

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 248 500 A2

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
09.10.2002 Patentblatt 2002/41

(51) Int Cl.7: H05H 1/34

(21) Anmeldenummer: 02014132.1

(22) Anmeldetag: 26.05.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE DE DK ES FI FR GB IT NL SE

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
98109489.9 / 0 961 527

(71) Anmelder: THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY  
Cleveland, Ohio 44117-1199 (US)

(72) Erfinder:  
• Lifeng Luo  
Solon, Ohio 44139 (US)

• Matthews William T.  
Chesterland, Ohio 44026 (US)  
• Perrin David W.  
Wadsworth, Ohio 44281 (US)

(74) Vertreter: Hennicke, Rüdiger, Dipl.-Ing.  
Patentanwälte Buschhoff, Hennicke, Althaus,  
Kaiser-Wilhelm-Ring 24  
50672 Köln (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 25 - 06 - 2002 als  
Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62  
erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Schweissbrenner**

(57) Ein Plasmabrenner weist ein röhrenförmiges Düsenelement (34) mit einer Stirnwand (102) und einer in dem Düsenelement (34) angeordneten Elektrode (48) auf, die eine der Stirnwand (102) gegen überliegende Stirnfläche (52) aufweist. Die Stirnfläche (52) und die Stirnwand (102) begrenzen einen Plasmagasraum (150) in dessen einer Stirnwand (102) eine sich in Achsrichtung der Düse verlaufende Auslaßöffnung (104) angeordnet ist. Das Düsenelement ist an seiner Außenfläche in besonderer Weise ausgestaltet, um einen etwa konischen Schutzgasmantel beim Betrieb des Brenners um die Schweißbrennerspitze zu erzeugen und somit zusammen mit dem Düsenmontagemittel für eine verbesserte Anordnung zum Kühlen der Schweißbrennerspitze und zum Erzeugen eines Schutzgasmantels um den Plasmastrahl herum zu sorgen.

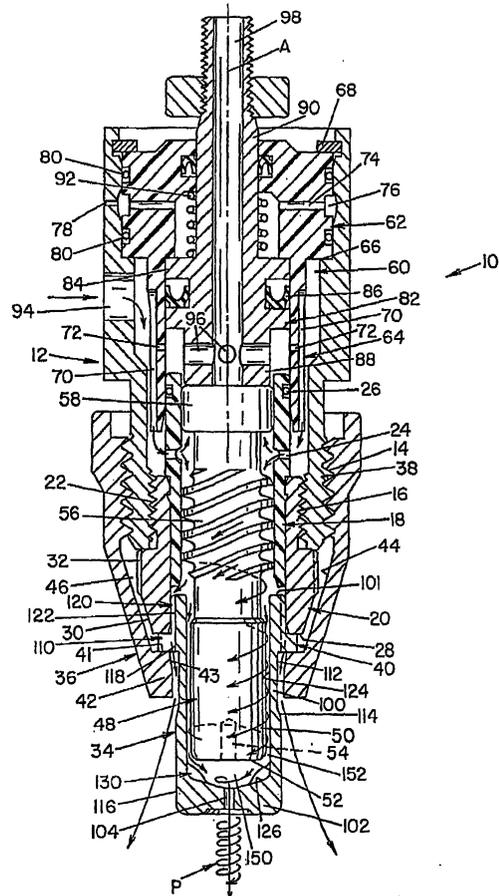


FIG. 2

EP 1 248 500 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Plasmabrenner bzw.

Plasma-Lichtbogen-Schweißbrenner und ein für diesen geeignetes Düsenelement und bezieht sich hierbei insbesondere auf Verbesserungen des Durchflusses von Gas zum Kühlen und Betreiben des Brenners.

**[0002]** Plasma-Lichtbogen-Schweißbrenner weisen üblicherweise eine Elektrode und ein Düsenelement auf, in welchem die Arbeitsspitze der Elektrode abgestützt ist, so daß die Stirnfläche der Elektrode einer Plasmaauslaßöffnung aufweisenden Kopfwand des Düsenelementes gegenüberliegt. Die Elektrode und das Düsenelement können relativ zueinander zwischen einer Position, in der die Elektrode die Kopfwand des Düsenelementes berührt, und einer Position, in der die Elektrode von der Kopfwand um einen Arbeitsabstand beabstandet ist, beweglich sein, so daß ein Pilot-Lichtbogen erzeugt werden kann, wenn sich die Elektrode von der Kopfwand weg in ihre Arbeitsposition bewegt. Alternativ können die Elektrode und das Düsenelement auch relativ zueinander ortsfest sein, wobei der Schweißbrenner dann durch Einsatz von Hochfrequenz oder anderer bekannter Startverfahren gezündet wird. Bei allen Ausführungsformen bilden die Kopfwand und die Kopffläche der Elektrode einen Gasraum, dem ein Plasma- oder Lichtbogengas zugeführt wird und aus dem ein Plasmastrahl durch die Auslaßöffnung austritt, wenn zwischen der Elektrode und dem Düsenelement ein Lichtbogenstrom fließt. Beim Starten des Schweißbrenners arbeitet dieser in einem Modus, bei dem der Lichtbogen nicht auf das Werkstück übertragen wird; wenn das Düsenelement in die Nähe eines Werkstückes gebracht wird, wird der Lichtbogen auf dieses übertragen und der Schweißbrenner arbeitet dann in einem Lichtbogenübertragungsmodus. Derartige Schweißbrenner sind hinreichend zum Einsatz beim Erhitzen, Schweißen, Schneiden, Schmelzen, Anlassen etc. bekannt.

**[0003]** Bei den vorgenannten Plasma-Lichtbogen-Schweißbrennern ist es auch bekannt, dem Plasmagas stromaufwärts des Gasraumes eine Drallbewegung zu erteilen, die einerseits Kühlzwecken dient, andererseits den Zweck hat, den ejizierten Plasmastrahl gebündelt auf einer Linie mit der Achse der Elektrode zu halten. Durch einen solchen Drall kann ein qualitativ guter Plasmalichtbogen erzeugt werden. Darüber hinaus verbessert er die Schneidgeschwindigkeit und damit die Wirtschaftlichkeit und Effizienz der durchgeführten Arbeit und ist allgemein beim Betrieb des Schweißbrenners hilfreich. Es ist auch bekannt, bei Schweißbrennern mit fester Düsen- und Elektrodenanordnung Gas mit Drall nach innen auf die Endflächen der Elektrode zu richten, um Erosionsablagerungen von dem Düsenelement zu entfernen bzw. gar nicht erst auftreten zu lassen und so dessen Lebensdauer zu steigern. Andere Bemühungen hinsichtlich der Steuerung des Gasflusses haben das

In-Drall-Setzen des Gases um den aus der Auslaßöffnung des Düsenelementes austretenden Plasmastrahl eingeschlossen, um den Plasmastrahl gegen seitliches Wandern zu stabilisieren und um die Drallstärke und die Geschwindigkeit des in den Gasraum eintretenden Plasmagases vor dem Austreten des Plasmastrahls zu reduzieren, um hierdurch eine gleichmäßige Strömung des Plasmagases zu erzielen und den Lichtbogenstrahl des Schweißbrenners stabil zu halten. In-Drall-Setzen des Gases vor dessen Eintreten in die Gaskammer zwischen der Elektrode und dem Plasmastrahlauslaß umfaßte auch das Lenken des Drallgases radial nach innen um die Arbeitsspitze der Elektrode herum, um den Plasmastrahl gegen seitliches Wandern zu stabilisieren.

**[0004]** Während die vorgenannten Bemühungen für die Richtungssteuerung des Plasmastrahles und zum Schaffen eines Schutzmantels um diesen herum ihren Zweck erfüllen, bleibt jedoch nachteilig, daß der Drall des Gases zwischen seinem Erzeugungspunkt und dem Plasmastrahlauslaß nachläßt, so daß die gewünschte Bündelung des Strahls zu einer Form, in der er praktisch nur einer geraden Linie zwischen dem Düsenelement und einem Werkstück folgt, nicht voll erreicht wird. Außerdem haben die bis heute bekannten Anordnungen, die im Bemühen geschaffen wurden, die gewünschte Steuerung des Plasmastrahls samt eines Schutzgasmantels darum zu erhalten, einen komplizierten Aufbau und sind daher teuer in Heratellung und Wartung. Das Nachlassen der Drallbewegung ist damit zu erklären, daß das Gas, sobald es aus dem Durchgang oder den Durchgängen austritt, die dem Gas die Drallbewegung erteilen, sich zu dem Gasraum und durch diesen hindurch entlang von Innenflächen des Düsenelementes zu der Plasmastrahlauslaßöffnung bewegt, die gleichmäßig geformt und daher ungeeignet sind, die anfängliche Drallbewegung aufrechtzuerhalten. Außerdem erfährt das wirbelnde Gas meist einen Druckverlust, wenn es aus dem Durchgang oder den Durchgängen austritt, in denen die Verwirbelung erzeugt wird, wobei auch solch ein Druckverlust zur Abschwächung des Dralls der Drallströmung beiträgt.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, das Strömungsverhalten des Gases relativ zu der Elektrode und dem Düsenelement eines Plasmabrenners zu verbessern.

**[0006]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung soll ein Düsenelement für einen Plasmabrenner geschaffen werden, mit einer Anordnung, die dem Plasmagas einen Drall erteilt, wenn dieses zur und durch die Auslaßöffnung eines zwischen der Elektrode und dem Düsenelement angeordneten Gasraumes strömt.

**[0007]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung wird ein Plasmalichtbogen-Schweißbrenner mit einer verbesserten Düsen- und Elektrodenanordnung zur Steuerung des Plasmagasflusses geschaffen, um eine möglichst gute Kühlung zu erreichen und einen möglichst geradlinig austretenden Plasmastrahl und eine gute Plasmagasabschirmung für den Strahl zu erhalten.

**[0008]** Besonders vorteilhaft wird ein Plasmabrenner

mit Düsen- und Elektrodenelementen geschaffen, die zum Erzeugen eines Pilotlichtbogens relativ zueinander verschieblich sind und so in Kontakt gebracht bzw. voneinander getrennt werden können, wobei der Brenner eine verbesserte Gasströmungssteuerung hat, wodurch eine Gasvorspannung der Bauteile sowohl für deren Inkontaktbringen als auch für deren Trennen optimiert ist.

**[0009]** Mit der Erfindung wird in zweckmäßiger Ausgestaltung ein Plasmaschweißbrenner mit einer Düsen- und Elektrodenanordnung angegeben, die für eine verbesserte Strömungscharakteristik des Plasmagases sorgt und bei der eine hohe Qualität der Lichtbogenstrahls und damit der durchgeführten Arbeit sowie eine besonders hohe Effizienz und niedrige Betriebskosten des Schweißbrenners erreicht werden.

**[0010]** Mit der vorliegenden Erfindung wird eine verbesserte Düsenelement- und Elektrodenanordnung für einen Plasma-Lichtbogen-Schweißbrenner geschaffen, bei welchem die vorgenannten und andere, der Steuerung des Gasdurchflusses beizuhabende Nachteile auf eine Mindestmaß reduziert oder ganz überwunden werden. In dieser Hinsicht ist insbesondere die Kopfwand des Düsenelementes mit der Auslaßöffnung für den Plasmastrahl mit einer Führungsanordnung versehen, die dafür sorgt, daß das am Umfang der Gaskammer eintretende Plasmagas radial entlang der Kopfwand mit Drall zu der Auslaßöffnung geführt wird, wobei das Gas bis zum Eingang des Plasmastrahlauslasses in Drall versetzt wird, um es radial in einen Strahl zu pressen oder einzuengen, der besonders geradlinig ist und eine hohe Stabilität gegen seitliche Ablenkung hat. Die Verwirbelung des Gasstroms erfolgt erst in Durchflußrichtung hinter der Arbeitsspitze der Elektrode, so daß er keinen erosiven Einfluß auf diese hat und dadurch die Lebensdauer der Elektrode nicht verkürzt. Vorzugsweise wird dem Gas die Drallbewegung dadurch erteilt, daß die Innenseite der Kopfwand des Düsenelementes mit mehreren, in Umfangsrichtung beabstandeten, bogenförmigen Rippen versehen ist, zwischen denen gebogene, etwa spiralförmig vom äußeren Rand der Gaskammer zur Auslaßöffnung verlaufende Kanäle ausgebildet sind, die dem Plasmagas die Drallbewegung dort erteilen, wo der Plasmalichtbogen oder -strahl erzeugt wird.

**[0011]** Bei einem Plasma-Lichtbogen-Schweißbrenner, bei dem die Elektrode und das Düsenelement relativ zueinander zwischen einer Kontaktstellung und einer Arbeitsstellung verschieblich ist, kann das Plasmagas vor die Arbeitsspitze der Elektrode gelangen, wenn letztere gegen die Rippen stößt, um so die verfügbare Kraft zum Zurückschieben der Elektrode aus dem Kontakt mit dem Düsenelement zu steigern. Gleichmaßen kann bei einer Ausführungsform, bei der eine gasbeaufschlagte, mittels eines Magnetventils gesteuerte Kolbenanordnung vorgesehen ist und betätigt wird, um die Elektrode in Kontakt mit dem Düsenelement zu bringen, die Kontaktkraft zwischen der Arbeitsspitze der Elektrode und dem Düsenelement aufgrund des kleineren Kon-

taktbereiches zwischen der Elektrode und dem Düsenelement bei gleichbleibendem Gasdruck größer werden. Demzufolge kann auch der Gasdruck verringert werden, der erforderlich ist, um einen guten elektrischen Kontakt zwischen der Elektrode und dem Düsenelement zu schaffen, im Vergleich zu demjenigen, der dann erforderlich ist, wenn eine Elektrode gegen eine glatte Innenoberfläche des Düsenelementes stößt.

**[0012]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist das Düsenelement an einem Schweißbrennerkorpus zusammen mit einer coaxialen Hülsenanordnung montiert, die einen ringförmigen Kühlungshohlraum bildet, durch den ein Teil des Plasmagases strömen kann, und vorzugsweise einen konischen Gasschutzmantel um den aus dem Gasraum im Inneren des Düsenelementes austretenden Plasmastrahl bildet. Vorzugsweise spannen die coaxialen Hülsenelemente axial eine Flanschanordnung an dem Außenrand des Düsenelementes nahe eines seiner Enden ein, und der Flansch und das entsprechende Ende des Düsenelementes stehen mit einem durch den Schweißbrennerkorpus mit Drall strömenden Gas in Verbindung, wobei ein Teil des Gases nach außen und über die Flanschanordnung strömt, während der restliche Teil des Gases ins Innere des Düsenelementes und entlang der Elektrode zum Gasraum strömt. Das Düsenelement weist an seinem Außenrand eine axial verlaufende Aussparung in Durchflußrichtung hinter der Flanschanordnung auf, durch die das über die Flanschanordnung strömende Gas radial nach außen und axial nach vorn vor das Düsenelement abgelenkt wird und so einen Schutzgasmantel um den aus dem Gasraum austretenden Plasmastrahl bildet. Die Flanschanordnung steht mit dem ringförmigen Kühlhohlraum in Verbindung und sorgt, zusammen mit der Aussparung stromabwärts, für ein einfach aufgebautes Düsenelement, bei dem die Strömung eines Teils des Plasmagases gesteuert ist, um eine Kühlung zu erzielen und einen konischen Schutzgasmantel auszubilden, während der restliche Teil des Gases zwischen das Düsenelement und die Elektrode gelenkt wird, um in den Gasraum zu gelangen und dort einen Plasmastrahl zu erzeugen. Vorzugsweise kommt das zwischen der Elektrode und dem Düsenelement und auf den Gasraum zu strömende Plasmagas von einer Drallanordnung, die in Durchflußrichtung des Gases vor dem Düsenelement angeordnet ist. Der Aufbau des Düsenelementes ermöglicht eine äußere Strömung in den Kühlzwischenraum hinein und entlang der Außenseite des Düsenelementes und erzeugt dadurch ein vorzugsweise konisches Gasschild unabhängig vom Plasmagas im Gasraum, dem dadurch seine Drallbewegung unmittelbar an der Stelle erteilt wird, an der der Plasmastrahl entsteht.

**[0013]** Diese und weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung, worin eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung an einem Beispiel näher erläutert wird. Es zeigt:

- Fig. 1 die Bauteile eines erfindungsgemäßen PlasmaLichtbogen-Schweißbrenners in einer perspektivischen, auseinandergezogenen Darstellung;
- Fig. 2 den Schweißbrenner nach Fig. 1 im zusammengebauten Zustand im Schnitt;
- Fig. 3 eine Draufsicht auf das Düsenelement des Schweißbrenners;
- Fig. 4 das Düsenelement nach Fig. 3 in einer Seitenansicht und teilweise im Schnitt;
- Fig. 5 eine die Abmessungen und geometrischen Verhältnisse der Drallrippen und -kanäle zeigende Detailansicht des Düsenelements; und
- Fig. 6 einen Querschnitt durch einen Abschnitt der Kopfwand des Düsenelements entlang der Linie 6-6 in Fig. 5, die das Profil einer erfindungsgemäßen Wirbelrippe in perspektivischer Darstellung zeigt.

**[0014]** Fig. 1 und 2 zeigen einen Lichtbogen-Plasma-Schweißbrenner 10 mit einem koaxial zu einer Achse A ausgerichteten Korpusteil 12, das ein koaxial angeordnetes Düsenelement, eine Elektrode und eine Anordnung zur Elektrodenverschiebung aufweist, die nachfolgend im einzelnen beschrieben werden wird. In der weiteren Beschreibung werden die Angaben "unten" und "oben" entsprechend der senkrechten Ausrichtung des Schweißbrenners 10 in den Fig. 1 und 2 verwendet.

**[0015]** Wie sich aus Fig. 2 ergibt, hat der Korpusteil 12 ein unteres, mit einem Innengewinde 14 und einem Außengewinde 16 versehenes Ende. Am unteren Ende des Korpusteils 12 ist eine Drallringkonstruktion angeordnet, die eine Hülse 18 aus Isoliermaterial und eine Montagehülse 20 aufweist und mit einem an der Hülse 18 angeordneten Außengewinde 22 in das Innengewinde 14 am Korpusteil 12 eingeschraubt ist. Die Isolierhülse 18 ist an ihrer Innenwand mit mehreren radialen Durchlaßöffnungen 24 und mit einer o-Ring-Dichtung 26 versehen, die in einer sich am Umfang der Hülse erstreckenden Ringnut aufgenommen ist. Die Montagehülse 20 weist an ihrem unteren Ende eine Stirnfläche 28 quer zur Achse A auf und hat einen sich von der Stirnfläche nach oben erweiternden Konuswandabschnitt 30 und einen sich axial von dem Konuswandabschnitt 30 nach oben erstreckenden Bereich mit mehreren V-förmigen Rippen 32, die axial verlaufend am Umfang der Montagehülse angeordnet sind. Am oberen Ende der Rippen 32 ist durch radialen Versprung nach innen ein Absatz (ohne Bezugszeichen) ausgebildet, der gegen die untere Endfläche des Korpusteils 12 anstößt und so die Drallringkonstruktion daran festlegt.

**[0016]** Am unteren Ende des Korpusteils 12 ist mittels einer Montagehülse oder einer Schirmhülse 36 ein Dü-

senelement 34 montiert. Hierzu hat die Schirmhülse 36 an ihrem oberen Abschnitt ein Innengewinde 38, das mit dem Außengewinde 14 am Korpusteil 12 zusammenwirkt. Das Düsenelement 34, das weiter unten noch im einzelnen beschrieben wird, weist einen Zwischenabschnitt mit einem zwischen dem oberen und unteren Ende angeordneten Montageflansch 40 auf, der zwischen der Stirnfläche 28 der Montagehülse 20 und einer am unteren Ende der Stirnhülse 36 von einem Flansch 42 gebildeten und sich radial ins Hülseninnere erstreckenden Schulter 41 eingespannt wird. Wie in Fig. 2 am besten zu erkennen ist, weist die Innenseite der Schirmhülse 36 eine Konusfläche 44 auf, die sich von der Schulter 41 zum Innengewinde 38 hin erweitert und die radial von dem Konuswandabschnitt 30 und den Rippen 32 der Montagehülse 20 beabstandet ist und so einen Hohlraum 46 bildet, dessen Bedeutung nachfolgend noch erläutert werden wird.

**[0017]** Im Schweißbrenner 10 ist weiterhin eine koaxial zur Achse A angeordnete Elektrode 48 abgestützt, die relativ zum Düsenelement 34 verschieblich ist. Die Elektrode 48 weist eine außen zylindrische Arbeitsspitze 50 auf, die in dem Düsenelement 34 aufgenommen ist und die an ihrem unteren Ende in der Nähe ihrer Stirnfläche 52 einen Einsatz 54 aus Hafnium, Zirkonium, Wolfram oder einem anderen geeigneten Werkstoff hat, der dazu dient, zusammen mit dem Düsenelement beim Betrieb des Schweißbrenners einen Plasma-Lichtbogen zu erzeugen, wie dies bei Plasmabrennern bekannt ist.

**[0018]** Die Elektrode 48 ist oberhalb der Arbeitsspitze 50 mit einem Gasdrallabschnitt versehen, der schneckenförmige Drallnuten 56 hat und in der Hülse 18 der Drallringkonstruktion so aufgenommen ist, daß die Nuten 56 zusammen mit der Hülsenwandung vorzugsweise geschlossene Kanäle bilden. Das obere Ende der Elektrode 48 ist mit einem Kopf 58 versehen. Die zwischen den Drallnuten 56 und der Hülse 18 gebildeten, schneckenförmigen Kanäle haben Einlaßspalte, die sich unterhalb des Kopfes 58 befinden und nahe der Durchlaßöffnungen 24 in der Hülse 18 angeordnet sind. Die unteren Auslaßspalte der Kanäle befinden sich oberhalb der Arbeitsspitze 50 und sind nahe der einander gegenüberliegenden Stirnflächen von Düsenelement 34 und Hülse 18 angeordnet.

**[0019]** Der Schweißbrenner 10 weist weiterhin eine Kolbenzylinderanordnung auf, mit deren Hilfe die Elektrode 48 relativ zum Schweißbrennerkorpus 12 und somit auch zum Düsenelement 34 axial verschiebbar ist. Hierzu ist am oberen Ende des Schweißbrennerkorpus 12 ein Zylinderelement 60 mit einem Kopfteil 62 am oberen Ende des Korpus 12 und mit einem Hülsenteil 64 vorgesehen, der sich vom Kopfteil 62 aus nach unten erstreckt und mit seinem unteren Ende die Hülse 18 der Drallringkonstruktion außen in Axialrichtung ein Stück weit überlappt. Der Kopfteil 62 stößt mit seiner unteren Stirnseite an einem Absatz 66 im Schweißbrennerkorpus 12 an und ist oben mit einem Sicherungsring 68 im

Schweißbrennerkorpus 12 gehalten. Die Außenfläche des Hülsenabschnitts 64 des Zylinderelements 60 ist mit mehreren, axial verlaufenden Aussparungen 70 versehen, die über den Umfang verteilt im Abstand voneinander angeordnet sind. Ferner sind im Hülsenabschnitt eine Vielzahl von Durchlaßöffnungen 73 vorgesehen, die sich, ausgehend von einigen oder allen Aussparungen 72, radial durch den Hülsenabschnitt 64 erstrecken. Im Kopfabchnitt 62 des Zylinderelements 60 sind radial verlaufende Lüftungsöffnungen 74 angeordnet, die in einen Ringkanal münden, der durch eine Öffnung 78 im Schweißbrennerkorpus 12 mit Umgebungsluft in Verbindung ist. Die Lüftungsöffnungen sind zwischen zwei O-Ringen 80 angeordnet, die in zugehörigen, im Außenumfang des Kopfabchnitts 62 ausgebildeten Nuten sitzen und den Kopfabchnitt gegen die Innenfläche des Schweißbrennerkorpus 12 abdichten, wenn das Zylinderelement in diesem montiert ist.

**[0020]** Die Kolben-Zylinderanordnung des Schweißbrenners 10 weist weiterhin ein Kolbenelement 82 mit einem Kopf 84 auf, der einen ringförmigen Dichterring 86 hat. Das untere Ende 88 des Kolbenelements 82 weist zum Kopf 58 der Elektrode, während es oben in Form einer Röhre 90 aus dem Brenner herausragt. Der Kolben 82 ist in dem Zylinderelement 60 aufgenommen und in diesem axial hin- und herbewegbar; hierzu ist der Kopf 84 des Kolbens im Hülsenabschnitt 64 des Zylinderelementes 60 aufgenommen, wobei das untere Kolbenende 88 am oberen Ende 58 der Elektrode anliegt. Der Kolben 82 wird von einer Druckfeder 92 aus der in Fig. 2 gezeigten Stellung nach unten vorgespannt. Der Kolben 82 wird in die in Fig. 2 dargestellte Stellung durch das Plasmagas verschoben, das unter Druck durch die Einlaßbohrung 94 eingeleitet wird und axial entlang der Aussparung 70 und dann radial nach innen durch die Durchlaßöffnungen 24 in der Hülse 18 strömt und so unter den Kopf 58 der Elektrode gelangt. Ein Teil des durch den Einlaß 94 eintretenden Gases strömt durch die Querbohrungen 72 und weiter durch in die Röhre 90 mündende Durchlässe 96 und dann aufwärts durch einen von der Röhre 90 gebildeten Kanal 98. Der Einlaß des Gases durch die Öffnung 94 wird mittels eines nicht dargestellten Magnetventils gesteuert, das beispielsweise dann ausgelöst wird, wenn die Bedienperson den Auslöser zum Starten des Schweißbrenners betätigt. Beim Verschieben des Kolbens 82 in die in Fig. 2 gezeigte Lage wird die Luft, die sich in der Ausgangslage des Kolbens oberhalb dessen Kolbenkopfes 84 befindet, durch die Auslässe 74, 76, 78 nach außen abgeführt. Wenn die Bedienperson den Auslöser losläßt, schließt das Magnetventil, so daß der Gasdruck am Einlaßdurchgang 94 absinkt und die Feder 92 den Kolben 82 aus der in Fig. 2 gezeigten Stellung nach unten bewegt, wodurch auch die Elektrode 48 nach unten verschoben wird. Die dann unterhalb des Zylinderkopfes 84 befindliche Luft wird durch die radiale Durchlaßöffnung 96 und den Rohrkanal 98 abgeleitet, wodurch in vorteilhafter Weise der Kolben gekühlt wird, Während

sich der Kolben 82 nach unten bewegt, wird Luft durch die Bohrungen 74, 76, 78 in den Raum oberhalb des Kolbenkopfes 84 eingesaugt. Beim Betrieb des Schweißbrenners strömt Plasmagas kontinuierlich durch den Schweißbrennerkorpus und an den Düsen- und Elektrodenelementen vorbei, wodurch es nicht nur den Austritt eines Plasma-Lichtbogenstrahls ermöglicht, sondern auch für eine Kühlung der verschiedenen Bauelemente sorgt. Das als Kühl- und Arbeitsgas verwendete Plasmagas wird also in den schweißbrennerkorpus 12 durch den Einlaß 94 zugeführt, der als radiale Öffnung im Schweißbrennerkorpus ausgebildet ist und sich nahe der oberen Enden der Aussparungen 70 im Hülsenabschnitt 64 des Zylinderelementes 60 befindet.

**[0021]** Wie sich insbesondere aus den Fig. 3 bis 6 ergibt, ist das Düsenelement 34 etwa rohrförmig und bildet eine koaxial zur Achse A ausgerichtete Zylinderbohrung 100, die am oberen Ende 101 des Düsenelements 34 offen ist und so die Arbeitsspitze 50 der Elektrode 48 aufnehmen kann. Das untere Ende der Zylinderbohrung ist von einer quer zur Achse A angeordneten Stirnwand 102 begrenzt, in der eine Plasmalichtbogenauslaßöffnung 104 ebenfalls koaxial zur Achse A vorgesehen ist. Der Montageflansch 40 weist eine obere und eine untere Flanschseite 106 bzw. 108 sowie einen Außenrand auf und ist mit über den Umfang in regelmäßigen Abständen verteilten, V-förmigen Aussparungen 110 versehen, die nach außen zum Außenrand hin offen sind. Unterhalb der unteren Flanschseite 108 des Flansches 40 hat das Düsenelement 34 einen ersten zylindrischen Abschnitt 112, einen sich daran anschließenden, sich konisch erweiternden Abschnitt 114 und einen zweiten zylindrischen Abschnitt 116, der einen größeren Durchmesser hat als der erste zylindrische Abschnitt 112, so daß sich der konische Abschnitt von dem geringeren Durchmesser des ersten Zylinderabschnitts zu dem größeren Durchmesser des zweiten Zylinderabschnitts entsprechend erweitert.

**[0022]** Jede der Aussparungen 110 am Flansch 40 hat eine gegenüber dem ersten Zylinderabschnitt 112 radial weiter außen liegende Innenfläche 118, d.h. der von den Innenflächen der Aussparungen 110 definierte Durchmesser ist größer als der Durchmesser des ersten Zylinderabschnittes. Das obere Ende des Düsenelements 34 ist im Bereich zwischen der oberen Flanschseite 106 und dem oberen Ende 101 des Düsenelements mit mehreren Axialnuten 120 versehen. Die Anzahl der Axialnuten 120 entspricht der Anzahl der Aussparungen 110, wobei jeder Nut 120 eine Aussparung 110 zugeordnet ist und Nut und zugehörige Aussparung so zueinander angeordnet sind, daß der Nutgrund 122 einer jeden Nute koplanar zu der radial innenliegenden Fläche 118 der zugehörigen Aussparung 110 ist.

**[0023]** Der Zylinderraum 100 des Düsenelements 34 wird an seinem Umfang durch die sich vom oberen Ende 101 des Düsenelements bis zur Stirnwand 102 erstreckende Zylinderfläche 124 begrenzt. Die Stirnwand 102 hat eine innenliegende Oberseite 126, die et-

wa orthogonal zur Achse A verläuft und im gezeigten Ausführungsbeispiel zwischen Umfangsfläche 124 und Auslaßöffnung 104 leicht geneigt ausgebildet ist. Die Umfangsfläche 124 geht unter einem Radius in die Oberseite 126 der Stirnwand 102 über. Auf der Oberseite 126 der Stirnwand 102 sind mehrere Drallrippen 130 vorgesehen, die in gleichmäßigem Abstand um die Achse A herum angeordnet sind und etwa spiralförmig von der Umfangsfläche 124 radial nach innen in Richtung auf die Auslaßöffnung 104 verlaufen. Bei der dargestellten Ausführungsform sind sechs solcher Drallrippen vorgesehen. Wie sich besonders deutlich aus Fig. 5 ergibt, weist jede dieser Rippen eine äußere und eine innere gekrümmte Seitenwand 132 bzw. 134 auf, die etwa parallel und im Abstand voneinander angeordnet sind, der die radiale Dicke einer Rippe festlegt. Die Anordnung ist so getroffen, daß die Seitenwände 132 und 134 einen Krümmungsradius R1 bzw. R2 um einen seitlich neben der Achse A liegenden Referenzpunkt 136 haben. Der Referenzpunkt 136 liegt auf einer ersten Referenzlinie 137, die sich mit einer zweiten, hierzu orthogonalen Referenzlinie 139 in einem Punkt schneidet, der gegenüber der Achse A ein Stück radial versetzt ist. Am radial inneren bzw. äußeren Ende 138 bzw. 140 schließen die Rippen 130 bogenförmig mit Krümmungsbögen R3 bzw. R4 ab, die um die Achse A geschlagen sind. Die Referenzlinien 137, 139 und Referenzpunkte 136 als Krümmungsmittelpunkte für die Radien R1 und R2 von benachbarten Rippen sind gleichmäßig verteilt und haben einen Winkelabstand, der  $360^\circ$ , geteilt durch die Anzahl der Rippen, entspricht. Dementsprechend wären die (nicht dargestellten) Referenzlinien und der Referenzpunkt für die strichpunktiert in Fig. 5 dargestellte Rippe 130 um  $60^\circ$  im Uhrzeigersinn gegenüber der Referenzlinie 137 und dem Referenzpunkt 136 versetzt, die in Fig. 5 für die durchgezogen dargestellte (linke) Rippe gezeigt sind.

**[0024]** Wie sich aus Fig. 5 weiterhin ergibt, entspricht der Krümmungsradius der äußeren Enden 140 der Rippen dem Innenradius der Zylinderwand 124 der Zylinderbohrung 100. Fig. 6 läßt erkennen, daß die Rippen 130 eine Oberseite aufweisen, deren radial äußeres, ein Stück oberhalb der Oberseite 126 der Stirnwand 102 liegendes Ende einen Bogenabschnitt 144 aufweist, der einen harmonischen Übergang zur Innenwand 124 der Zylinderöffnung 100 bildet. Ausgehend von ihrem radial äußeren Ende verringert sich die Dicke der Rippen in Axialrichtung zum radial innenliegenden Ende hin, das wiederum einen zweiten Bogenabschnitt 146 aufweist, der einen praktisch stufenlosen Übergang auf die Oberseite 126 der Stirnwand sicherstellt. Die Oberseite 142 ist vorzugsweise zwischen ihrem radial inneren und radial äußeren Ende leicht konvex gekrümmt, wodurch ein besonders guter Kontakt zwischen Elektrode und Oberseite der Rippen beim Starten des Schweißbrenners erreicht wird.

**[0025]** Aus den Fig. 3 bis 6 ist gut erkennbar, daß jeweils zwei in Umfangsrichtung nebeneinander liegende

Drallrippen zwischen sich einen Gasströmungskanal 148 bilden, von denen jeder ein Eintrittsende an der Innenwand 124 der Zylinderöffnung 100 und ein Austrittsende hat, das zwischen den radial inneren Enden der Rippenseitenwände 132 bzw. 134 von zwei benachbarten Rippen liegt. Wie sich insbesondere aus den Fig. 3 und 5 ergibt, ist der Abstand in Umfangsrichtung zwischen den Seitenwänden zweier benachbarter Rippen am Eintrittsende eines jeden Kanals größer als am Austrittsende. Das in jeden Kanal 148 am Eingangsende eintretende Gas strömt dadurch entlang eines gekrümmten, in Strömungsrichtung sich verjüngenden Weges zum Austrittsende des Kanals. Die Kanäle sind so ausgelegt, daß sie das Gas an ihren Auslaßöffnungen in Richtungen ausstoßen, die etwa tangential zur Auslaßöffnung 104 verlaufen. Die zwischen den Rippen ausgebildeten Kanäle sorgen durch ihre besondere Ausgestaltung dafür, daß das Gas beim Eintritt in die Auslaßöffnung 104 nicht nur verwirbelt, sondern auch radial eingeschnürt wird, wodurch ein besonders gerader (linearer) Plasmastrahl aus dem Schweißbrenner austritt.

**[0026]** Beispielhaft und nur zur Verdeutlichung des hier gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispiels beträgt der Innendurchmesser der Zylinderöffnung 100 des Düsenelements 34 etwa 8,636 mm und die innenliegende Oberseite 126 der Stirnwand ist um etwa  $15^\circ$  gegenüber einer zur Achse A orthogonalen Ebene geneigt. Der Durchmesser der Auslaßöffnung 104 beträgt bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel etwa 1,07 mm, während die Krümmungsradien R1 und R2 bei 3,175 bzw. 2,54 mm und der Radien R3 und R4 bei 1,78 bzw. 4,32 mm liegen. Der Referenzpunkt 136 hat einen Abstand vom Schnittpunkt der Linien 137 und 139 von 1,93 mm, wobei der Schnittpunkt dieser beiden Linien wiederum um 0,1016 mm von der Achse A beabstandet ist. Der Krümmungsradius der bogenförmigen Abschnitte 128, 144 und 146 zwischen den Innen- bzw. Stirnseiten 124, 126 der Düse und den äußeren und inneren Enden der Rippen 130 beträgt 0,635 mm. Jede Rippe ist mit einem Radius von 3,175 mm auf ihrer Oberseite konvex gekrümmt um einen Krümmungsmittelpunkt, der um 5,26 mm von der Achse seitlich und um 16,33 mm von der Oberseite 106 des Flansches entfernt ist.

**[0027]** In Fig. 2 ist die Elektrode in ihrer Arbeitsstellung dargestellt, in der sich die Arbeitsspitze 50 in einem Abstand oberhalb der Stirnwand 102 des Düsenelements 34 befindet. Elektrode und Düsenelement sind in an sich bekannter Weise so angeordnet, daß sie über eine Stromquelle miteinander verbunden sind, so daß ein Pilotlichtbogen zwischen diesen beiden Bauteilen gezündet wird und brennt, wenn die Elektrode aus ihrer in Fig. 2 gezeigten Lage nach unten in Kontakt mit dem Düsenelement 34 bzw. dessen Drallrippen 130 gebracht und anschließend wieder in ihre in Fig. 2 dargestellte Lage zurückgezogen wird. Bei einem solchen Startvorgang wird zwischen der unteren Stirnfläche 52

der Arbeitsspitze 50 der Elektrode und der axial innenliegenden Oberseite 126 der Stirnwand 102 des Düsenelements 34 ein Plasmagasraum 150 ausgebildet, der einen um seinen äußeren Rand verlaufenden, ringförmigen Einlaß 152 hat, der durch den Ringspalt zwischen der Innenwand 124 des Düsenelements und der Umfangsfläche der Arbeitsspitze 50 der Elektrode 48 festgelegt ist. Bevor ein Pilotlichtbogen erzeugt wird, stößt die Stirnfläche 52 der Arbeitsspitze 50 der Elektrode 48 infolge der von der Druckfeder 92 ausgeübten Kraft an den Rippen 130 an. Zum Starten des Brenners wird dann ein Plasmagas durch den Einlaß 94 in den Schweißbrennerkorpus 12 eingeleitet und strömt durch den ringförmigen Spalt zwischen dem Korpus 12 und der Zylinderhülse 64 und axial entlang der Aussparungen 70 durch die Durchlaßöffnungen 24 in der Hülse 18 der Drallringkonstruktion. Nach Durchströmen des Gases durch die radialen Durchlaßöffnungen 24 wirkt der Gasdruck auf die Unterseite des Kopfes 58 der Elektrode 48 und hebt diese so gegen die Vorspannung der Feder 29 nach oben in die in Fig. 2 dargestellte Lage. Das Gas strömt weiter nach unten entlang dem oberen Ende der Elektrode und weiter durch die Drallkanäle 56 zum unteren Ende der Hülse 18, wo ein Teil des Gases mit Drall in den ringförmigen Durchgang zwischen Innenwand 124 des Düsenelements und Außenseite der Arbeitsspitze 50 der Elektrode strömt und von dort über einen Randeintritt 152 in den Gasraum 50 gelangt. Das Plasmagas strömt dann weiter etwa spiralförmig nach innen in den zwischen benachbarten Rippen 130 ausgebildeten Kanälen, aus denen es an deren Auslaufenden etwa tangential zum Rand der Auslaßöffnung 104 austritt. Das Gas verläßt die Öffnung 104 dadurch mit einem Drall. Wenn die Elektrode außer Kontakt mit dem Düsenelement gerät und - wie beschrieben - ein Pilotlichtbogen zwischen Elektrode und Düsenelement brennt, tritt aus der Gaskammer 150 ein Plasmastrahl P mit dem in den Kanälen 148 erzeugten Drall aus. Solange Plasmagas durch den Gasraum 150 strömt, wird ein Druck auf die Stirnfläche 52 der Elektrode ausgeübt, wobei ein niedrigerer Druck erforderlich ist, um die Elektrode 48 in ihrer Betriebsstellung zu halten.

**[0028]** Wie sich aus den Fig. 4 und 6 ergibt, strömt das Gas bei seinem Eintritt 152 in den Gasraum 150 und radial durch diesen hindurch zu der Auslaßöffnung 104 und bei seinem Durchgang durch die zwischen den Rippen 130 ausgebildeten Kanäle 148 und durch die gekrümmten Abschnitte 144 und 128 in der Nähe des Eintrittes 152 durch die glatten Übergänge und Radien praktisch ohne Turbulenzen und es wird ein besonders guter Strömungsübergang zwischen dem axial-schraubenförmigen Verlauf entlang der Arbeitsspitze 50 der Elektrode 48 und dem spiralförmigen, radial nach innen gerichteten Fluß in den Kanälen 148 entlang der Rippen 130 in Richtung auf die Auslaßöffnung 104 erreicht. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung hat bei der Übergangsströmung auch den besonderen Vorteil, daß die Richtung der Drallströmung um die Arbeitsspitze 52 der

Elektrode herum in Durchflußrichtung vor der Kammer 150 der Strömungsrichtung des Gases durch die Kanäle 148 zwischen den Rippen entspricht, was ebenfalls dazu führt, daß eine Übergangsströmung mit nur sehr geringen oder gar keinen Turbulenzen sich ausbildet. Nach Erzeugen des Pilotlichtbogens wird der Brenner im Pilotlichtbogenmodus betrieben, in dem der Lichtbogen noch nicht auf ein Werkstück übergesprungen ist. Der Brenner kann dann in die Nähe eines Werkstückes für den Lichtbogenüberschlag bewegt werden, wobei der Brenner dann im Lichtbogenübertragungsbetrieb arbeitet.

**[0029]** Die spezielle Ausgestaltung des Düsenelements 34 hat beim Betrieb des Schweißbrenners auch besondere Vorteile bei der Richtungssteuerung des zur Kühlung vorgesehenen Teilstroms des Plasmagases. Wie sich aus den Fig. 2 bis 4 insoweit ergibt, strömt ein Teil des durch die Durchlässe 24 einströmenden und von dort durch die schraubenförmigen Kanäle 56 zu deren Austrittsenden geleiteten Plasmagases oberhalb des Düsenelements 34 durch die Nuten 120 an dessen Außenseite hindurch und weiter durch die Aussparungen 110 in dem Montageflansch 40 des Düsenelements. Ein weiterer Teil des durch die Nuten 120 strömenden Plasmagases gelangt von den Aussparungen 110 radial nach außen in den Ringspalt zwischen den Oberflächen 30 und 44 des Montagerings bzw. der Schirmhülse 36 und über die Kühlrippen 32 in den Hohlraum 46, wodurch die Bauteile des Schweißbrenner in diesem Bereich gut gekühlt werden. Noch ein weiterer Teilstrom des durch die Nuten strömenden Plasmagases strömt durch die Aussparungen 110 im Flansch 40 und wird radial nach innen gegen den ersten Zylinderabchnitt der Düse 34 gelenkt und gelangt von dort auf den konischen Abschnitt 114. Da die Schulter 41 an der Schirmhülse 36 einen Teil der Aussparungen 110 nahe der Unterseite 108 des Flansches 40 radial überlappt und sich die Öffnung des Düsenelements mit einem konischen Wandabschnitt 43 von der Schulter 41 nach unten in Richtung auf den Auslaß verjüngt, wird das in Axialrichtung entlang der Böden 118 der Aussparungen 110 strömende Gas radial nach innen in Richtung auf den Zylinderteil 112 der Düse abgelenkt. Beim Weiterströmen längs dieses Düsenbereiches gelangt das Gas auf das konische Teilstück 114 und wird von diesem radial nach außen abgelenkt und bildet so einen etwa konischen Schutzmantel um den Plasmastrahl P.

**[0030]** Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern es ergeben sich viele Änderungen und Ergänzungen, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. So ist es beispielsweise möglich, die Erfindung auch bei einem solchen Schweißbrenner zu verwenden, bei dem Düse und Elektrode nicht verschieblich zueinander angeordnet, sondern ortsfest sind, wobei dann der Brenner nicht durch Verschieben der Elektrode im Düsenelement gestartet wird, sondern hierzu eine geeignete elektrische (Hochfrequenz-) Schaltung Verwendung fin-

det. Es ist möglich, die Konturen der Drallrippen an der Innenseite der Stirnwand des Düsenelementes etwas anders auszugestalten und beispielsweise auch mehr oder weniger als sechs Rippen zu verwenden. Der Drall des Gases kann auch allein bei dessen Strömung über die Stirnfläche des Düsenelementes erzeugt werden, ohne daß die in Durchflußrichtung des Gases vorher getroffene Anordnung mit den schraubenförmigen Kanälen vorgesehen wird. Dieser Drall des Gases stromaufwärts kann auch anders erzeugt werden, beispielsweise dadurch, daß das Gas nicht durch eine radial, sondern durch eine oder mehrere tangential angeordnete Einlaßöffnungen 94 zugeführt wird.

## Patentansprüche

### 1. Plasmabrenner mit einem Schweißbrennerkorpus (12),

- mit einem vorzugsweise symmetrisch zu einer Achse (A) ausgebildeten, am Korpus angeordneten, rohrförmigen Düsenelement (34) mit einer in Richtung der Achse sich erstreckenden Innenwand (124), axial entgegengesetzten Enden und mit einer Stirnwand (102) an einem der Enden,
- mit einer in dem Schweißbrennerkorpus (12) abgestützten, eine Arbeitsspitze (50) aufweisenden und koaxial zum Düsenelement (34) ausgerichteten Elektrode (48), wobei die Arbeitsspitze (50) der Elektrode (48) eine Stirnfläche (52) aufweist, die nahe der Stirnwand (102) angeordnet und mit dieser einen Plasmagasraum (150) begrenzt, der mit einer sich axial durch die Stirnwand (102) erstreckenden Auslaßöffnung (104) versehen ist, wobei die Arbeitsspitze (50) der Elektrode (48) eine Umfangsfläche hat, die sich von der Stirnfläche (52) entlang der Innenwand (124) des Düsenelementes (34) erstreckt und mit dieser einen ersten ringförmigen sich in den Gasraum (150) öffnenden Gasdurchlaß bildet, dessen Einlaß sich an dem anderen, entgegengesetzten Ende des Düsenelementes (34) befindet, wobei das Düsenelement (34) zwischen seinen beiden Enden eine Außenfläche hat, die einen ersten zylindrischen (112), einen konischen (114) und einen zweiten zylindrischen Oberflächenabschnitt (116) aufweist, die koaxial zueinander ausgerichtet und axial benachbart sind und zum Düsenende hin aufeinander folgen, wobei der Durchmesser des ersten zylindrischen Oberflächenabschnitts (112) kleiner als der des zweiten Oberflächenabschnitts (116) ist und der konische Oberflächenabschnitt (114) sich vom ersten zum zweiten Oberflächenabschnitt

hin erweitert,

- mit Mitteln zum Zuführen von Plasmagas so- wohl in das Eintrittsende des ersten Gasdurch- lasses als auch entlang der Außenseite des Düsenelementes (34) für eine Strömung so- wohl in den Gasraum (150) als auch axial ent- lang des ersten zylindrischen Oberflächenab- schnitts (112) zu dem konischen Abschnitt (114), und
- mit Mitteln zum Erzeugen eines Lichtbogens zwischen dem Düsenelement (34) und der Elektrode (48), um einen Plasmastrahl durch die Auslaßöffnung (104) strömen zu lassen, wobei das entlang des ersten zylindrischen Oberflächenabschnitts strömende Gas mit Hil- fe des konischen Oberflächenabschnitts (114) radial nach außen und axial auf ein Ende des Düsenelementes (34) gerichtet wird und einen etwa konischen Schutzgasmantel für den Plas- mastrahl ausbildet.

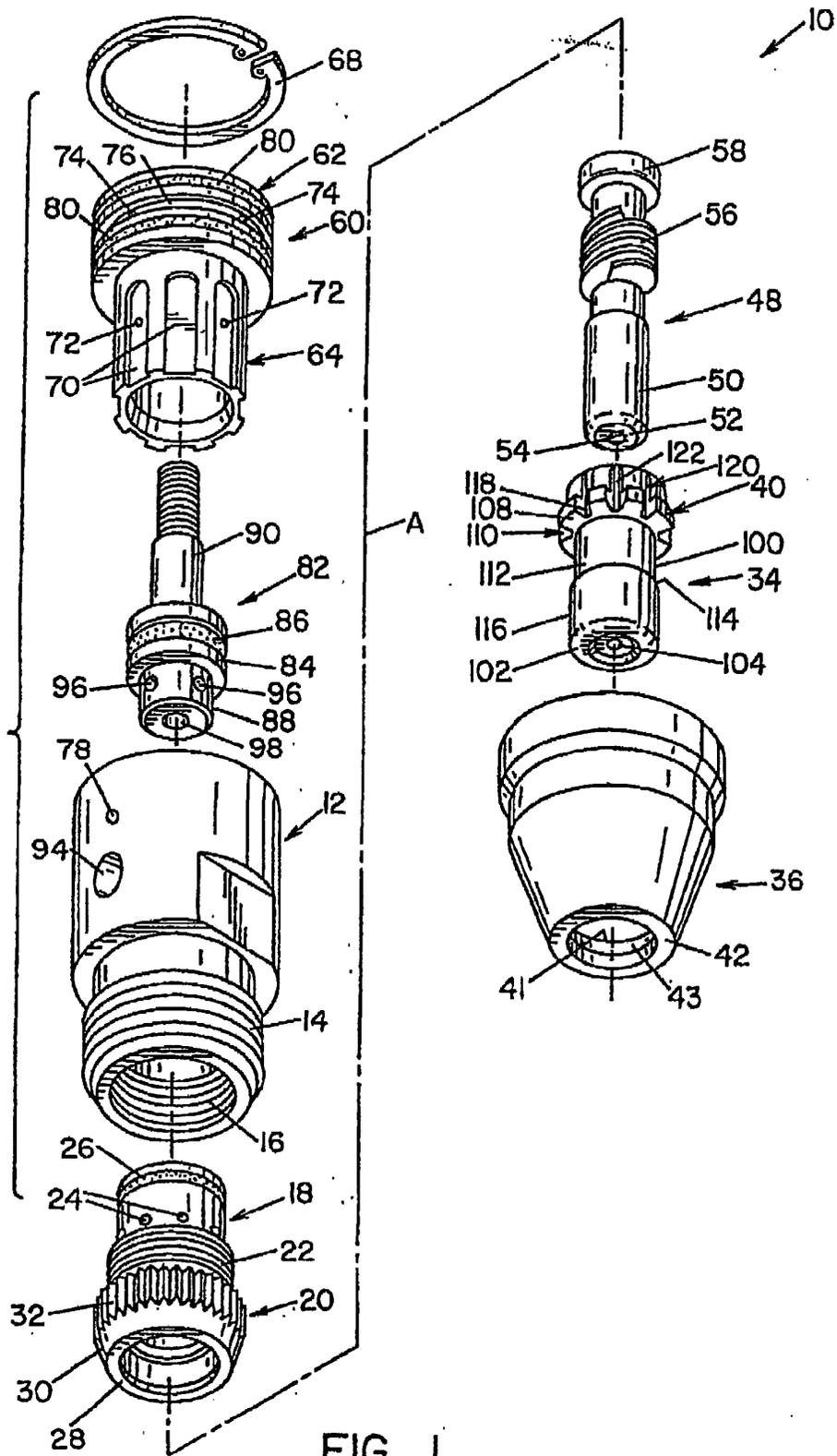
### 2. Plasmabrenner nach Anspruch 1, **dadurch ge- kennzeichnet, daß** das Düsenelement (34) an sei- ner Außenfläche einen nach außen vorspringenden Montageflansch (40) aufweist, der eine obere und eine untere Flanschseite (106, 108) hat, sowie Mit- tel aufweist, die einen zweiten Gasdurchgang aus- bilden, der einen axial über den Montageflansch (40) verlaufenden Abschnitt hat, wobei sich der zweite Gasdurchgang axial entlang der Außenflä- che des Düsenelementes (34) erstreckt und einen Einlaß am einem Ende des Düsenelementes (34) und einen Auslaß am Montageflansch (40) aufweist und wobei wenigstens ein Teil des zu der Außenflä- che des Düsenelementes gelenkten Gases in den Einlaß des zweiten Gasdurchgangs geleitet wird.

### 3. Plasmabrenner nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** Mittel mit einem gegen die obere Flansch- seite (106) des Montageflansches stoßenden Dü- senmontagemittel zum Ablenken des **durch** den Auslaß des zweiten Gasdurchgangs strömenden Gases radial nach innen in Richtung auf den ersten zylindrischen Oberflächenabschnitt (112).

### 4. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **gekennzeichnet durch** an dem Schweißbrenner- korpus (12) angeordnete Düsenmontagemittel mit einem ersten (20) und einem zweiten Hüsenele- ment (36), die das Montageflanschmittel zwischen sich einklemmen, wobei die zweite Hülse (64) die erste Hülse (20) derart umgibt, daß zwischen den Hüsen ein Hohlraum (46) gebildet ist und wobei der zweite Gasdurchgang in dem Montageflansch Durchgänge aufweist, die in Strömungsverbindung mit dem Hohlraum sind und **durch** die ein Teil des

- durch** den zweiten Gasdurchgang strömenden Gases in den Hohlraum strömen kann.
5. Plasmabrenner nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erste Hülse (20) außen einen Randabschnitt aufweist, der mehrere axial verlaufende und in Umfangsrichtung beabstandeten Kühlrippen (32) in dem Hohlraum bildet. 5
  6. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Elektrode (48) im Abstand von der Arbeitsspitze (50) einen Bereich mit Mitteln zum Erzeugen einer etwa schraubenförmigen Drallströmung des Gases um die Elektrodenachse und axial in Richtung auf das Eintrittsende des ersten Gasdurchgangs und/oder des zweiten Gasdurchgangs aufweist. 10
  7. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stirnwand (102) des Düsenelementes (34) Mittel zum Erteilen einer Drallbewegung an das durch den ringförmigen Gasdurchgang (152) zu der Auslaßöffnung (104) strömende Gas aufweist. 20
  8. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Montageflansch (40) sich am Außenumfang des Düsenelementes (34) befindet und einen Außenrand aufweist, wobei der zweite Gasdurchgang am Flansch mehrere radial außen offene im Abstand voneinander angeordnete Aussparungen (110) aufweist. 25
  9. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die radial innenliegenden Enden der Aussparungen (110) weiter außen liegen als der erste zylindrische Abschnitt (112). 30
  10. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Mittel zum Ausbilden eines zweiten Gasdurchgangs mehrere Nuten (120) in der Außenfläche des Düsenelementes (34) aufweisen, die sich axial von der unteren Flanschseite (108) des Montageflansches (40) bis zum oberen Ende des Düsenelementes (34) zu erstrecken. 35
  11. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** so viele Nuten (120) wie Aussparungen (110) vorgesehen sind, wobei die Nuten (120) einen Nutgrund (122) haben, der stufenlos in die Bodenfläche (118) der zugehörigen Aussparung (110) übergeht. 40
  12. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** eine Gasumleitungsanordnung an der Innenseite des zweiten Hülselements, die axial von oben nach unten in Richtung auf das Düsenelement (34) und radial nach innen verläuft, um die Gasströmung **durch** das Auslaßende des zweiten Gasdurchgangs radial nach innen auf den ersten zylindrischen Oberflächenabschnitt (112) hin zu lenken. 45
  13. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stirnwand (102) des Düsenelementes (34) Mittel zum Erteilen einer Drallbewegung an das durch den ringförmigen ersten Gasdurchgang zu der Auslaßöffnung (104) strömenden Gases aufweist. 50
  14. Düsenelement für einen Plasmabrenner insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einem vorzugsweise symmetrisch zu einer Achse (A) ausgebildeten, rohrförmigen Düsenkorpus (34) mit einer in Richtung der Achse sich erstreckenden Innenwand (124), axial entgegengesetzten Enden und mit einer Stirnwand (102) an einem der Enden, die mit einer sich axial erstreckenden Auslaßöffnung (104) versehen ist, wobei das Düsenelement (34) zwischen seinen beiden Enden eine Außenfläche hat, die Düsenelements einen ersten zylindrischen (112), einen konischen (114) und einen zweiten zylindrischen Oberflächenabschnitt (116) aufweist, die koaxial zueinander ausgerichtet und axial benachbart sind und zum Düsenende hin aufeinander folgen, wobei der Durchmesser des ersten zylindrischen Oberflächenabschnitts (112) kleiner als der des zweiten Oberflächenabschnitts (116) ist und der konische Oberflächenabschnitt (114) sich vom ersten zum zweiten Oberflächenabschnitt hin erweitert. 55
  15. Düsenelement nach Anspruch 14, **gekennzeichnet durch** einen an seiner Außenfläche angeordneten, nach außen vorspringenden Montageflansch (40) mit einer oberen und einer unteren Flanschseite (106, 108), der an seinem Außenrand mit mehreren nach außen offenen, sich von der oberen zur unteren Flanschseite erstreckenden, voneinander beabstandeten Aussparungen (110) versehen ist.
  16. Düsenelement nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die radial innenliegenden Enden der Aussparungen (110) weiter außen liegen als der erste zylindrische Abschnitt (112).
  17. Düsenelement nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **gekennzeichnet durch** mehrere in seiner Außenfläche angeordnete Nuten (120), die sich axial von der unteren Flanschseite (108) des Montageflansches (40) bis zum oberen Ende des Düsenelementes (34) erstrecken.

18. Düsenelement nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** so viele Nuten (120) wie Aussparungen (110) vorgesehen sind, wobei die Nuten (120) einen Nutgrund (122) haben, der stufenlos in die Bodenfläche (118) der zugehörigen Aussparung (110) übergeht. 5
19. Düsenelement nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **gekennzeichnet durch** an der Stirnwand (102) des Düsenelementes (34) angeordnete Führungsmittel zum Erteilen einer Drallbewegung an ein zu der Auslaßöffnung (104) strömendes Plasmagas. 10
20. Düsenelement nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Führungsmittel mehrere an der Stirnfläche (102) des Düsenelements angeordnete Rippen (130) aufweisen, die in Umfangsrichtung um die Auslaßöffnung (104) voneinander beabstandet sind und jeweils ein radial äußeres (140) und ein radial inneres Ende (138) haben, wobei die Abmessungen der Rippen in Umfangsrichtung zwischen den äußeren und inneren Enden im wesentlichen gleichbleibend sind, 15
21. Düsenelement nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die radial innen liegenden Enden (138) der Rippen in Umfangsrichtung einen geringeren Abstand voneinander als die äußeren Rippenenden (140) haben. 20
22. Düsenelement nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** jede der Rippen (130) in Umfangsrichtung einander gegenüberliegende Seitenwände (132, 134) und zwischen diesen eine axial von der Stirnseite wegweisende Oberseite (142) aufweist, die vom äußeren zum inneren Ende hin etwa keilförmig zur Stirnfläche (102) des Düsenelements (34) abfällt. 25
23. Düsenelement nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rippen zwischen sich an der Stirnfläche (102) eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten, zur Auslaßöffnung gerichteten Gasführungskanälen bilden, wobei jeder Gasführungskanal eine sich etwa radial erstreckende Bodenfläche und axial aufragende Außenseiten zwischen einander gegenüberliegenden Seitenwänden benachbarter Rippen aufweist, wobei die Bodenfläche mit einem Krümmungsradius in die Außenseiten übergeht. 30
24. Düsenelement nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kanäle (148) und/oder die Rippen (130) zwischen ihren radial außenliegenden Enden (140; 144) und ihren radial innenliegenden Enden (138, 146) bogenförmig verlaufen. 35
25. Düsenelement nach einem der Ansprüche 20 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bodenfläche eines jeden Kanals (148) vom radial äußeren zum inneren Ende der den jeweiligen Kanal begrenzenden Rippen (130) mit Gefälle verläuft. 40
26. Düsenelement nach einem der Ansprüche 20 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** die äußeren Enden (140) der Rippen (130) in die Randwand (124) des Düsenkorpus übergehen und die zwischen den benachbarten Rippen (130) befindlichen Abschnitte der Randwand (124) die sich axial erstreckenden äußeren Endseiten der Kanäle bilden, wobei erste gekrümmte Flächen die Bodenflächen mit den radialen äußeren Endseiten verbinden und zweite gekrümmte Flächen die Rippenoberseiten (142) mit der Randwand (124) verbinden. 45
27. Düsenelement nach einem der Ansprüche 20 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberseiten (142) der Rippen (130) einen bezüglich der Stirnseite (52) der Elektrode (48) konvex gekrümmten Abschnitt zwischen dem radial äußeren und inneren Ende aufweist. 50







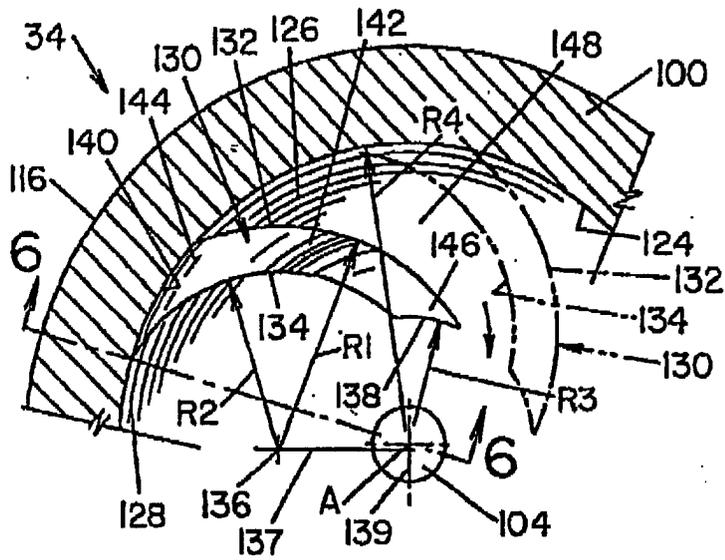


FIG. 5

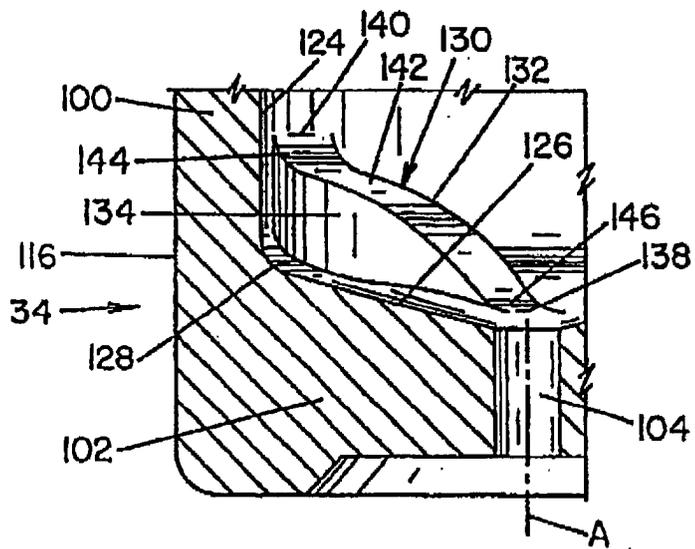


FIG. 6