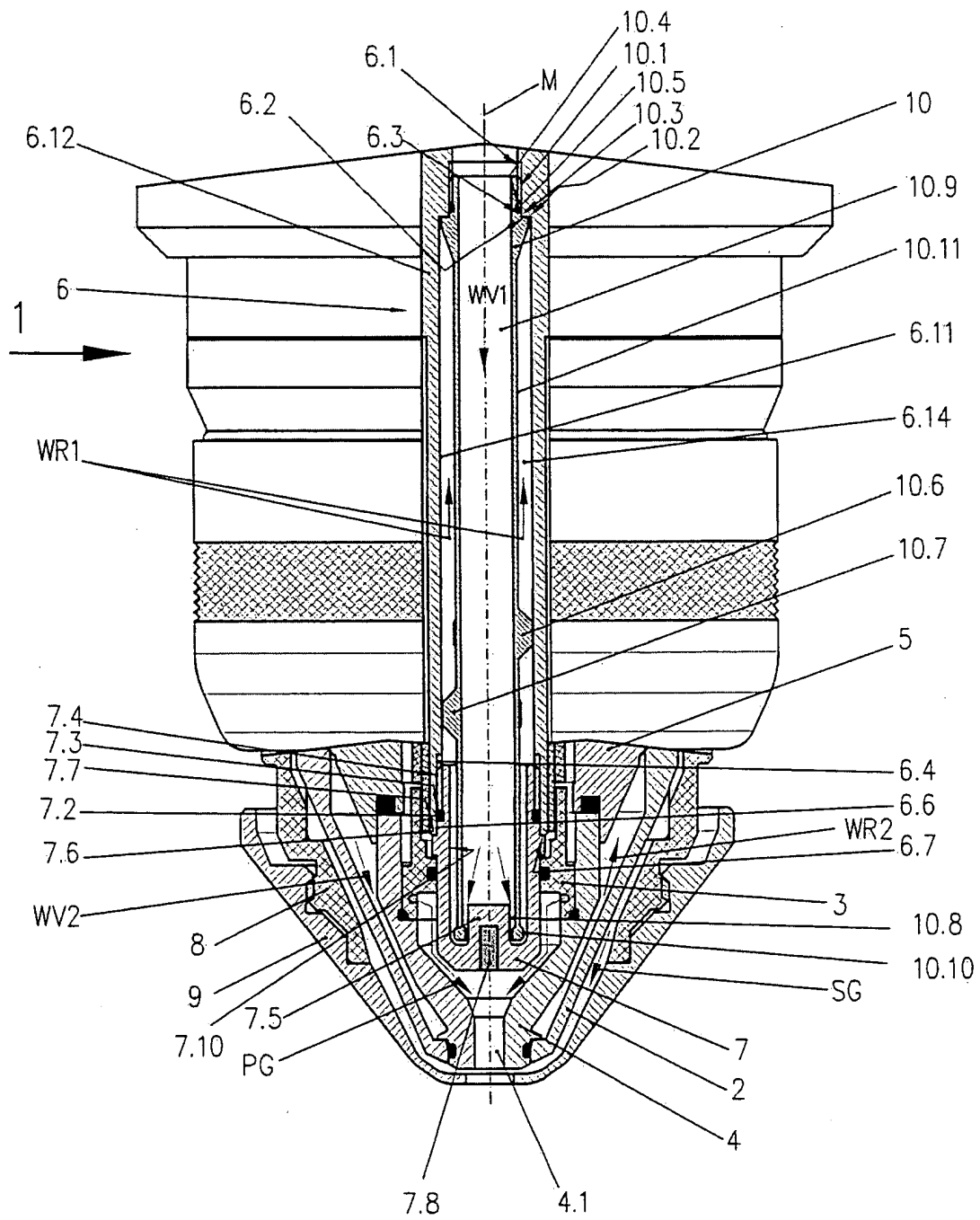
Figur 6



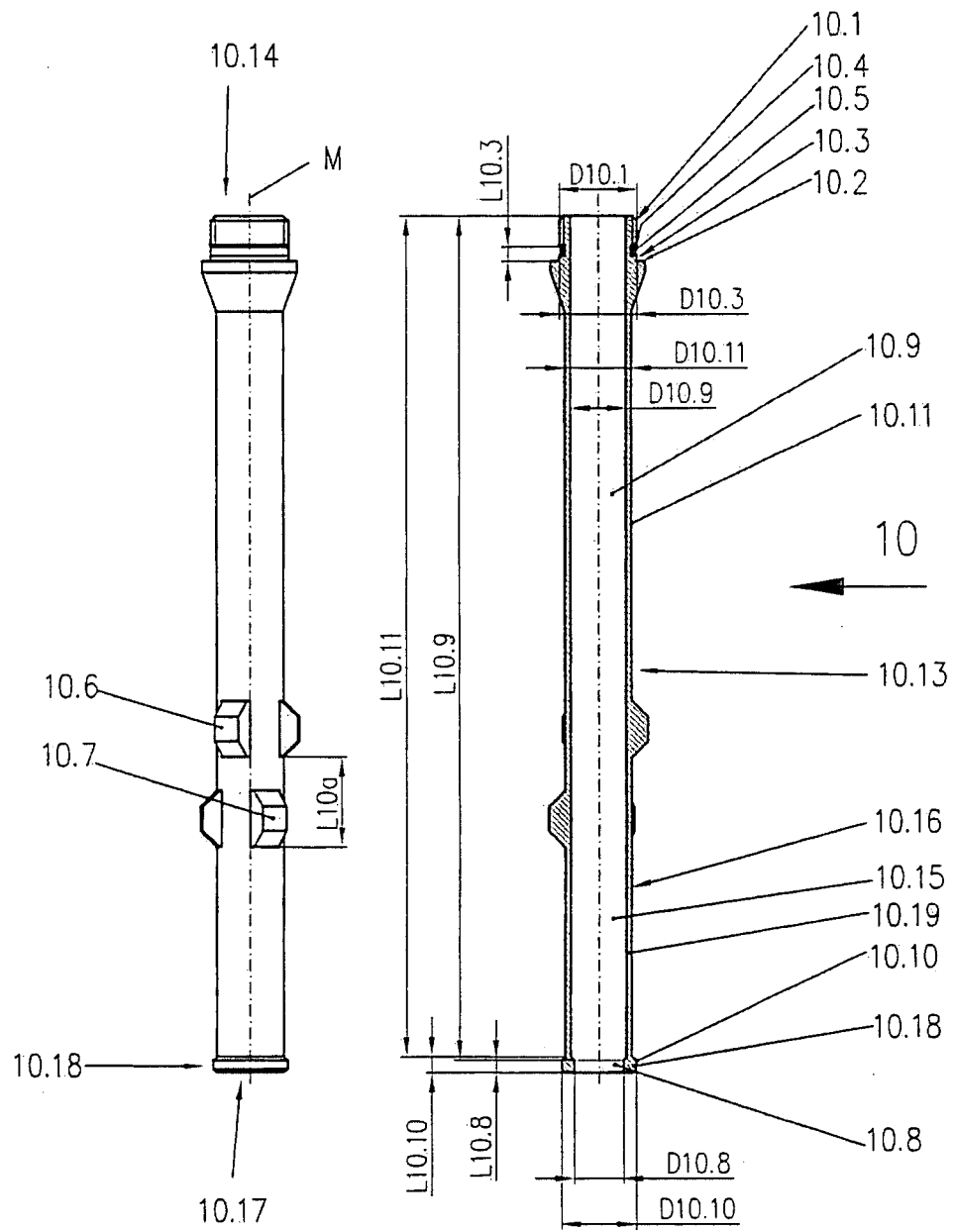
Figur 7



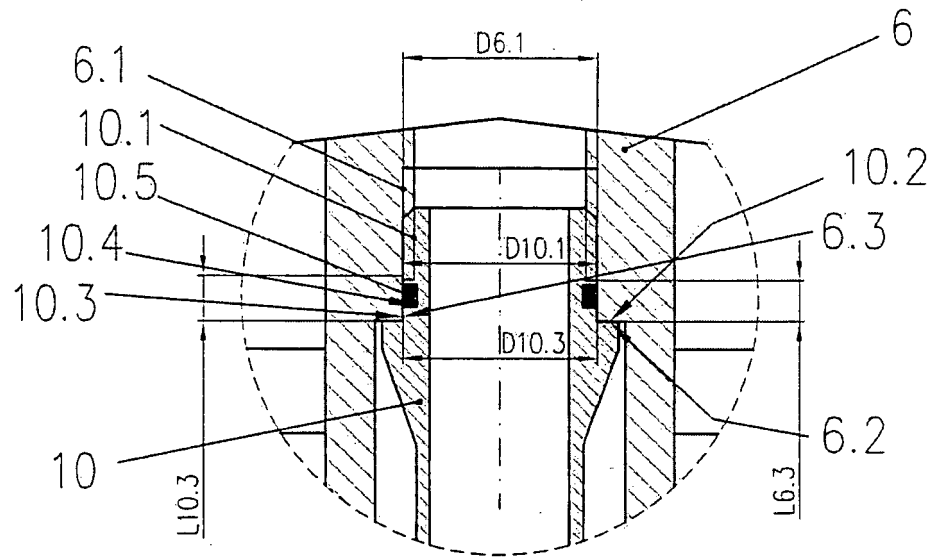
Figur 8



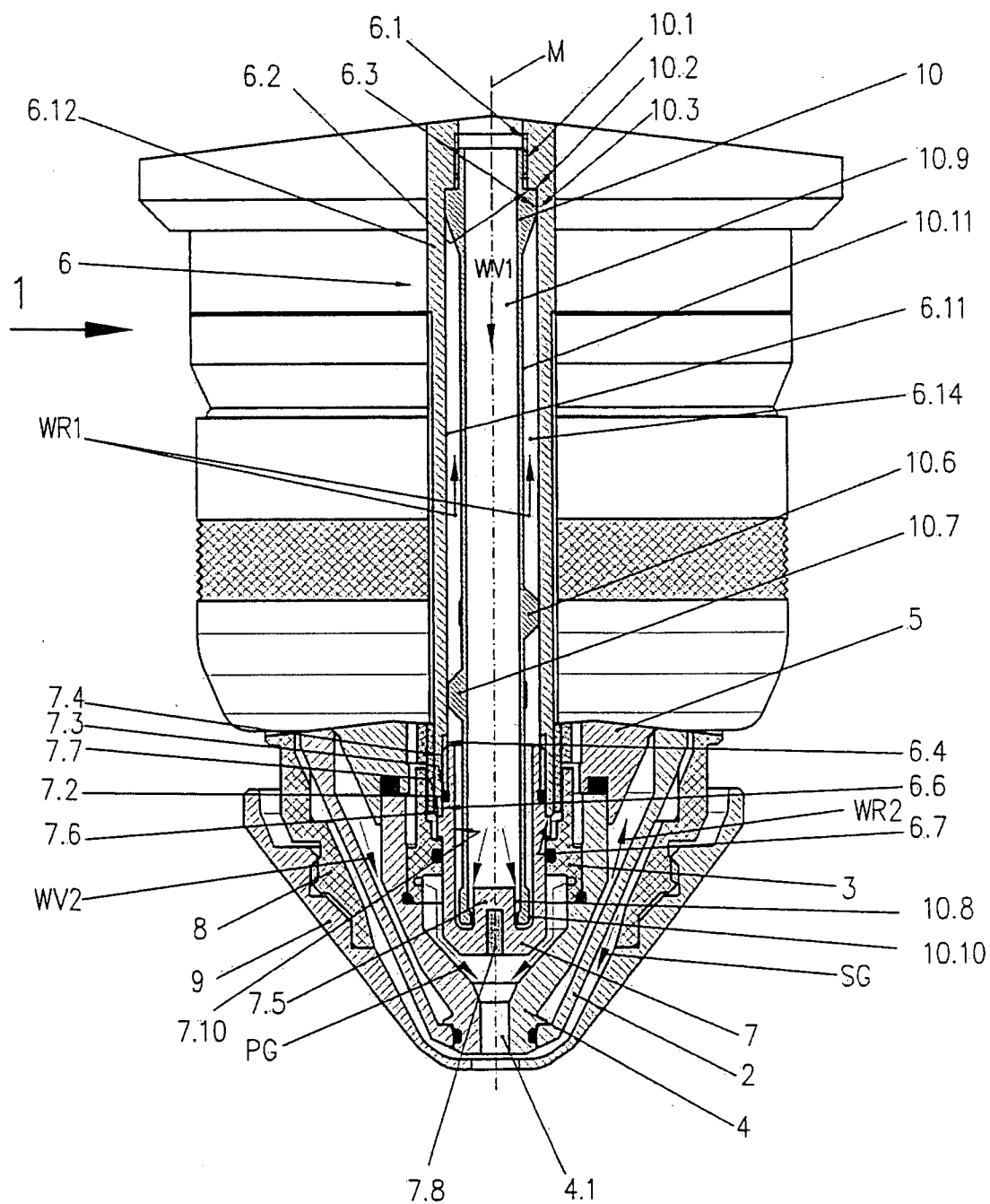
Figur 9



Figur 10

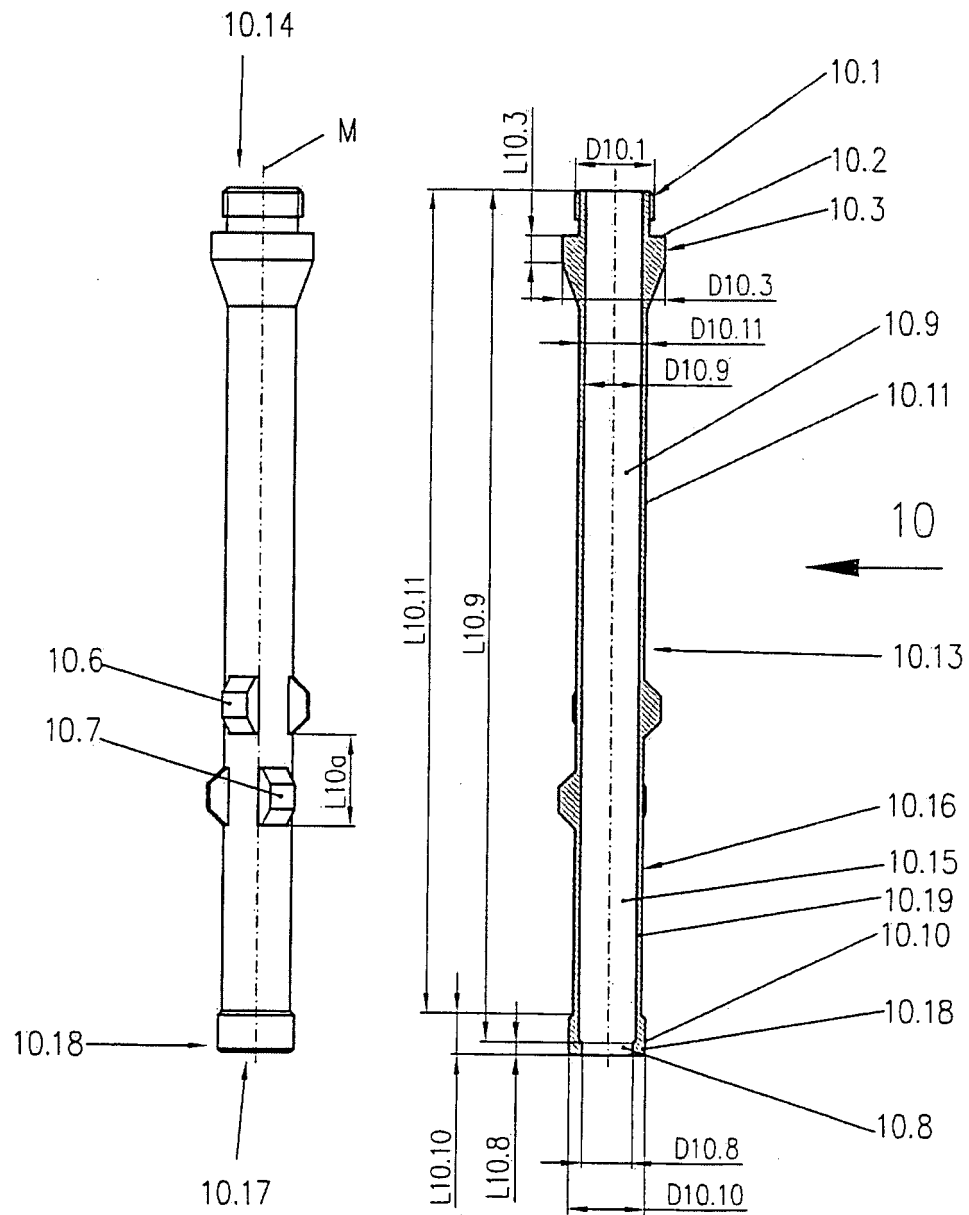


Figur 11

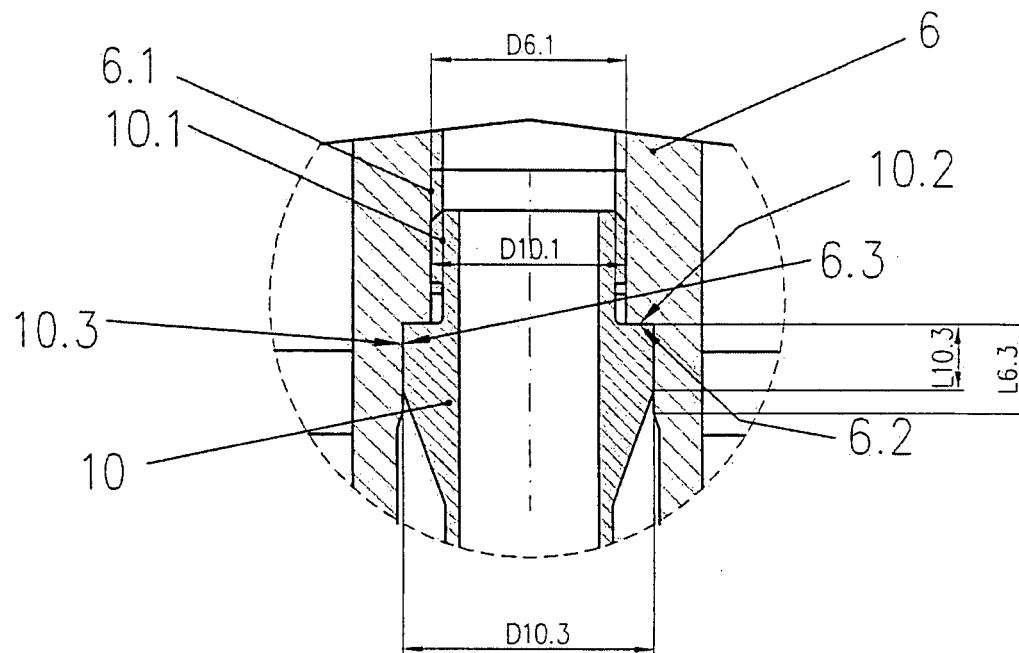


Figur 12

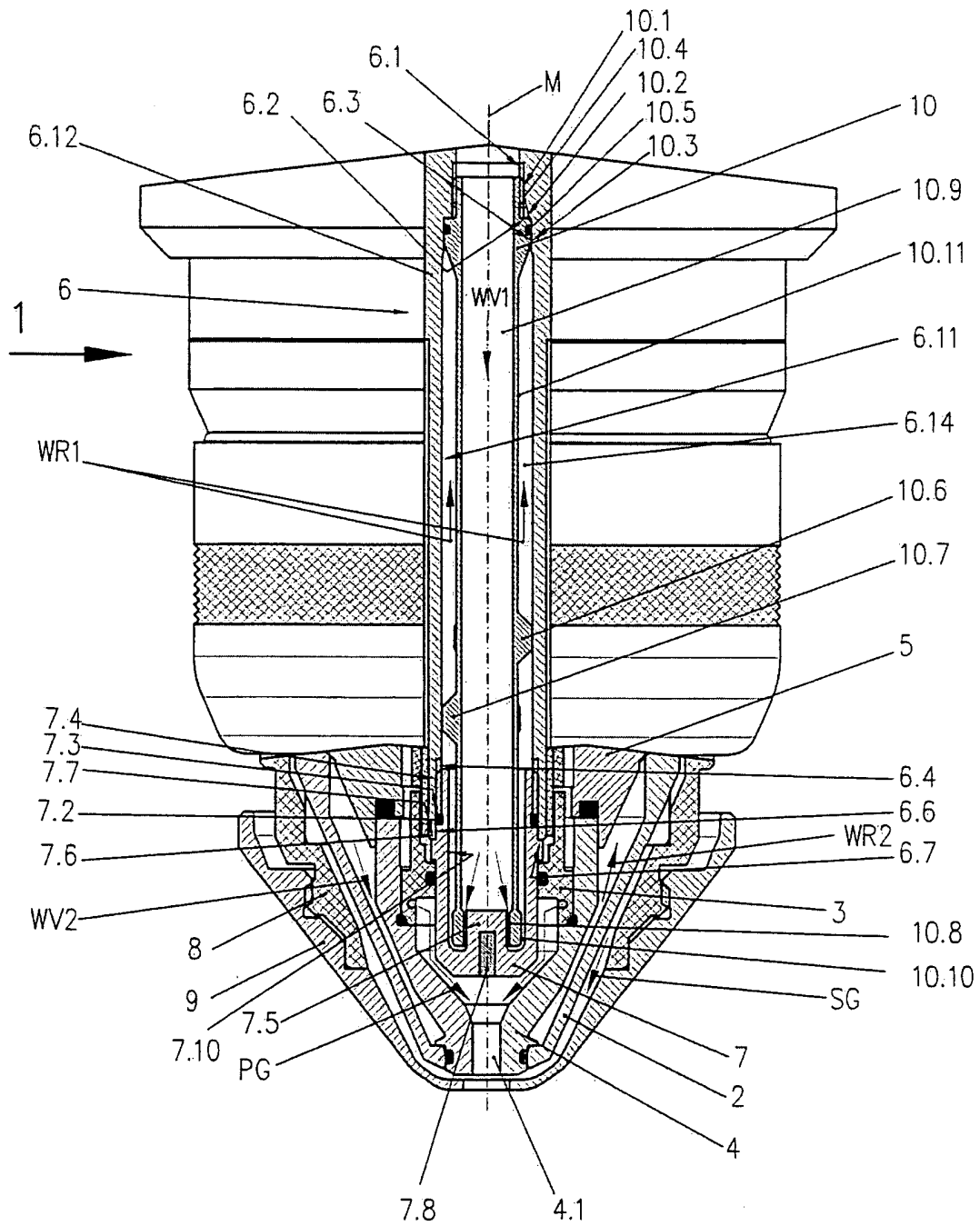




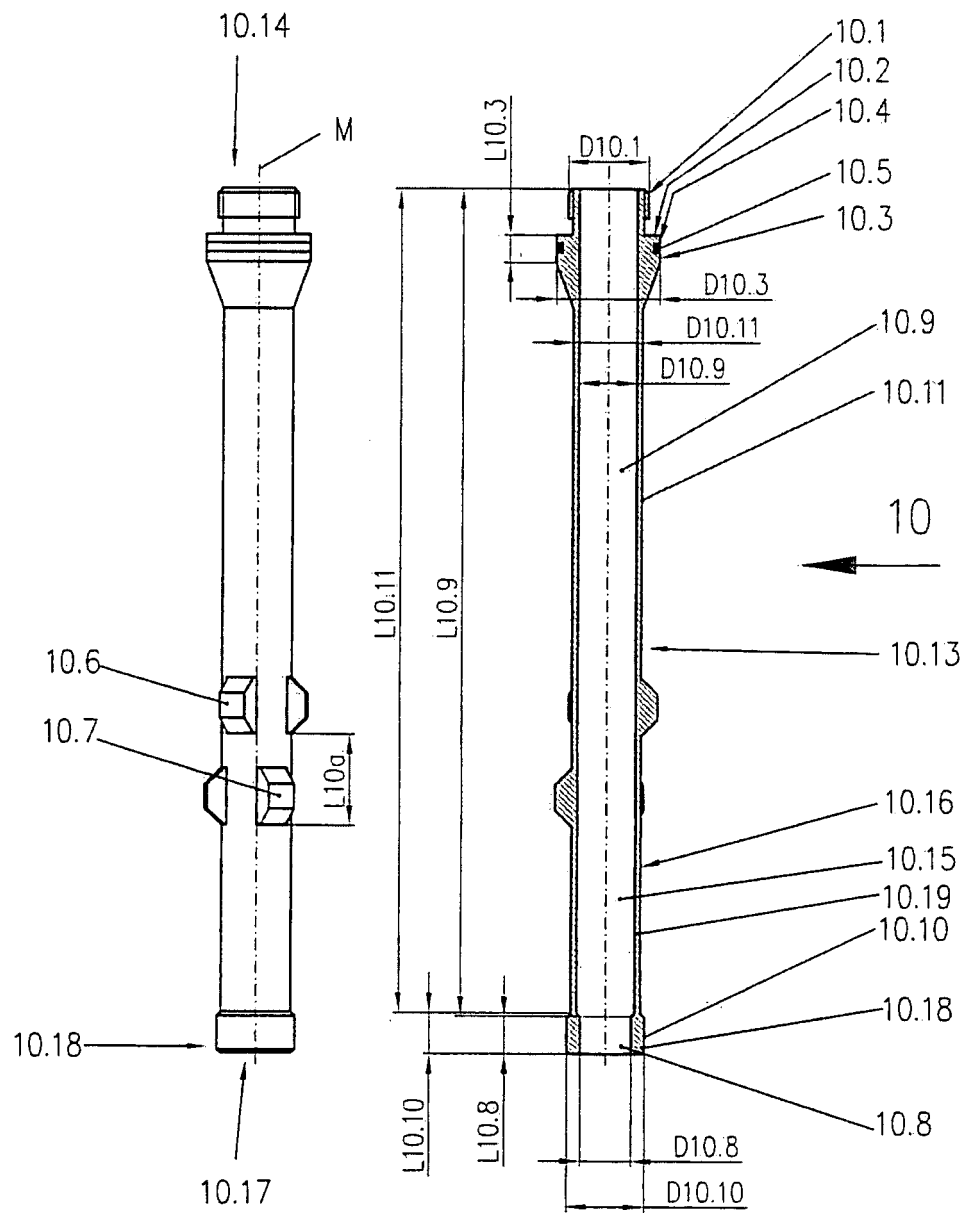
Figur 13



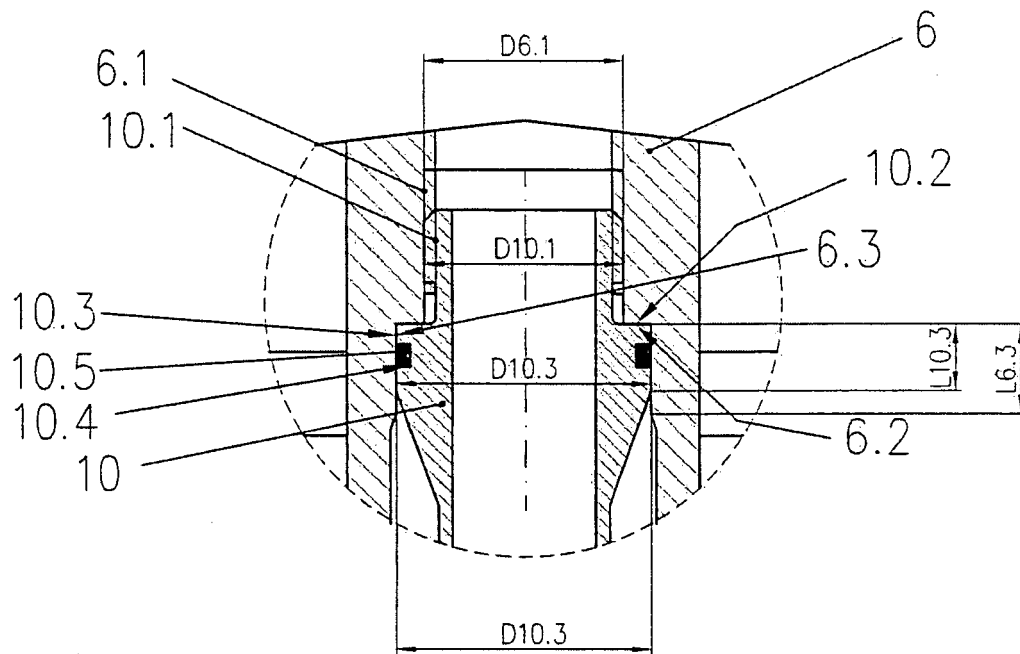
Figur 14



Figur 15



Figur 16



Figur 17