



(11) **EP 1 481 574 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.12.2008 Patentblatt 2008/51

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

(21) Anmeldenummer: **03729808.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/000763

(22) Anmeldetag: **05.03.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/075621 (12.09.2003 Gazette 2003/37)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ELEKTRODENELEMENTES FÜR PLASMAABRENNER**
METHOD FOR THE PRODUCTION OF ELECTRODE ELEMENT FOR A PLASMA TORCH
PROCEDE DE FABRICATION D'UN ELEMENT ELECTRODE POUR CHALUMEAU A PLASMA

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **06.03.2002 DE 10210421**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.12.2004 Patentblatt 2004/49

(73) Patentinhaber:
• **Kjellberg Finsterwalde Plasma und Maschinen GmbH**
03238 Finsterwalde (DE)
• **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
• **KRINK, Volker**
03238 Finsterwalde (DE)

- **LAURISCH, Frank**
03238 Finsterwalde (DE)
- **MÖHLER, Wolfram**
09599 Freiberg (DE)
- **LOTZE, Gerd**
01219 Dresden (DE)
- **LÖBL, Helmut**
01187 Dresden (DE)

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**
Patent- und Rechtsanwälte
Gostritzer Strasse 61-63
01217 Dresden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 334 981 EP-A- 0 437 915
US-A- 5 767 478 US-A- 6 130 399

EP 1 481 574 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 Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Elektrodenelemente für Plasmabrenner. Ein solches Elektrodenelement ist besonders für das Plasmaschneiden, bei dem als Plasmagas Sauerstoff Verwendung findet, geeignet.

[0002] Solche Elektroden sind beim Einsatz in Plasmabrennern thermisch und elektrisch sehr hoch beansprucht, so dass sie nur begrenzte Lebensdauern erreichen und ein kostenaufwändiger Austausch der Elektroden in mehr oder weniger langen Zeitabständen erforderlich ist.

[0003] Insbesondere die hohe thermische Belastung durch Temperaturen bis zu 50000 Kelvin erfordern eine geeignete Konstruktion und eine geeignete Auswahl der für eine solche Elektrode verwendeten Materialien.

[0004] So werden bisher für das Plasmaschneiden, unter Verwendung von Sauerstoff als Plasmagas, Elektroden, die im Wesentlichen aus Hafnium bestehen, mit einer Schmelztemperatur im Bereich von 2220 °C eingesetzt. Hafnium weist eine im Gegensatz zu vielen anderen elektrisch leitenden Metallen niedrige Austrittsarbeit auf, so dass es für den Einsatz besonders geeignet ist.

[0005] In der Regel werden solche stiftförmigen Hafniumelektroden mit einer Kupferfassung eingesetzt und dabei die hohe thermische und elektrische Leitfähigkeit des Kupfers ausgenutzt.

[0006] Bei einer solchen Ausbildung muss jedoch die elektrische Stromkorrosion (Elektromigration) und Diffusion, die den Übergangswiderstand zwischen dem Hafnium und dem Kupfer dann vergrößert, klein gehalten werden.

[0007] Insbesondere beim Plasmaschneiden mit oxidierenden Gasen, wie dies der bereits erwähnte Sauerstoff ist, tritt beim Kupfer eine Oxidation auf, so dass die thermische Leitfähigkeit und der elektrische Übergangswiderstand zwischen Kupfer und Hafnium negativ beeinflusst werden.

[0008] Infolge einer hohen Stromkorrosion und Oxidation ergibt sich eine erhöhte Leistungsumsetzung an den Grenzen zwischen dem Hafnium und dem Kupfer, so dass die Prozesse der Alterung beschleunigt fortschreiten.

[0009] Durch die verstärkte Bildung von Kupferoxid auf dem Kupfermantel bei höheren Temperaturen in unmittelbarer Nähe des Hafniumkerns wird zusätzlich die Austrittsarbeit des Kupfers verringert und es können demzufolge auch aus dem Kupferelektronen emittiert werden. Dadurch kommt es zu einem örtlichen Aufschmelzen des Kupfers und demzufolge zur Unbrauchbarkeit einer solchen Plasmaelektrode.

[0010] Um diesen Problemen entgegen zu wirken, wird nach dem Stand der Technik Silber oder eine Silberlegierung eingesetzt. Silber weist ebenfalls gute thermische und elektrische Leitfähigkeiten sowie eine höhere Austrittsarbeit auf. Insbesondere ist die Oxidbildung

bei Silber gegenüber Kupfer bei höheren Temperaturen geringer.

[0011] Eine entsprechende Lösung ist in EP 0 980 197 A2 beschrieben. Dabei soll ein Kupferhalter Verwendung finden, in den in eine als Sackloch ausgebildete Aufnahme eine Silberhülse, die aus einer ausgewählten Silberlegierung besteht und einen in das Innere des Kupferhalters weisenden geschlossenen Boden aufweist, eingepresst werden.

[0012] In diese Silberhülse wird dann wieder eine stiftförmige Elektrode aus Hafnium eingepresst.

[0013] Ein solcher Aufbau weist mehrere Nachteile auf. Dies betrifft zum einen die aufwendige Herstellung, bei der die einzelnen Elemente gesondert und teilweise durch zerspanende Bearbeitung gefertigt werden müssen. Die drei einzelnen Teile müssen dann zu einem Element zusammengefügt werden, wobei hohe Anforderungen beim Fügen und dem Handling wegen der relativ kleinformatischen Silberhülse und dem Hafniumstift erfüllt werden müssen. Außerdem muss das mechanische Einpressen der Silberhülse und des Hafniumstiftes sehr sorgfältig durchgeführt werden.

[0014] Eine ähnliche Lösung ist auch aus EP 0 437 915 A2 bekannt. Dabei ist an der Elektrode ein die Kathode bildender Einsatz aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit niedrigerer Austrittsarbeit von einer Hülse aus einem Metall oder Metalllegierung mit höherer Austrittsarbeit vorhanden, die metallurgisch miteinander verbunden sind. Eine analog ausgebildete Elektrode ist auch aus EP 1 272 013 A2 bekannt. Auch hier ist ein Element als Kathode aus einem Metall oder Metalllegierung mit niedriger Austrittsarbeit von einem Metall (Ag, Au, Cu, Al) oder einer Metalllegierung mit höherer Austrittsarbeit hülsenförmig umschlossen. Eine zylinderförmige Aufnahme für das Element kann im hülsenförmigen Element durch Bohren oder bei einer Extrusion ausgebildet werden.

[0015] Die in US 6,130,399 und US 5,767,478 beschriebenen Lösungen betreffen ebenfalls Elektroden für Plasmabrenner.

[0016] In EP 0 334 981 A1 ist ein Werkstoff für Elektroden offenbart.

[0017] Trotzdem kann lediglich ein lokal begrenzter Kontakt/ zwischen Kupfer, Silber und Hafnium erreicht werden, so dass sich insbesondere diese punktförmigen Berührungen negativ in Bezug auf die bereits erwähnte Stromkorrosion auswirken und selbstverständlich auch die Wärmeleitfähigkeit entsprechend negativ beeinflusst wird.

[0018] Dementsprechend werden mit einer solchen Lösung die gegenüber bis dahin bekannten für Plasmabrenner genutzten Elektroden geringfügig erhöhte Lebensdauer durch deutlich höhere Herstellungskosten weitestgehend kompensiert.

[0019] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein geeignetes Herstellungsverfahren vorzuschlagen, mit dem die Herstellungskosten bei gleichzeitiger Erhöhung der Lebensdauer reduziert werden können.

[0020] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Elektrodenelement, das die Merkmale des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung können mit den in den untergeordneten Ansprüche bezeichneten Merkmalen erreicht werden.

[0021] Das erfindungsgemäß hergestellte Elektrodenelement für die in Rede stehenden Plasmabrenner weist mindestens einen Kern aus einem Metall oder einer Metall-Legierung mit kleinerer Austrittsarbeit als ein Metall oder eine Metalllegierung, aus dem/der ein den mindestens einen Kern einfassendes Mantelteil gebildet ist, wobei der eine bzw. auch mehrere Kern(e) die eigentliche als Katode geschaltete Elektrode bilden.

[0022] Zwischen den unterschiedlichen Materialien, also der Kernoberfläche und dem Mantelteil ist in einer erfinderischen Alternative eine in gradiert Form ausgebildete Grenzschicht vorhanden, die aus Mischkristallen der jeweiligen Metalle bzw. Metall-Legierungen gebildet ist.

[0023] In einer zweiten Alternative für ein erfindungsgemäß hergestelltes Elektrodenelement ist eine Zwischenschicht zwischen der Kernoberfläche und dem Mantelteilmaterial aus einem weiteren Metall oder einer Metall-Legierung mit größerer Austrittsarbeit, als der des Kernmaterials ausgebildet, wobei die Zwischenschicht in Richtung Kern und Mantelteil jeweils einen gradierten Übergang in Form von entsprechend ausgebildeten Grenzschichten bildet.

[0024] Als besonders geeignetes Material für den Kern kann Hafnium bzw. eine Hafniumlegierung eingesetzt werden, wobei der Anteil von Legierungskomponenten relativ klein gehalten werden sollte.

[0025] Neben dem Hafnium bzw. dessen Legierungen können aber auch Wolfram, Zirkonium oder Tantal bzw. Legierungen dieser Elemente als Kernmaterialien eingesetzt werden.

[0026] Ein bevorzugtes Material für das Mantelteil ist Kupfer bzw. eine Kupferlegierung.

[0027] Die Zwischenschicht kann wiederum aus Silber oder einer Silberlegierung ausgebildet werden.

[0028] Die erfindungsgemäß bei einem Elektrodenelement vorhandenen Grenzschichten, die jeweils gradierte Übergänge der unterschiedlichen Materialien bilden, sind bei den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen, wie z.B. bei der in EP 0 980 197 A2 beschriebenen nicht vorhanden, da dies konstruktiv und herstellungsbedingt nicht möglich ist.

[0029] Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die erfindungsgemäßen Elektrodenelemente einfach und kostengünstig durch ein Formgebungs- und Fügeverfahren bei Ausnutzung von Druckkräften (Presskräften) hergestellt werden können, wobei die entsprechenden Grenzschichten mit den gradierten Übergängen ohne zusätzliche technologische Verfahrensschritte ausgebildet werden können. Die Herstellung erfolgt dabei durch Strangpressen.

[0030] So ist die Ausbildung von Mischkristallen in ei-

ner Grenzschicht zwischen den bezeichneten Kern- und Mantelteilmaterialien (z.B. Cu und Hf) nicht ohne weiteres zu erwarten gewesen, da die Differenz zwischen den jeweiligen Schmelztemperaturen der beiden hierfür eingesetzten Metalle erheblich ist und bei ca. 1000 °K liegt. Bei der erfindungsgemäßen Lösung können bei Verzicht einer Zwischenschicht gemäß einer Alternative eines erfindungsgemäßen Elektrodenelementes Mischkristalle aus Kupfer und Hafnium gebildet werden, so dass ein gradiert Übergang, insbesondere für die elektrische und die thermische Leitfähigkeit nicht nur punktuell, sondern über die gesamte zu verfügbare Fläche erreicht werden kann.

[0031] Als Vorprodukte für den einen oder auch mehrere Kern(e), das Mantelteil und/oder eine Zwischenschicht können entsprechende stab-, draht- oder hülsenförmige Elemente aus den jeweiligen Metallen bzw. Metall-Legierungen eingesetzt werden, die dann mittels Strangpressen zu einem erfindungsgemäßen Elektrodenelement verformt werden.

[0032] Es besteht aber auch die Möglichkeit, für diese Elemente das jeweilige Metall bzw. die Metall-Legierung in Pulverform einzusetzen. Insbesondere für die Ausbildung der Zwischenschicht ist die Verwendung von pulverförmigen, beispielsweise Silber besonders günstig. So kann der Zwischenraum zwischen einem hülsenförmigen Kupferteil und mindestens einem den Kern bildenden stab- bzw. drahtförmigen Element mit einem Silberpulver befüllt werden und sich die entsprechende Zwischenschicht mit einem jeweiligen gradierten Übergang in Richtung Kernoberfläche und in Richtung Mantelteil infolge der beim Strangpressen wirkenden Druckkräfte ausbilden kann. In den Grenzschichten wird ein durch die einzelnen Körner des Pulverausgangsmaterials erreichbare Mischzone aus den jeweiligen beiden Metallen bzw. Metall-Legierungen ausgebildet, die über die gesamte zur Verfügung stehende Fläche homogen ist.

[0033] Eine andere Möglichkeit besteht darin, für Kern und Mantelteil ebenfalls entsprechende Pulver einzusetzen. Die verwendeten Ausgangspulver können dann mittels eines Pressverfahrens, bevorzugt durch kaltsostatisches Pressen jeweils einzeln bzw. sukzessive nacheinander zu Vorprodukten, die für eine für das nachfolgende Strangpressverfahren eine ausreichende Festigkeit gewährleisten, hergestellt und nachfolgend durch Strangpressen ein erfindungsgemäßes Elektrodenelement ausgebildet werden.

[0034] Für den einen oder auch mehrere Kern(e) können als Vorprodukt stabförmige einen kreisförmigen Querschnitt aufweisende Elemente eingesetzt werden.

[0035] Es besteht aber auch die Möglichkeit, solche Elemente mit kreisförmigen Querschnitten einzusetzen, die im Inneren hohl und demzufolge hülsenförmig ausgebildet sind. Dieser Hohlraum kann dann wiederum mit einem Pulver eines Metalls bzw. einer Metall-Legierung, das/die eine höhere Austrittsarbeit als das Kernmaterial aufweist, vor dem Strangpressen befüllt werden.

[0036] Zur Ausbildung der die eigentlichen Elektroden

bildenden Kerne können aber auch Elemente, deren Querschnitte kreuz- oder sternförmig sind, eingesetzt werden. Ein solches Element kann dann drei oder auch mehrere Stege, die jeweils in gleichen Winkelabständen zueinander ausgerichtet sind, aufweisen und es ist dadurch eine Vergrößerung der jeweiligen Übergangsflächen mit den damit verbundenen niedrigen elektrischen und thermischen Übergangswiderständen zwischen Kern und Mantelteil bzw. Zwischenschicht erreichbar.

[0037] Ein Kern kann aber auch aus mehreren drahtförmigen miteinander verdrehten Elementen gebildet sein, ähnlich wie bei elektrischen Leitungen häufig verwendete Litzen. Ein so durch Verdrehung von drahtförmigen Elementen gebildeter Kern vergrößert ebenfalls die Berührungsfläche und gleichzeitig den vorteilhaften Gradienteneffekt.

[0038] Sollen bei einem erfindungsgemäßen Elektrodenelement mehrere Kerne vorhanden sein, so ist es vorteilhaft diese diskret und äquidistant zueinander anzuordnen, wobei sie jeweils in das Mantelteilmaterial, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung einer Zwischenschicht eingebettet sind.

[0039] Vor dem Strangpressen soll eine Vorwärmung auf eine Temperatur von mindestens 400 °C durchgeführt werden, um insbesondere die Beanspruchung des Strangpresswerkzeuges zu reduzieren. Eine solche Vorwärmung wirkt sich aber auch günstig auf die Mischkristallbildung bzw. Diffusionsvorgänge aus, die so mit großer Sicherheit bei den gleichzeitig wirkenden relativ hohen Druckkräften während des Strangpressens erfolgen kann. Ein erfindungsgemäßes Elektrodenelement weist durch den innigeren Verbund mit den gradierten Übergängen der verschiedenen Metalle bzw. Metall-Legierungen der einzelnen Elemente niedrige thermische und elektrische Übergangswiderstände auf, so dass dem Problem der Stromkorrosion entgegen gewirkt und die Lebensdauer deutlich erhöht werden kann. Demzufolge sind nicht nur die Herstellungskosten für die Elektrodenelemente an sich, sondern auch die Betriebskosten eines entsprechend ausgestatteten Plasmabrenners beim Endnutzer deutlich reduziert.

[0040] Auch die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Elektrodenelemente, bei denen Zwischenschichten aus Silber bzw. Silberlegierungen eingesetzt werden, können kostengünstiger hergestellt werden, da solche Zwischenschichten mit deutlich geringerer Schichtdicke ausgebildet werden können, so dass der kostenintensive Silbereinsatz entsprechend verringert werden kann.

[0041] Wie bereits angedeutet, kann ein hülsenförmiges Kupferelement für die Ausbildung eines Mantelteiles Verwendung finden. Dabei kann mindestens ein stabförmiges Element aus beispielsweise Hafnium über die gesamte Länge der Kupferhülse reichend, in deren Inneres eingeführt werden. Dabei kann eine solche Kupferhülse einen Außendurchmesser von beispielsweise 12 mm und der freie Querschnitt im Inneren einer solchen Kupferhülse einen Durchmesser von 1,5 mm aufweisen.

Nach einer entsprechenden Vorwärmung wird dann durch Strangpressen ein Profil für erfindungsgemäße Elektrodenelemente hergestellt, das lediglich noch auf Länge geschnitten werden muss und weitere Füge- und Montageprozesse nicht mehr erforderlich sind. Ein so erhaltenes Elektrodenelement muss dann nur noch in einen entsprechenden Plasmabrenner eingesetzt werden, wobei ein solcher Plasmabrenner auch so ausgebildet werden kann, dass ein gewisser, im Inneren eines Plasmabrenners angeordneter Teil eines solchen Elektrodenelementes von einem Kühlmedium zum Abführen von Wärme unmittelbar umströmt werden kann.

[0042] Anstelle eines stabförmigen Hafniumelementes können aber auch mehrere, bevorzugt miteinander verdrehte Hafniumdrähte in eine solche Kupferhülse eingeführt werden, wobei Kupferhülseinnendurchmesser und die größte Ausdehnung eines solchen Kernvorelementes so dimensioniert sein sollten, dass ein mit einem Silberpulver bzw. einer Silberpulverlegierung befüllbarer Zwischenraum verbleibt.

[0043] Ein solches eine Zwischenschicht bildendes Silberpulver sollte möglichst auch eingesetzt werden, wenn ein Kern mit einer nicht rotationssymmetrischen Querschnittsform oder ein hülsenförmiger Kern ausgebildet werden sollen.

[0044] Es besteht aber auch die Möglichkeit, beispielsweise ein stabförmiges Element aus Hafnium an seiner äußeren Oberfläche in Richtung zum Mantelteilmaterial mit einer im Wesentlichen aus Silberpulver gebildeten Schicht zu versehen. Ein solches Pulver kann beispielsweise in Form einer Suspension aufgebracht und beispielsweise durch ein Pressverfahren auf der Oberfläche des stabförmigen Hafniumelementes verfestigt oder einer Sinterung unterzogen werden. Im letztgenannten Fall kann dann in der das Silberpulver enthaltenden Suspension auch ein organischer Binder enthalten sein, der thermisch beim Sintern ausgetrieben werden kann.

[0045] Ein mit einer solchen Silberschicht versehenes stabförmiges Element kann dann wieder in ein hülsenförmiges Kupferelement eingeführt und ein erfindungsgemäßes Elektrodenelement durch Strangpressen hergestellt werden.

[0046] Das erfindungsgemäße Elektrodenelement kann aber auch dahingehend weitergebildet werden, indem durch Ausbildung einer entsprechenden Kontur, wobei bevorzugt ein Außengewinde gewählt werden kann, dieses mit einem hülsenförmigen Element verbinden zu können. Ein solches hülsenförmiges Element, das bevorzugt aus Kupfer besteht, kann dann mehrfach wieder verwendet werden und es ist so lediglich ein Austausch des entsprechend kleiner dimensionierten Elektrodenelementes in mehr oder weniger großen Abständen erforderlich. Dabei wird das Elektrodenelement mit dem an seiner äußeren Mantelfläche ausgebildeten Gewinde, als eine Konturform einfach in ein hülsenförmiges Element herein- bzw. herausgeschraubt.

[0047] Da, wie im allgemeinen Teil der Beschreibung bereits erwähnt, eine hohe thermische Belastung auftritt

und eine intensive Kühlung erforderlich ist, kann das erfindungsgemäße Element auch so ausgebildet und hergestellt werden, dass innerhalb des Mantelteiles ein einseitig offener Hohlraum ausgebildet worden ist. Dieser Hohlraum kann mit dem Füllsystem eines Plasmabrenners in Verbindung gesetzt werden, so dass das Kühlmedium, bevorzugt Wasser für die Wärmeabfuhr unmittelbar in diesen Hohlraum gelangen kann.

[0048] Vorteilhaft kann die Ausbildung eines solchen Hohlraumes durch ein Rückwärtsfließpressen ausgebildet werden. Mit diesem Verfahren kann ebenfalls eine zerspanende Bearbeitung vermieden werden. Das Rückwärtsfließpressen ist ein nachfolgender Verarbeitungsschritt an einem Elektrodenelement, dessen Herstellung vorab beschrieben worden ist. Dabei wird ein Elektrodenelement, als Vorprodukt hergestellt, das in seiner Länge kürzer als das fertige Elektrodenelement mit dem Hohlraum und in seinem äußeren Durchmesser größer als dieses gehalten ist. Beim Rückwärtsfließpressen wird ein Werkzeug mit einem die Form und Größe des jeweiligen Hohlraumes vorgebenden Dornes verwendet und wegen der deutlich höheren Fließfähigkeit nahezu ausschließlich das Kupfermantelteil verformt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Elektrodenelementes für Plasmabrenner, mit einem ein Mantelteil bildenden hülsenförmigen Teil aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit höherer Austrittsarbeit und höherer thermischer elektrischer Leitfähigkeit, in das mindestens ein die eigentliche als Kathode geschaltete Elektrode bildendes Kernelement aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit niedrigerer Austrittsarbeit eingeführt worden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Elektrodenelement nach einer Vorwärmung auf mindestens 400 ° C durch Strangpressen hergestellt wird.
2. verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Strangpressen der Hohlraum zwischen hülsenförmigen Teil und Kernelement zur Ausbildung einer Zwischenschicht mit einem weiteren pulverförmigen Metall oder einer Metalllegierung, das/die eine höhere Austrittsarbeit, thermische und elektrische Leitfähigkeit als das Kernmaterial aufweist, befüllt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ausbildung eines Kernes mehrere drahtförmige Elemente miteinander verdreht werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum eines in Hülsenform ausgebildeten Kernelementes vor

dem Strangpressen mit einem Pulver eines Metalls oder einer Metalllegierung, die eine höhere Austrittsarbeit als das Kernmaterial aufweist, befüllt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mantelteil, Kern und/oder Zwischenschicht aus einem Pulver mittels eines Pressverfahrens jeweils ein oder ein gemeinsames Vorprodukt bilden und aus einem oder mehreren Vorprodukt(en) durch Strangpressen das Elektrodenelement hergestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das/die Vorprodukt(e) durch kaltisostatisches Pressen hergestellt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der äußeren Mantelfläche des Mantelteils für eine formschlüssige Verbindung mit einem hülsenförmigen Kupferteil eine Kontur ausgebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Mantelteiles durch Rückwärtsfließpressen ein einseitig offener Hohlraum ausgebildet wird.
9. verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grenzschicht zwischen Kernoberfläche und Mantelteil in gradierter Form aus Mischkristallen der beiden Metalle oder Metalllegierungen gebildet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine aus einem weiteren Metall oder einer Metalllegierung mit größerer Austrittsarbeit, als der des Kernmaterials gebildete Zwischenschicht zur Kernoberfläche und zum Mantelteil jeweils Grenzschichten mit gradierten Übergängen ausgebildet werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Herstellung des Kernes Hafnium oder eine Hafniumlegierung eingesetzt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Herstellung des Kernes Wolfram, Zirkonium, Tantal oder eine Legierung dieser Elemente eingesetzt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Zwischenschicht Silber oder eine Silberlegierung eingesetzt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kern mit stern-

förmigem, kreisringförmigem Querschnitt oder einem Querschnitt in Kreuzform hergestellt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode mit mehreren separat angeordneten Kernen hergestellt wird.

Claims

1. A method of producing an electrode element for plasma torches, with a part in the form of a sleeve of a metal or of a metallic alloy which forms a jacket part and has a higher work function and a higher thermal electrical conductivity and into which at least one core element of a metal or of a metallic alloy having a lower work function and forming the actual electrode connected as a cathode has been introduced, **characterized in that** the electrode element is produced by extrusion moulding after a pre-heating to at least 400°C.
2. A method according to Claim 1, **characterized in that** prior to the extrusion moulding the cavity between the part in the form of a sleeve and the core element is filled with a further metal in the form of a powder or with a metallic alloy, which has a higher work function and thermal and electrical conductivity than the core material, in order to form an intermediate layer.
3. A method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a plurality of elements in the form of wires are twisted together in order to form a core.
4. A method according to any one of Claims 1 to 3, **characterized in that** prior to the extrusion moulding the cavity of a core element designed in the form of a sleeve is filled with a powder of a metal or of a metallic alloy which has a higher work function than the core material.
5. A method according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the jacket part, the core and/or the intermediate layer forms or form in each case one preliminary product or a common preliminary product from a powder by means of a pressing process, and the electrode element is produced from one or more preliminary products by extrusion moulding.
6. A method according to Claim 5, **characterized in that** the preliminary product or products is or are produced by cold-isostatic pressing.
7. A method according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** a contour is formed on the

outer face of the jacket part for connexion in a positively locking manner to a copper part in the form of a sleeve.

8. A method according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** a cavity open on one side is formed inside the jacket part by backward impact extrusion.
9. A method according to any one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the boundary layer between the surface of the core and the jacket part is formed in a graduated mould from mixed crystals of the two metals or metallic alloys.
10. A method according to any one of Claims 1 to 8, **characterized in that** an intermediate layer formed from a further metal or a metallic alloy with a higher work function than that of the core material is formed towards the core surface and boundary layers with graduated transitions are formed towards the jacket part in each case.
11. A method according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that** hafnium or an alloy of hafnium is used for the production of the core.
12. A method according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** tungsten, zirconium, tantalum or an alloy of the said elements is used for the production of the core.
13. A method according to any one of Claims 1 to 12, **characterized in that** silver or an alloy of silver is used for the Intermediate layer.
14. A method according to any one of Claims 1 to 13, **characterized in that** the core is produced with a star-shaped, annular cross-section or with a cross-section in the form of a cross.
15. A method according to any one of Claims 1 to 14, **characterized in that** the electrode is produced with a plurality of cores arranged separately.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un élément d'électrode pour un chalumeau à plasma comportant une partie en forme de douille formant une partie de gainage, constituée d'un métal ou d'un alliage de métal avec un travail de sortie élevé et une conductibilité électrique thermique élevée, dans lequel au moins un élément de coeur formant l'électrode en fait connectée en tant que cathode, constitué d'un métal ou d'un alliage de métal est mis en place avec un travail de sortie inférieur,

caractérisé en ce que l'élément d'électrode est fabriqué par extrusion après un préchauffage à au moins 400 °C.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, avant l'extrusion, la cavité entre la partie en forme de douille et l'élément de coeur est remplie pour former une couche intermédiaire avec un autre métal pulvérulent ou un alliage de métal ayant un travail de sortie supérieur à celui du matériau de coeur et une conductibilité thermique et électrique supérieure à celle du matériau de coeur. 5
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, pour former un coeur, plusieurs éléments filiformes sont torsadés ensemble. 10
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la cavité d'un élément de coeur en forme de douille est remplie, avant l'extrusion, avec une poudre d'un métal ou d'un alliage de métal ayant un travail de sortie supérieur à celui du matériau de coeur. 20
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la partie de gainage, le coeur et/ou la couche intermédiaire constitués d'une poudre forment, au moyen d'un procédé de pressage, chacun un produit préliminaire ou un produit préliminaire commun, et sont fabriqués à partir d'un ou plusieurs produits préliminaires par extrusion de l'élément d'électrode. 25
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le/les produit(s) préliminaire(s) est/sont fabriqué(s) par pressage isostatique à froid. 30
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** sur la surface de gainage externe de la partie de gainage, un contour est formé pour une connexion à forme finale avec une partie en cuivre en forme de douille. 35
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**, à l'intérieur de la partie de gainage, une cavité ouverte d'un côté est formée par extrusion en arrière. 40
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la couche frontière entre la surface de coeur et la partie de gainage est formée avec des gradations de cristaux mixtes des deux métaux ou alliages de métaux. 45
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** une couche intermédiaire de la surface de coeur et de la partie de gai-

nage, constituée d'un autre métal ou alliage de métal avec un travail de sortie supérieur formant le matériau de coeur, est formée de couches frontières ayant des transitions graduées.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** de l'hafnium ou un alliage d'hafnium est utilisé pour la fabrication du coeur. 50
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** du tungstène, du zirconium, du tantale ou un alliage de ces éléments est utilisé pour la fabrication du coeur. 55
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** de l'argent ou un alliage d'argent est utilisé pour la couche intermédiaire. 60
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** le coeur est fabriqué avec une section transversale en forme de couronne circulaire, en forme d'étoile, ou en forme de croix. 65
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** l'électrode est fabriquée avec plusieurs coeurs agencés séparément. 70

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0980197 A2 [0011] [0028]
- EP 0437915 A2 [0014]
- EP 1272013 A2 [0014]
- US 6130399 A [0015]
- US 5767478 A [0015]
- EP 0334981 A1 [0016]