



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 687 T2** 2008.01.10

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 933 009 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H05H 1/34** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 687.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/16612**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 942 573.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/016091**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.09.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **16.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.08.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **02.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.01.2008**

(30) Unionspriorität:
727019 08.10.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Hypertherm, Inc., Hanover, N.H., US

(72) Erfinder:
**LU, Zhipeng, Hanover, NH 03755, US; COUCH,
Richard W., Hanover, NH 03755, US; CURRIER,
Brian J., Newport, NH 03773, US**

(74) Vertreter:
Andrae Flach Haug, 81541 München

(54) Bezeichnung: **VERBRAUCHSMATERIAL MIT ANGEFORMTER FEDER FÜR LICHTBOGEN-PLASMABRENNER,
DER EIN KONTAKTSTARTSYSTEM VERWENDET**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Plasmalichtbogenbrenner und Betriebsverfahren, und insbesondere einen Plasmalichtbogenbrenner und ein Verfahren, das ein System zum Starten eines Kontakts verwendet, das eine Elektrode und eine elastisch vorgespannte verschiebbare Düse oder einen elastisch vorgespannten verschiebbaren Drallring einsetzt.

Hintergrund

[0002] Plasmalichtbogenbrenner werden weit verbreitet beim Schneiden von Metallmaterialien eingesetzt. Ein Plasmalichtbogenbrenner umfasst im Großen und Ganzen einen Brennerkörper, eine Elektrode, die in dem Körper montiert ist, eine Düse mit einer zentralen Austrittsöffnung, elektrische Anschlüsse, Durchgänge für Kühl- und Lichtbogenregelfluide, einen Drallring, um die Fluidströmmuster zu regeln, und eine Stromversorgung. Der Brenner erzeugt einen Plasmalichtbogen, der ein begrenzter ionisierter Strahl aus einem Plasmagas mit einer hohen Temperatur und einem hohen Moment ist. In dem Brenner verwendete Gase können nicht reaktiv (z.B. Argon oder Stickstoff) oder reaktiv sein (z.B. Sauerstoff oder Luft).

[0003] Im Betrieb wird ein Zündbogen zuerst zwischen der Elektrode (Kathode) und der Düse (Anode) erzeugt. Der Zündbogen ionisiert Gas, das durch die Düsenaustrittsöffnung tritt. Nachdem das ionisierte Gas den elektrischen Widerstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück reduziert, geht der Lichtbogen von der Düse auf das Werkstück über. Der Brenner kann in diesem übertragenen Plasmalichtbogenmodus betrieben werden, der durch den leitenden Strom von ionisiertem Gas von der Elektrode zu dem Werkstück charakterisiert ist, um das Werkstück zu schneiden.

[0004] Im Großen und Ganzen gibt es zwei weit verbreitete Techniken zur Erzeugung eines Zündplasmalichtbogens. Eine Technik verwendet ein Hochfrequenzhochspannungssignal ("HFHV"), das an eine Gleichstromquelle und den Brenner angeschlossen ist. Das HFHV-Signal wird typischerweise von einem Generator bereitgestellt, der mit der Stromversorgung verbunden ist. Das HFHV-Signal induziert eine Funkenentladung in dem Plasmagas, das zwischen der Elektrode und der Düse strömt, und diese Entladung stellt einen Stromweg bereit. Der Zündbogen wird zwischen der Elektrode und der Düse mit der Spannung gebildet, die zwischen ihnen anliegt.

[0005] Die andere Technik zum Erzeugen eines Zündplasmalichtbogens ist als Kontaktstarten be-

kannt. Kontaktstarten ist vorteilhaft, weil es nicht eine Hochfrequenzausstattung erfordert, und daher billiger ist und keine elektromagnetische Interferenz erzeugt. Bei einer Form des Kontaktstartens wird die Elektrode manuell in elektrische Verbindung mit dem Werkstück angeordnet. Ein Strom wird dann aus der Elektrode in das Werkstück geleitet, und der Bogen wird gezündet, indem die Elektrode manuell von dem Werkstück entfernt wird.

[0006] Verbesserungen bei Plasmalichtbogenbrennersystemen wurden entwickelt, die die Notwendigkeit eliminiert haben, den Brenner gegen das Werkstück zu zünden, um einen Bogen zu starten, wodurch Schäden für empfindliche Brennerkomponenten vermieden wurden. Ein derartiges System ist in dem US-Patent Nr. 4 791 268 offenbart (dem '268-Patent"), das auf den selben Rechtsnachfolger wie die vorliegende Erfindung übertragen wurde. Kurz gesagt beschreibt das '268-Patent einen Brenner mit einer bewegbaren Elektrode und einer stationären Düse, die anfänglich im Kontakt aufgrund einer Feder ist, die an die Elektrode gekoppelt ist, derart, dass die Düsenöffnung blockiert ist. Um den Brenner zu starten, wird Strom durch die Elektrode und die Düse geleitet, während ein Plasmagas in die Plasmakammer geleitet wird, die durch die Elektrode, die Düse und den Drallring definiert ist. Das Kontaktstarten wird erreicht, wenn der Aufbau eines Gasdrucks in der Gaskammer die Federkraft überwindet, wodurch die Elektrode von der Düse getrennt wird, und einen Niedrigenergie-Zündbogen dazwischen aufzieht. Danach kann, indem die Düse in nächste Nähe zu dem Werkstück gebracht wird, der Bogen auf das Werkstück übertragen werden, wobei der Regelkreis die elektrischen Parameter vergrößert, um hinreichende Energie zum Bearbeiten des Werkstücks bereitzustellen. Die gemäß dieser Konstruktion hergestellten Plasmalichtbogenbrennersysteme haben eine weit verbreitete Akzeptanz bei kommerziellen und industriellen Anwendungen erfahren.

[0007] Während des Betriebs eines Plasmalichtbogenbrenners findet ein erheblicher Temperaturanstieg in der Elektrode statt. Bei Systemen, die eine bewegliche Elektrode einsetzen, wird das passive Konduktionskühlen der Elektrode durch eine benachbarte Konstruktion aufgrund der Notwendigkeit reduziert, Gleitpassungsabstände dazwischen beizubehalten. Derartige Abstände vermindern die Wärmeübertragungseffizienz relativ zu festen Elektrodenkonstruktionen, die Gewindeverbindungen oder Presspassungen einsetzen. Dementsprechend wurden aktive Kühlanordnungen entwickelt, wie z.B. solche, die in dem US-Patent Nr. 4 902 871 ("dem '871-Patent") offenbart sind, das auf den selben Rechtsnachfolger wie die vorliegende Erfindung übertragen wurde. Kurz gesagt, beschreibt das '871-Patent eine Elektrode mit einem Spiralgasstromdurchgang, der einen größeren Schulterabschnitt davon umschreibt. Eine

verstärkte Wärmeübertragung und eine längere Elektrodenlebensdauer werden aufgrund des vergrößerten Oberflächengebiets der Elektrode realisiert, das dem kalten beschleunigten Gasstrom ausgesetzt ist.

[0008] Die DE-A-40 18 423 offenbart ein Plasmatron zum Schneiden von Metall. Der Plasmatron umfasst eine Kupferstrahlanode, die in Kontakt mit einer Kupferelektrode einer Kathodeneinheit durch eine Feder vorgespannt ist. Die Feder ist zwischen einem Strahlschild und der Kupferstrahlanode angeordnet, wenn das Plasmatron zusammengebaut ist.

[0009] Das US-Patent 5 454 083 betrifft eine Kleincomputerschnittstelle und offenbart eine Welle, die drehbar in einem Gehäuse mit einer Feder gehalten wird, die um die Welle angeordnet ist.

[0010] Die europäische Patentveröffentlichung Nr. 0 414 561 beschreibt eine Ventilstangendichtungsanordnung für das Ventil eines Verbrennungsmotors. Das Dokument offenbart ein vereinfachtes Zusammenbauverfahren zum Installieren einer Feder auf einer Ventilstange unter Verwendung eines die Feder, eine Unterlegscheibe und Keile enthaltenden Einwegbehälters.

[0011] Während bekannte Kontaktstartsysteme wie beabsichtigt funktionieren, hat man zusätzliche Gebiete zur Verbesserung identifiziert, um Operationsanforderungen zu entsprechen. Zum Beispiel wird bei bekannten Kontaktstartsystemen die Elektrode zum Teil von einer Feder gehalten, die im engen elektrischen und physikalischen Kontakt zwischen der Elektrode und der Düse bleibt, um die Austrittsöffnung abzudichten, bis zu einer solchen Zeit, wenn der Druck in der Plasmakammer die Vorspannbelastung in der Feder überwindet. Die Abnutzung der Feder aufgrund der zyklischen mechanischen und/oder thermischen Ermüdung führt zu einer Änderung der Federrate oder zu einem Federausfall, und dementsprechend zu einer Schwierigkeit beim Beginnen des Zündbogens mit einer damit hergehenden Reduktion bei der Zuverlässigkeit des Starten des Brenners. Dementsprechend sollte die Feder periodisch ausgetauscht werden; jedoch ist aufgrund des Orts der Feder in dem Brennerkörper ein zusätzlicher Auseinanderbauaufwand erforderlich, zu dem, der notwendig ist, um Routineverbrauchsmittel auszutauschen, wie zum Beispiel die Elektrode und die Düse. Eine spezielle Testausstattung wird typischerweise auch benötigt, um den richtigen Zusammenbau des Brenners zu gewährleisten. Überdies kann während der Reparatur oder Wartung des Brenners die Feder verschoben werden oder verlorengehen, weil die Feder eine separate Komponente ist. Das Wiederezusammensetzen des Brennerkörpers ohne die Feder oder mit der falsch installierten Feder kann zu einer Schwierigkeit beim Starten oder einem verlängerten Betrieb des Brenners vor dem Starten des Zündbogens führen.

[0012] Ausserdem können Gleitkontaktabschnitte der Elektrode und benachbarte Konstruktionen, die als eine Kolben/Zylinderbaugruppe charakterisiert werden können, eine Riefenbildung und Verstopfen aufgrund von Verunreinigungen unterworfen sein. Diese Oberflächen sind verletzlich gegenüber Staub, Fett, Öl und anderen Fremdkörpern, die in Druckgasen üblich sind, die von Luftkompressoren über Schläuche und zugehörige Leitungen geliefert werden. Diese Verunreinigungen verkürzen die Dauer der störungsfreien Dienste des Brenners und erfordern ein periodisches Auseinanderbauen des Brenners zum Reinigen oder zur Reparatur. Es würde daher für sich bewegende Komponenten und passende Oberflächen wünschenswert sein, routinemäßig und leicht ausgetauscht zu werden, bevor die Brennerstartzuverlässigkeit beeinträchtigt wird.

[0013] Dementsprechend gibt es einen Bedarf, einen Plasmalichtbogenbrenner-Kontaktstartaufbau zu schaffen, der auf dem vorliegenden Stand der Technik aufbaut.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Eine Düse und eine Haltekappe für einen Plasmalichtbogenbrenner, wie beansprucht, sind als nützlich bei einer großen Vielfalt industrieller und kommerzieller Anwendungen offenbart, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Schneiden und Markieren von Metallwerkstücken, ebenso wie Plasmaspritzbeschichtung. Die Vorrichtung umfasst einen Brennerkörper, in dem eine Elektrode fest montiert ist. Eine verschiebbare Düse ist koaxial mit der Elektrode montiert, wobei eine Plasmakammer dazwischen gebildet wird. Die Düse ist in Kontakt mit der Elektrode durch ein Federelement elastisch vorgespannt. Eine Haltekappe ist an dem Brennerkörper befestigt, um die Düse zu fangen und zu positionieren. Bei einer Ausführung, wie beansprucht, ist das Federelement an der Düse befestigt, wobei eine integrale Baugruppe gebildet wird, die dazu gedacht ist, als eine Baugruppe ausgetauscht zu werden, und von dem Anwender nicht weiter auseinandergebaut zu werden. Bei einer weiteren Ausführung, wie beansprucht, ist das Federelement an der Haltekappe befestigt, wobei es damit eine integrale Baugruppe bildet. Das Federelement kann irgendeine Konfiguration einer Vielfalt von Konfigurationen haben, einschließlich, aber nicht beschränkt auf eine Wellenunterlagscheibe, eine Fingerfederunterlagscheibe, eine Unterlagscheibe mit gebogenen Federn, eine Schraubenkompressionsfeder, eine Flachdrahtkompressionsfeder oder einer geschlitzten konischen Scheibe.

[0015] Die verschiebbare Komponente ist in Kontakt mit der festen Elektrode durch das Federelement in dem zusammengebauten Zustand vorgespannt. Nach dem Bereitstellen von elektrischem Strom, der

durch die Elektrode und die Komponente tritt, wird Gas in die Plasmakammer mit einer hinreichenden Strömrate und einem hinreichenden Druck geleitet, um die Vorspannkraft des Federelements zu überwinden, was zu einem Zündbogenzustand aufgrund der Verschiebung der Komponente weg von der Elektrode führt. Der Bogen kann dann auf ein Metallwerkstück auf die gewöhnliche Weise übertragen werden, um das Werkstück wie gewünscht anschließend zu bearbeiten.

[0016] Verschiedene Vorteile können realisiert werden, indem die Konstruktion gemäß der Erfindung eingesetzt wird. Zum Beispiel schafft die Erfindung bei Schneid- und Markieranwendungen ein zuverlässigeres Kontaktstarten des Plasmalichtbogenbrenners. Bei bekannten Konstruktionen, die eine bewegliche Elektrode und eine feste Düse einsetzen, gibt es oft zusätzliche sich bewegende Teile und passende Oberflächen, wie z.B. ein Kolben und ein elektrisch isoliertes Kolbengehäuse. Diese Teile werden permanent in dem Plasmabrenner in der Fabrik installiert und sind nicht ausgelegt, um im Einsatz während des Arbeitslebens des Brenners gewartet zu werden, das mehrere Jahre sein kann. Diese Teile sind harschen Betriebsbedingungen unterworfen, einschließlich schnellen Zyklen bei extremen Temperaturen und wiederholten mechanischen Stößen. Außerdem ist in vielen Fällen das Brennerarbeitsfluid Druckluft, deren Qualität oft schlecht ist. Ölnebel, kondensierte Feuchtigkeit, Staub und Trümmer von dem Luftkompressor oder der Druckluftlieferleitung ebenso wie Metallnebel, die beim Schneiden erzeugt werden, und Fett von den Händen des Bedieners, die eingeführt werden, wenn Brennerverbrauchteile getauscht werden, tragen alle zu der Verunreinigung der glatten Lagerflächen bei, die permanent in dem Brenner installiert sind. Über die Zeit beeinflussen diese Verunreinigungen die freie Bewegung der Teile, die notwendig ist, um das zuverlässige Kontaktstarten des Zündbogens zu gewährleisten. Die Teilebewegung wird langsam, und fällt schließlich aufgrund des Verstopfens aus, was zu Brennerstartausfällen führt. Viele Brenner fallen vorzeitig aufgrund dieser unkontrollierbaren Variationen bei Einsatzbetriebsbedingungen aus. Diese Ausfälle können unmittelbar der Verschlechterung der Oberflächenqualität der sich relativ bewegenden Teile zugeschrieben werden. Ein erheblicher Vorteil dieser Erfindung besteht in der Verwendung von sich bewegenden Teilen und passenden Oberflächen, die routinemäßig wie Verbrauchskomponenten des Brenners ausgetauscht werden. Auf diese Weise werden kritische Komponenten des Brennerkontaktstartsystems regelmäßig erneuert und die Brennerleistungsfähigkeit wird auf einem hohen Niveau gehalten.

[0017] Die Offenbarung schafft auch eine verbesserte konduktive Wärmeübertragung von der heißen Elektrode, um sie effizienter abzukühlen. Bei bekannt-

ten Kontaktstartsystemen mit einer beweglichen Elektrode ist, weil sich die Elektrode frei bezüglich passender Teile bewegen muss, ein Abstand zwischen der Elektrode und benachbarter Konstruktionen erforderlich. Diese Anforderung begrenzt die Menge an passiver Wärmeübertragung von der Elektrode in die benachbarten Strukturen. Die Elektrode, die die am stärksten thermisch belastete Komponente des Plasmabrenners ist, ist fest an die benachbarte Struktur befestigt, die als ein effektiver Wärmeabfluss wirkt. Der enge Kontakt reduziert stark den thermischen Widerstand zwischen den Flächen und verbessert die konduktive Kühleffizienz für die Elektrode. Als ein Ergebnis wird die besser gekühlte Elektrode im Großen und Ganzen eine längere Betriebslebensdauer als eine bekannte Elektrode haben, die ähnlichen Betriebsbedingungen ausgesetzt ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Die Erfindung gemäß bevorzugten und beispielhaften Ausführungen wird zusammen mit weiteren Vorteilen davon genauer in der folgenden detaillierten Beschreibung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei:

[0019] [Fig. 1A](#) eine schematische teilweise freigeschnittene Schnittansicht eines Arbeitsendabschnitts eines Plasmalichtbogenbrenners in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0020] [Fig. 1B](#) eine schematische Schnittansicht des Arbeitsendabschnitts des Plasmalichtbogenbrenners zeigt, der in [Fig. 1A](#) dargestellt ist, in einer Zündbogenbetriebsart gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0021] [Fig. 2A](#) eine schematische Seitenansicht einer Düse mit einem integralen Federelement gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0022] [Fig. 2B](#) eine schematische Seitenansicht der in [Fig. 1A](#) dargestellten Düse in einem zusammengebauten Vorbelastungszustand gemäß dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0023] [Fig. 2C](#) eine schematische Seitenansicht der in [Fig. 1B](#) gezeigten Düse in einem unter Druck gesetzten zusammengebauten Zustand gemäß dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0024] [Fig. 3A](#) eine schematische Seitenansicht einer zum Teil zusammengebauten Düse mit einem integralen Federelement gemäß einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0025] [Fig. 3B](#) eine schematische Seitenansicht der in [Fig. 3A](#) dargestellten Düse nach dem Abschluss

des Zusammenbaus gemäß dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0026] [Fig. 4A](#) eine schematische zum Teil freigeschnittene Schnittansicht eines Arbeitsendabschnitts eines Plasmalichtbogenbrenners in einem stromabgeschalteten Betriebsart gemäß noch einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0027] [Fig. 4B](#) eine schematische zum Teil freigeschnittene Schnittansicht des in [Fig. 4A](#) dargestellten Arbeitsendabschnitts des Plasmalichtbogenbrenners zeigt, in einem Zündbogenbetriebsmodus gemäß dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0028] [Fig. 4C](#) eine schematische Schnittansicht zeigt, die die in [Fig. 4A](#) dargestellte Haltekappe vor dem Einbau in dem Plasmalichtbogenbrenner gemäß dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0029] [Fig. 5A–Fig. 5F](#) schematische Auf- und Seitenansichten von sechs beispielhaften Federelementen gemäß verschiedene Ausführungen der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0030] [Fig. 6A](#) eine schematische, zum Teil freigeschnittene Schnittansicht eines Arbeitsendabschnitts eines Plasmalichtbogenbrenners in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß einem weiteren Beispiel, das keine weitere Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, zeigt;

[0031] [Fig. 6B](#) eine schematische Schnittansicht des in [Fig. 6A](#) dargestellten Arbeitsendabschnitts eines Plasmalichtbogenbrenners in einer Zündbogenbetriebsart gemäß diesem Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, zeigt;

[0032] [Fig. 7](#) eine schematische Seitenansicht einer Düse mit einem integralen Federelement gemäß noch einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0033] [Fig. 8A](#) eine schematische Schnittansicht eines Arbeitsendabschnitts eines Plasmalichtbogenbrenners in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß einem weiteren Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, zeigt;

[0034] [Fig. 8B](#) eine schematische Schnittansicht des in der [Fig. 8A](#) dargestellten Arbeitsendabschnitts des Plasmalichtbogenbrenners in einer Zündbogenbetriebsart gemäß diesem Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, zeigt;

[0035] [Fig. 9A](#) eine schematische zum Teil freigeschnittene Schnittansicht eines Arbeitsendabschnitts eines Plasmalichtbogenbrenners in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß noch einem weiteren

Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, zeigt; und

[0036] [Fig. 9B](#) eine schematische Schnittansicht des in der [Fig. 9A](#) dargestellten Arbeitsendabschnitts des Plasmalichtbogenbrenners in einer Zündbogenbetriebsart gemäß diesem Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, zeigt.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0037] In [Fig. 1A](#) ist eine schematische zum Teil freigeschnittene Schnittansicht des Arbeitsendabschnitts eines Zweistrom-Plasmalichtbogenbrenners **10** in einer Betriebsart gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Wie hierin verwendet, beschreibt der Ausdruck "stromabgeschaltet" die Konfiguration der Brennerkomponenten vor dem Unterdrucksetzen der Plasmakammer. Diese Konfiguration ist auch konsistent mit dem stromlosen, zusammengebauten Zustand. Der Brenner **10** umfasst im Großen und Ganzen einen zylindrischen Körper **16** und eine Elektrode **12**, die fest entlang einer zentral angeordneten Längsachse **14** montiert ist, die sich durch den Körper **16** und den Brenner **10** erstreckt. Sofern nicht anders spezifiziert, haben die Komponenten des Brenners **10** eine entsprechende Längssymmetrieachse und werden im Großen und Ganzen entlang der Längsachse **14** des Brenners **10** kolinear zusammengebaut. Die Elektrode **12** ist elektrisch von dem Brennerkörper **16** isoliert, der als ein Handgriff für eine manuell ausgerichtete Werkstückverarbeitung dienen kann, oder als eine Befestigungskonstruktion zur Verwendung in einem automatisierten computergesteuerten Schneide- oder Markiersystem.

[0038] Eine Düse **18**, die im Wesentlichen kolinear mit der Achse **14** angeordnet ist und an die Elektrode **12** stößt, ist entlang der Achse **14** innerhalb vorbestimmter Grenzen verschiebbar. Die Düse **18** ist als eine integrale Baugruppe aus drei Komponenten hergestellt: ein im Großen und Ganzen zylindrisches hohles Glied **20**; ein Federelement **26**, und ein Haltekragen **28**. Das im Großen und Ganzen zylindrische hohle Glied **20** hat einen offenen Endabschnitt zum Aufnehmen der Elektrode **12** und einen geschlossenen Endabschnitt mit einer zentral angeordneten Öffnung **22** für den Austritt des Hochenergieplasmas während des Brennerbetriebs. Das Äußere des Düsenglieds **20** umfasst einen sich radial erstreckenden Flansch **24**, der eine Angriffsfläche für das Federelement **26** bildet. Wie es im größeren Detail unten bezüglich der [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5F](#) diskutiert werden wird, können verschiedene Federkonfigurationen eingesetzt werden, um das gewünschte Vorspannen des Düsenglieds **20** in der Richtung des Kontakts mit der Elektrode **12** zu erreichen. Schließlich umfasst die Düse **18** einen Haltekragen **28**, der einen auswärts angeordneten Flansch **30** umfasst. Der Kragen **28**

dient verschiedenen Funktionen einschließlich des Begrenzens des Verschiebungswegs des Düsenglieds **20** in dem Brenner **10** und zum Einschließen des Federelements **26** mit dem Flansch **30** als ein Teil der integralen Baugruppe der Düse **18**. Der Kragen **28** kann an dem äußeren Abschnitt des Glieds **20** durch eine diametrale Presspassung oder irgendein anderes herkömmliches Verfahren befestigt sein, wie z.B. ein mechanisches Schrauben, thermisches Lötens usw..

[0039] Die Düse **18** ist in dem Brenner **10** mittels einer Haltekappe **32** gesichert. Die Kappe **32** kann an dem Körper **16** durch eine Schraubverbindung oder eine andere herkömmliche Verbindung befestigt sein, um das Auseinanderbauen des Brenners **10** zu erleichtern, um Verbrauchsmittel auszutauschen. Die Kappe **32** umfasst eine hohle kegelstumpfförmige äußere Hülle **34** und einen koaxial darin angeordneten Vorbelastungsring **36**. Der ringförmige Vorbelastungsring **36** umschreibt die Düse **18** und umfasst eine innere in Längsrichtung angeordnete Stufe **38**, die an das Federelement **26** stößt und stellt im zusammengebauten Zustand einen zusätzlichen Federelementdruck oder eine zusätzliche Federelementvorbelastung bereit.

[0040] Der innere Aufbau der Düse **18** ist bemessen, um einen radialen Abstand zu schaffen, wenn sie nahe der Elektrode **12** angeordnet ist, wobei eine Plasmakammer **40** dazwischen gebildet wird. Eine kontrollierte Quelle von Druckgas (nicht dargestellt) in Fluidverbindung mit der Kammer **40** stellt das erforderliche Gas bereit, das in ein Hochenergieplasma zur Werkstückbearbeitung zu konvertieren ist. Das Druckgas in der Kammer **40** wirkt auch gegen die Vorspannwirkung des Federelements **26** und wird eingesetzt, um die Düse **18** relativ zu der Elektrode **12** während der Initiierung des Zündbogens zu verschieben, wie in [Fig. 1B](#) dargestellt.

[0041] Um den Brenner **10** zu starten, wird ein schwacher elektrischer Strom bereitgestellt, der Reihe nach durch die Elektrode **12** und die daran anstoßende Düse **18**, wie in [Fig. 1A](#) dargestellt. Danach wird Gas für die Plasmakammer **40** mit einer hinreichenden Strömrate und einem hinreichenden Druck bereitgestellt, um die Vorspannung des Federelements **26** zu überwinden, wobei sich ein Zündbogenzustand bei der Trennung der Elektrode **12** und der Düse **18** ergibt. Bei diesem Doppelstrombrenner **10** würde Gas auch für den Ringraum **41** bereitgestellt werden, der zwischen dem Inneren der Hülle **34** und der nächsten äußeren Fläche des Düsenglieds **20** und des Vorbelastungsringes **36** angeordnet ist. Wie in [Fig. 1B](#) dargestellt, hat sich die Düse **18** in einer Abwärtsrichtung bewegt, wobei ein axialer und radialer Abstand relativ zu der Elektrode **12** geschaffen wird. Die Verschiebung der Düse **18** ist begrenzt durch das Anstoßen des Düsenkragenflansches **30** gegen eine

zweite longitudinale Stufe **42** des Vorbelastungsringes **36**. Die Düse **18** bleibt für die Dauer des Betriebs des Brenners **10** in sowohl der Betriebsart mit Zündbogen als auch der Betriebsart mit übertragenem Bogen versetzt. Beim Abschalten des Brenners **10** wird der Gasstrom zu der Plasmakammer **40** und dem Ringraum **41** beendet. Wenn der Druck in der Kammer **40** abnimmt, wird die Federelementkraft wieder dominant, und die Düse **18** verschiebt sich nach oben in anstoßende Beziehung mit der Elektrode **12**.

[0042] Um eine zuverlässige Zündbogeninitiierung zu erleichtern, kann es wünschenswert sein, dass das Federelement **26** elektrisch leitfähig und nicht oxidierend ist und in engem Kontakt mit dem Düsenflansch **24** und dem Vorbelastungsring **36** während der Verschiebung der Düse bleibt. Indem ein elektrischer Leitungsweg mit niedrigem Widerstand bereitgestellt wird, beseitigt das Federelement **26** im Wesentlichen eine Mikrobogenbildung zwischen aneinander gleitenden Flächen des Flansches **24** und des Vorbelastungsringes **36**, die durch elektrische Streuentladungen verursacht werden, die dazu neigen, die Gleitreibung dazwischen zu vergrößern.

[0043] Die [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#) stellen die Düse **18** in drei jeweiligen Zuständen dar: als eine integrale Baugruppe vor dem Einsetzen in den Brenner **10**; in einem vorbelasteten Zustand nach dem Einsetzen in den Brenner **10**, aber vor dem Unterdrucksetzen der Plasmakammer **40**; und nach dem Einsetzen in den Brenner **10** im Anschluss an das Unterdrucksetzen der Plasmakammer **40**. Zuerst mit Bezug auf [Fig. 2A](#) kann während des anfänglichen Herstellens der integralen Baugruppe eine leichte Kompression des Federelements **26** wünschenswert sein, um das richtige Sitzen der Federelementenden gegen den Flansch **24** des Gliedes und den Flansch **30** des Kragens zu gewährleisten. Das Federelement **26** wird dadurch axial bei beiden Flanschen **24**, **30** eingeschlossen. Die Darstellung des Federelements **26** ist in der Natur schematisch und kann nur ein einzelnes Vorspannelement oder eine Vielzahl von ähnlichen oder unterschiedlichen gestapelten Elementen umfassen. Sobald das Federelement **26** in dem Brenner **10** installiert ist, wie in [Fig. 2B](#) dargestellt, wird es weiter durch die Stufe **38** des Vorbelastungsringes **36** zusammengedrückt. Durch Ändern der relativen Abmessung der Stufe **38** kann die Menge der Vorbelastung und damit einhergehend die Menge des Drucks variiert werden, der in der Plasmakammer **40** erforderlich ist, um die Düse **18** von der Elektrode **12** zu trennen. Man beachte den longitudinalen Abstand zwischen dem Flansch **30** des Kragens und dem Vorbelastungsring **36**, der den Verschiebeweg von der Düse **18** begrenzt. Dieser Abstand bestimmt den Spalt zwischen der Elektrode **12** und der Düse **18** beim Unterdrucksetzen der Plasmakammer **40**. Die Abstandsabmessung sollte groß genug sein, um einen hinreichenden Spalt zwischen der Elektrode **12** und

der Düse **18** zu schaffen, so dass sich ein stabiler Zündbogen bilden kann; jedoch sollte die Abmessung nicht so groß sein, dass der Spalt zwischen der Elektrode **12** und der Düse **18** zu groß wird und eine verfügbare offene Spannung, die von der Stromversorgung zur Verfügung gestellt wird, ungenügend wird, um den Zündbogen aufrechtzuerhalten. Ein typischer Bereich des Düsenwegs liegt in Abhängigkeit von den Strombereichen in dem Brenner zwischen ungefähr 0,010 inch (0,254 mm) und ungefähr 0,100 inch (2,54 mm). Zum Beispiel kann für einen 20 Ampere Brenner der nominale Düsenweg ungefähr 0,015 inch (0,381 mm) sein und für einen 100 Ampere Brenner kann der nominale Düsenweg ungefähr 0,065 inch (1,651 mm) sein. Für Brenner mit höheren Strömen wird der nominale Düsenweg typischerweise größer sein. Schließlich stellt [Fig. 2C](#) die relative Stellung der Düse **18** und des Vorbelastungsringes **36** während des Brennerbetriebs dar, wobei die Düse **18** an der Grenze des Weges ist, und der Flansch **30** des Kragens an dem Ring **36** anstößt.

[0044] Beispielsweise würde für ein Federelement **26** mit einer Federrate von 48 Pfund/inch (8,57 kg/cm) und einer freien Länge von 0,180 inch (4,57 mm) eine typische Vorbelastungslänge in dem zusammengebauten Brenner **10** ungefähr 0,130 inch (3,30 mm) sein, entsprechend einer Vorbelastungskraft von ungefähr 2,40 Pfund (1,09 kg). Für einen Düsenweg, der ungefähr 0,015 inch (0,381 mm) entspricht, würde eine Länge des Federelements **26** bei vollem Düsenweg ungefähr 0,115 inch (2,92 mm) entsprechend einer Federkraft von ungefähr 3,12 Pfund (1,42 kg) betragen. Bei einem Düsendurchmesser von ungefähr 0,440 inch (1,12 cm) und einer Querschnittsfläche von ungefähr 0,152 Quadratinch (0,98 cm²) beträgt beim Unterdrucksetzen der Plasmakammer **40** auf ungefähr 40 psig (2,81 kg/cm²) Eichmaß beträgt die pneumatische Kraft ungefähr 6,08 Pfund (2,76 kg), fast zweimal die 3,12 Pfund (1,42 kg) Kraft, die erforderlich ist, um die Federkraft zu überwinden. Dementsprechend wird die Düse **18** zuverlässig während des Kontaktstartens verschoben und während des Brennerbetriebs auf vollem Verschiebeweg gehalten.

[0045] Indem die Düse **18** als eine integrale Baugruppe aus dem Glied **20** und dem Federelement **26** gemacht wird, wird der Austausch und die Erneuerung des Federelements **26** gewährleistet, wann immer die Düse **18** ausgetauscht wird. Dementsprechend wird die Zuverlässigkeit des Startens des Systems nicht durch thermische oder mechanische Abnutzung des Federelements **26** verschlechtert, und das falsche Zusammensetzen des Brenners **10** ohne das Federelement **26** wird vermieden.

[0046] Andere Verfahren, das Federelement **26** als Teil einer integralen Baugruppendüse **18** zu halten, werden im Folgenden angegeben. Zum Beispiel

kann, anstatt das Federelement axial zwischen gegenüberliegenden Flanschen **24**, **30** einzuschließen, ein Ende des Federelements **26** wie in den [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3B](#) dargestellt, befestigt sein. Zuerst mit Bezug auf [Fig. 3A](#) umfasst das Äußere der Düse **118** einen sich radial erstreckenden Flansch **124**, der sowohl eine Halte- als auch eine Reaktionsfläche für das Federelement **126** bildet. Vor dem Zusammenbau umfasst der Flansch **124** eine sich longitudinal erstreckende Lippe **44**, die in Umfangsrichtung ununterbrochen oder als eine Reihe von diskreten nebeneinander angeordneten Streifen ausgebildet sein kann. Das Federelement **126** wird axial durch plastisches Verformen der Lippe **44** um einem nahen Abschnitt des Elements **126** gehalten, wie in [Fig. 3B](#) dargestellt. Der Verschiebeweg der Düse **118**, wenn sie in den Brenner **110** eingebaut ist, wird durch die Düsenkörperstufe **46** oder ein anderes ähnliches Merkmal begrenzt, das integral darin ausgebildet ist. Die Stufe **46** stößt ähnlich gegen den Vorbelastungsring **36** bei der Unterdrucksetzung der Plasmakammer an, wie oben mit Bezug auf den Weg der Düse **18** beschrieben.

[0047] Bei einer anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung wird die gewünschte Funktionalität erreicht, indem das Federelement als eine Komponente der Haltekappe oder des Vorbelastungsringes kombiniert wird, anstatt von der Düse, wie in den [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) gezeigt. Zuerst mit Bezug auf [Fig. 4A](#) ist der Arbeitsendabschnitt eines Zweistromplasma-Lichtbogenbrenners **110** in einem zusammengebauten oder stromabgeschalteten Zustand gemäß dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung dargestellt. Der Brenner **110** umfasst eine zentral angeordnete Elektrode **112** und eine Düse **218**. Die Düse **218** kann einen einstückigen Aufbau haben und umfasst einen sich radial erstreckenden Flansch **24**, der als eine Reaktionsfläche für das Federelement **226** wirkt.

[0048] Diese Düse **218** wird in dem Brenner **110** durch eine Haltekappe **132** eingeschlossen. Die Kappe **132** umfasst eine hohle kegelstumpfförmige äußere Hülle **134**, die den Vorbelastungsring **136** einschließt, der coaxial darin angeordnet ist. Der Vorbelastungsring **136** umfasst eine ringförmige Rille **48** entlang eines inneren Abschnitts davon, die bemessen und ausgebildet ist, um darin das Federelement **226** aufzunehmen. Aufgrund der elastischen Natur des Federelements **226** kann der Vorbelastungsring **136** in einstückiger Konstruktion hergestellt werden, und das Federelement **226** kann danach in die Rille **48** eingesetzt werden. In Abwesenheit des direkten Versuches, dieses Federelement **226** aus der Rille **48** herauszubekommen, wird das Federelement **226** in dem Vorbelastungsring **136** gehalten werden, und kann als eine integrale Baugruppe für die hier offenbarten Zwecke betrachtet werden.

[0049] Um den Brenner **110** zusammenzubauen,

wird die Düse **218** zuerst über der Elektrode **112** angeordnet, gefolgt von dem Vorbelastungsring **136** mit dem integralen Federelement **226**. Die Hülle **134** wird danach an dem Brennerkörper **116** befestigt. In dem zusammengebauten Zustand wird die Düse **218** in aneinanderstoßende Beziehung mit der Elektrode **112** durch die Reaktion des Federelements **226** gegen den Flansch **224** der Düse vorgespannt.

[0050] Die Düse **218** ist unter dem Druck in der Plasmakammer **140** weg von der Elektrode **112** longitudinal verschiebbar, wobei die Distanz durch den Abstand zwischen der Düsenstufe **146** und der Vorbelastungsringstufe **142** reguliert wird. Hier ist wieder dieser Baugruppenabstand vorbestimmt, um eine zuverlässige Initiierung und Beibehaltung des Zündbogens zu gewährleisten. [Fig. 4B](#) stellt die relative Position der Düse **218** bei vollem Weg in dem unter Druck gesetzten Zündbogenzustand dar. Man beachte relativ zu [Fig. 4A](#) die Kompression des Federelements **226**, den longitudinalen Abstand zwischen der Düse **218** und der Elektrode **112**, und das Anstoßen der Düsenstufe **146** mit der Vorbelastungsringstufe **142**.

[0051] [Fig. 4C](#) zeigt eine schematische Schnittansicht der Haltekappe **132**, die in [Fig. 4A](#) dargestellt ist, vor dem Einbau in den Brenner **110**. Weder die Elektrode **112** noch die Düse **218** sind in dieser Ansicht wegen der Klarheit der Darstellung dargestellt. Die Haltekappe **132** kann als Einheitskonstruktion hergestellt werden, oder als eine Baugruppe mit dem integralen Federelement **226**. Alternativ kann die Kappe **132** als eine Hülle **134** und passend zu dem Vorbelastungsring **136** hergestellt werden. Zusätzliche wünschenswerte Merkmale für das richtige Funktionieren des Brenners **110** können ohne Weiteres integriert werden, z.B. Gaskreisläufe zum Zuführen des Stroms in den Ringraum **141**. Das Bereitstellen diskreter Komponenten, um die Kappe **132** zu bilden, erleichtert die Verwendung von passenden Sätzen von Elektroden **112**, Düsen **218** und Vorbelastungsringen **136** mit einer gemeinsamen äußeren Hülle **134**, um verschiedenen Leistungsniveaus und Anwendungen zu genügen.

[0052] Ob ein Federelement als integrales Teil einer Düsenbaugruppe oder Kappe (oder Vorbelastungsring) integriert wird, kann von den Nutzungszeiträumen der Komponenten beeinflusst werden. Es ist wünschenswert, das Federelement vor der Verschlechterung auszutauschen, und daher kann es vorteilhafterweise in eine Komponente mit einem vergleichweisen oder kürzeren Nutzungszeitraum integriert werden.

[0053] Wie hier oben kurz diskutiert, kann irgendeine Federkonfiguration einer Vielfalt von Federkonfigurationen eingesetzt werden, um die gewünschte Vorspannfunktion des Federelements zu erzielen.

Ein wünschenswertes Merkmal ist die Fähigkeit des Federelements, den hohen Umgebungstemperaturen zu widerstehen, die es in dem Arbeitsabschnitt eines Plasmalichtbogenbrenners **10** erfährt. Ein weiteres wünschenswertes Merkmal ist die Fähigkeit, die verwendbare Lebensdauer als eine Funktion thermischer und/oder mechanischer Zyklen vorherzusagen. Dementsprechend kann das Material und die Konfiguration des Federelements vorteilhafterweise ausgewählt werden, um eine zuverlässige wiederholbare Vorspannkraft für die Plasmakammergasdrücke zu schaffen, die für die Nutzlebensdauer der integralen Düse oder Haltekappe eingesetzt werden.

[0054] Mit Bezug auf die [Fig. 5A](#) bis 4F werden verschiedene Ausführungen der Federkonfigurationen dargestellt, die eingesetzt werden können, um die oben erwähnte Funktionalität zu erreichen. Diese Ausführungen sind in der Natur beispielhaft und sind nicht dafür gedacht, als beschränkend interpretiert zu werden, entweder in der Quelle, dem Material oder dem Aufbau.

[0055] [Fig. 5A](#) zeigt eine schematische Auf- und Seitenansicht einer elastischen Komponente, die allgemein als eine Wellenfederscheibe **26a** bezeichnet wird, die herkömmlicherweise bei Druckbelastungsanwendungen für kleine Verbiegungen mit beschränkter radialer Höhe eingesetzt werden. Die Unterlegscheibe **26a** hat im Großen und Ganzen eine radiale Kontur; jedoch onduziert die Oberfläche leicht in der Längs- oder Axialrichtung. Die Unterlegscheibe **26a** ist in Hartstahl und rostfreiem Stahl von Associates Spring, Inc., Maumee, OH 43537 erhältlich.

[0056] Wie in [Fig. 5B](#) dargestellt, wird eine schematische Auf- und Seitenansicht von einer elastischen Komponente angegeben, die allgemein als eine Fingerfederscheibe **26b** bezeichnet wird, die herkömmlicherweise eingesetzt werden, um übermäßige Längsabstände zu kompensieren, und um die Vibration bei Drehausrüstungen zu dämpfen. Die Unterlegscheibe **26b** hat einen unterbrochenen Umfang mit axial verformten äußeren Fingern. Die Unterlegscheibe **26b** ist in Hartstahl von Associates Spring, Inc. erhältlich.

[0057] [Fig. 5C](#) zeigt eine schematische Auf- und Seitenansicht einer elastischen Komponente, die allgemein als eine gebogene Federscheibe **26c** bezeichnet und typischerweise eingesetzt wird, um einen longitudinalen Abstand durch die Ausübung einer niedrigen Druckbelastung zu kompensieren. Die Unterlegscheibe **26c** hat eine radiale Kontur und eine gebogene oder gekrümmte Oberfläche entlang einer axialen Richtung. Die Unterlegscheibe **26c** ist in Hartstahl und rostfreiem Stahl von Associates Springs, Inc. erhältlich.

[0058] Wie in [Fig. 5D](#) dargestellt, werden eine schematische Auf- und Seitenansicht für eine elastische Komponente angegeben, die allgemein als eine Flachdrahtdruckfeder **26d** der Scheitel-zu-Scheitel-Vielfalt bezeichnet wird. Die Feder **26d** hat eine radiale Kontur und eine Reihe von ondulierenden Flachfederwindungen, die an jeweiligen Scheiteln aneinander anstoßen. Diese besondere Ausführung umfasst planare Enden und ist in Hartstahl und rostfreiem Stahl von Smalley Steel Ring Company, Wheeling, IL 60090 erhältlich.

[0059] [Fig. 5E](#) zeigt eine schematische Auf- und Seitenansicht einer üblichen schraubenförmigen Druckfeder **26e**, wobei die Seitenansicht sowohl den freien Zustand als auch zusammengedrückte Konturen darstellt. Die Feder **26e** hat quadratische geschliffene Enden und ist von Associated Spring, Inc. in Musikdraht für Umgebungstemperaturenanwendungen bis zu ungefähr 250°F (121°C) und in rostfreiem Stahl für Umgebungstemperaturenanwendungen bis zu ungefähr 500°F (260°C) erhältlich.

[0060] Wie in [Fig. 5F](#) dargestellt, wird eine schematische Auf- und Seitenansicht für eine elastische Komponente angegeben, die als eine geschlitzte konische Scheibe oder RINGSPANN™ Star Disc **26f** bekannt ist, die gewöhnlich eingesetzt wird, um ein intern angeordnetes zylindrisches Glied relativ zu einer umschriebenen Bohrung zu klemmen, oder um ein Glied an einer Welle zu halten. Die Scheibe **26f** hat eine radiale Kontur mit sich abwechselnden radialen Innen- und Außenschlitzen und einer flachen konischen axialen Kontur, die die gewünschte Vorspannkraft zur Verwendung als ein Federelement bereitstellt. Die Steifigkeit ist eine Funktion von sowohl der Scheibendicke als auch der Schlitzlänge. Die Scheibe **26f** ist in gehärtetem Federstahl von Powerhold, Inc., Middlefield, CT 06455 erhältlich.

[0061] Obwohl es beansprucht ist, dass das Federelement **26** integral mit der Düse **18** oder der Haltekappe **32** ist, um den Austausch mit anderen Verbrauchsteilen zu gewährleisten, ist es bei Beispielen nicht notwendig, die keine Ausführungsbeispiele sind. Zum Beispiel stellt [Fig. 6A](#) eine schematische, zum Teil freigeschnittene Schnittansicht des Arbeitsendabschnitts eines luftgeköhlten Plasmalichtbogenbrenners **210** in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung dar. Der Brenner **210** umfasst eine Düse **218**, die in aneinandergrenzende Beziehung mit einer zentral angeordneten Elektrode **212** durch ein Federelement **326** vorgespannt ist, das hier als eine schraubenförmige Druckfeder dargestellt ist. Die Düse **218** hat einen einstückigen Aufbau und umfasst eine longitudinale Stufe **246** an dem Flansch **324**, gegen den das Federelement **326** wirkt. Das Federelement **326** wirkt auch gegen die Stufe **138** der Haltekappe **232**. Die Düse **218** umfasst ferner einen sich

radial erstreckenden Flansch **50**, der radial mit der Kappenstufe **238** ausgerichtet ist, wobei der Längsabstand dazwischen die Grenze des Weges der Düse **218** definiert, wenn die Plasmakammer **240** voll unter Druck gesetzt ist. Um den Brenner **210** zusammenzubauen, wird die Düse **218** über der montierten Elektrode **212** angeordnet, wobei das Federelement **326** eingesetzt und die Haltekappe **232** an dem Körper **216** durch eine Schraubverbindung oder andere Mittel befestigt ist. Die Länge des Federelements **326** im freien Zustand und der eingebaute Ort der Kappenstufe **138** und der Düsenstufe **246** sind vorbestimmt, um die gewünschte Federelementvorbelastung beim Zusammenbauen zu gewährleisten. Der Brenner **210** umfasst auch ein Gasschild **52**, das danach zum Kanalisieren eines Luftstroms um die Düse **218** installiert wird.

[0062] Der Brenner **210** umfasst einen optionalen Isolator **54**, der radial zwischen der Haltekappe **232** und dem Düsenflansch **324** angeordnet ist. Der Isolator **54** kann an der Haltekappe **232** durch eine radiale Presspassung, Kleben oder ein anderes Verfahren befestigt sein, und sollte aus einem dimensionsmäßig stabilen Material sein, damit es nicht bei höheren Temperaturen messbar wächst oder sich verformt. Ein beispielhaftes Material ist VESPEL™, das von E.I. du Pont de Nemours & Co., Wilmington, DE 19898 erhältlich ist. Indem der Isolator **54** zwischen dem Flansch **324** und der Haltekappe **232** bereitgestellt wird, wird einen Mikrobogen bilden, und die damit verbundene Abnutzung entlang der Gleitflächen davon während der Verschiebung der Düse **218** verhindert, was andernfalls dazu führen könnte, die Düse **218** zu verstopfen. Um einen zuverlässigen elektrischen Stromweg durch das Federelement **326** während des Initiierens des Zündbogens zu schaffen, kann eine schraubenförmige Metalldruckfeder mit flachen geschliffenen Enden wie dargestellt eingesetzt werden. Die Feder sollte aus einem nicht-oxidierenden Material gemacht sein, wie z.B. rostfreiem Stahl, und muss nur den anfänglichen Stromfluss zwischen der Düse **218** und dem Halteglied **232** während der Verschiebung der Düse unterstützen, weil bei vollem Düsenweg die Düsenstufe **246** an die Haltekappenstufe **238** anstößt, wie in [Fig. 6B](#) dargestellt. Der Brenneraufbau bei dem Zündbogenzustand mit der unter Druck gesetzten Plasmakammer **240** und der Düse **218** bei vollem Weg ist in [Fig. 6B](#) dargestellt.

[0063] Wenn man eine Schraubendruckfeder **26e** als das Federelement verwendet, kann eine im Wesentlichen integrale Baugruppe der Feder **26e** und des Düsenfederglieds **120**, wie bei der Düse **318** in [Fig. 7](#) dargestellt, erreicht werden. Der nominale Durchmesser des Glieds **120** wird in der Nähe des Düsenflansches **424** vergrößert, gegen den die Feder **26e** anstößt, um eine radiale Presspassung damit zu erzeugen. Der Rest des Glieds **120** hat einen Nenndurchmesser, der geringer als die Nennbohrung

der Feder **26e** ist. Dementsprechend wird die Feder **26e**, sobald sich die Feder **26e** auf dem Glied **120** gesetzt hat, festgehalten, kann nicht falsch angeordnet werden oder von der Baugruppe weggelassen werden, und kann selbstverständlich ausgetauscht werden, wenn die Düse **318** ausgetauscht wird.

[0064] Jetzt mit Bezug auf [Fig. 8A](#) wird ein Plasmalichtbogenbrenner **310** in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß einem weiteren Beispiel dargestellt, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist. Der Brenner **310** umfasst eine zentral angeordnete Elektrode **312** mit einem Spiralgasstromdurchgang **56**, von der in dem '871 Patent offenbarten Art, der in einen radial vergrößerten Schulterabschnitt davon gearbeitet ist. Die Elektrode **312** ist fest in dem Brenner **310** montiert, der auch eine verschiebbare Düse **418** umfasst. Die Düse **418** kann einen einstückigen Aufbau aufweisen und umfasst einen sich radial erstreckenden Flansch **524**, der als eine Reaktionsfläche für das Federelement **426** wirkt, das hier schematisch im Querschnitt als ein "Z" dargestellt ist.

[0065] Das Federelement **426** wirkt auch gegen die Stufe **338** der Haltekappe **332**. Die Düse **418** umfasst ferner eine sich radial erstreckende Stufe **346**, die radial mit der Kappenstufe **338** ausgerichtet ist, wobei der longitudinale Abstand dazwischen die Grenze des Wegs der Düse **418** definiert, wenn die Plasmakappe **340** voll unter Druck gesetzt wird. Um den Brenner **310** zusammenzubauen, wird die Düse **418** über der schraubenförmig gerillten montierten Elektrode **312** und dem Drallring **58** angeordnet, das Federelement **426** wird eingesetzt, und die Haltekappe **332** an dem Körper **316** durch eine Schraubverbindung befestigt. Die Länge des Federelements **426** im freien Zustand und der zusammengebaute Ort der Kappenstufe **338** und des Düsenflansches **524** sind vorbestimmt, um die gewünschte Federelementvorbelastung beim Zusammenbau zu gewährleisten. Der Brenner **310** umfasst auch ein Gasschild **352**, das danach installiert wird, um den Luftfluss um die Düse **418** zu kanalisieren. Das Federelement **426** kann ein separates Bauteil sein, wie dargestellt, oder kann entweder an der Düse **418** beim Flansch **524** oder an der Haltekappe **332** in der Nähe der Stufe **338** über irgendein oben diskutiertes Verfahren befestigt sein, in Abhängigkeit von der Art der eingesetzten Feder.

[0066] Mit Bezug auf [Fig. 8B](#) wird der Brenner **310** in dem Zündbogenzustand dargestellt. Das Unterdrucksetzen der Plasmakammer **340** bewirkt eine longitudinale Verschiebung der Düse **418** weg von der Elektrode **312**, wobei das Federelement **426** zusammengedrückt wird. Der Plasmagasdruck und die Volumenflussrate sind hinreichend hoch, um das Federelement **426** zusammenzudrücken, während Gas an die Umgebung durch die Öffnung **122** und die hin-

tere Entlüftung **60** entlüftet wird, nachdem es durch diesen Spiraldurchgang **56** getreten ist. Bezug genommen wird auf das '871 Patent für weitere Details, die das Bemessen des Spiraldurchgangs betreffen, um den gewünschten Druckabfall über die Elektrode **312** zu entwickeln. Der Durchgang **56** verstärkt sowohl das Kühlen der Elektrode und entwickelt einen Rückdruck, um das Unterdrucksetzen der Plasmakammer **340** und das Verschieben der Düse **418** zu erleichtern. Bei vollem Weg stößt die Düsenstufe **346** an die Haltekappenstufe **338** an.

[0067] [Fig. 9A](#) zeigt eine schematische teilweise freigeschnittene Schnittansicht des Arbeitsdabschnitts von dem Plasmalichtbogenbrenner **410** in einer stromabgeschalteten Betriebsart gemäß einem weiteren Beispiel, das keine Ausführung der vorliegenden Erfindung ist. Sowohl die Elektrode **412** als auch die Düse **518** sind fest in dem Brenner **410** montiert, wobei der Drallring **158** dazwischen angeordnet ist, um eine Gasströmung in die Plasmakammer **440** bei der gewünschten Strömrate und Orientierung zu kanalisieren. Der Drallring **158** umfasst drei Komponenten: einen hinteren Ring **62**, einen mittleren Ring **64** und einen vorderen Ring **66**. Der hintere und der vordere Ring **62**, **66** werden aus einem elektrisch isolierenden Material gefertigt, während der mittlere Ring **64** aus einem elektrisch leitfähigem Material, wie z.B. Kupfer, hergestellt wird. Das Federelement **526** wirkt gegen den sich radial nach außen erstreckenden Düsenflansch **624** und den Flansch **130** des mittleren Drallrings. Die Haltekappe **432** spannt das Federelement **526** beim Zusammenbau und gewährleistet einen engen Kontakt zwischen der nach hinten gerichteten Stufe **438** des mittleren Rings **64** und der nach vorne gerichteten Stufe **446** der Elektrode **412**. Um einen Zündbogen zu initiieren, wird Strom durch die Elektrode **412**, den mittleren Ring **64**, das Federelement **526** und die Düse **518** geleitet. Wenn die Plasmakammer **440** unter Druck gesetzt wird, verschiebt sich der mittlere Ring **64** in Richtung der Düse **518**, drückt das Federelement **526** zusammen und zieht einen Zündbogen in die Nähe des Kontaktgebiets der Stufen **438**, **446**. Bei vollem Weg, wie in [Fig. 9B](#) dargestellt, stößt das Bein **68** des mittleren Rings **64** an die Stufe **242** der Düse **518** und macht elektrischen Kontakt damit. Der Zündbogen geht von dem mittleren Ring **64** auf die Düse **518** über und kann danach auf ein Werkstück auf eine herkömmliche Weise übertragen werden. Durch Kontrollieren des Drucks und der Volumenströmrate des Plasmagases kann der mittlere Ring **64** schnell verschoben werden, um zu gewährleisten, dass der mittlere Ring **64** die Düse **518** vor dem Zündbogen erreicht. Beispielsweise, unter Annahme einer verfügbaren pneumatischen Kraft von ungefähr 15 Pfund (6,835 kg) oder und einer Drallringmasse von ungefähr 0,010 kg beträgt die Beschleunigung des Drallrings **64** (unter Vernachlässigung der Reibung von Lagerflächen) ungefähr 21.950 ft/s² (6690 m/s²).

Unter der Annahme eines Gesamtwegs von ungefähr 0,020 inch (0,508 mm) wird die Verschiebezeit ungefähr $3,9 \times 10^{-4}$ s betragen. Der Zündbogen wandert in Längsrichtung mit der gleichen Geschwindigkeit wie das Plasmagas. Dementsprechend wird für eine volumetrische Plasmagaserate von 0,5 ft³/min ($2,36 \times 10^{-4}$ m³/s) beim Treten durch die ringförmige Plasmakammer **440** mit einer Querschnittsfläche von ungefähr 0,038 Quadratinch ($2,43 \times 10^{-5}$ m²) die Geschwindigkeit von dem Gas und dem Zündbogen ungefähr 31,8 ft/s (9,7 m/s) betragen. Die Distanz, die der Bogen auf dem mittleren Drallring **64** in den $3,9 \times 10^{-4}$ s von dem Drallring weg wandern wird, wird ungefähr 0,1490 inch (3,8 mm) betragen. Solange wie das metallische Mittelteil des Drallrings **64** zumindest 0,149 inch (3,8 mm) in longitudinaler Abmessung beträgt, wird die Mitte des Drallrings **64** auf der Düse **518** landen, bevor der Zündbogen das Ende von dem Drallring **64** erreicht.

[0068] Wie dargestellt, ist das Federelement **526** ein separates Bauteil, wobei der mittlere Ring **64** oder die Düse **518** ohne Weiteres modifiziert werden könnten, um das Federelement als eine integrale Komponente damit zu machen. Zum Beispiel könnte der äußere Durchmesser der Düse **518** in der Nähe von dem Flansch **624** vergrößert werden, um eine diametrale Presspassung mit dem Federelement **526** zu erzeugen. Ähnlich könnte der Drallringdurchmesser in der Nähe von dem Flansch **130** vergrößert werden. Alternativ könnte das Federelement **526** von der Haltekappe **432** durch Modifizieren des Inneren davon mit einer Rille, einem verminderten Durchmesser und einem anderen ähnlichem Haltemerkmal gehalten werden.

[0069] Indem ein verschiebbarer Drallring **158** in Kombination mit einer festen Düse **518** verwendet wird, können verschiedene Vorteile realisiert werden. Zunächst könnte eine Wasserkühlung der Düse **518** für Anwendungen mit einer hohen Düsentemperatur hinzugefügt werden, wie zum Beispiel Pulverbeschichtung. Zusätzlich könnte, während der Brenner **410** ein Gasschild **252** umfasst, der Brenner **410** ohne das Schild **252** betrieben werden, um in Werkstückecken oder andere Gebiete mit kleinem Freiraum zu reichen. Da die sich verschiebenden Komponenten in der Haltekappe **432** angeordnet sind, würden sie nicht Staub, Trümmern und Schnittabfällen ausgesetzt sein, der dazu neigen könnte, Gleitflächen zu verunreinigen und die Wirkung des Kontaktstartes des Systems zu unterbinden.

[0070] Während hier beschrieben wurde, was als beispielhafte und bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung und Beispiele, die keine Ausführungen der Erfindung sind, betrachtet wird, werden weitere Modifikationen der Erfindung den Fachleuten auf dem Gebiet aus der Lehre von hier klar sein. Zum Beispiel könnte das Schraubenfederelement **326** in

den [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6B](#) alternativ fest als eine Komponente der Haltekappe **232** gehalten werden, indem eine radiale Presspassung damit in der Nähe von der Stufe **138** geschaffen wird.

Patentansprüche

1. Düse (**18**, **118**) für einen Plasmalichtbogenbrenner (**10**) mit:
 einem im Großen und Ganzen zylindrischen hohlen Düsenglied (**20**), das aufweist:
 ein offenes Ende;
 ein im wesentlichen geschlossenes Ende, das eine zentral angeordnete Öffnung (**22**) umfaßt; und
 eine Außenfläche mit einem sich radial erstreckenden Flansch (**24**, **124**); und
 einem Federelement (**26**, **126**), das entlang der Außenfläche angeordnet ist, wobei das Federelement (**26**, **126**) ein erstes Ende aufweist, das an den Flansch (**24**, **124**) anstößt, um das Düsenglied (**20**) entlang einer Längsachse elastisch vorzuspannen, die durch das offene und geschlossene Ende des Düsenglieds (**20**) verläuft, wenn ein zweites Ende der Feder (**26**, **126**) ausgelegt ist, um im Gebrauch gegen eine benachbarte Struktur angeordnet zu werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Federelement (**26**, **126**) an der äußeren Düsenfläche durch einen diametralen Festsitz entlang eines Abschnitts davon befestigt ist.

2. Düse (**18**, **118**) für einen Plasmalichtbogenbrenner (**10**) mit:
 einem im Großen und Ganzen zylindrischen hohlen Düsenglied (**20**), das aufweist:
 ein offenes Ende;
 ein im wesentlichen geschlossenes Ende, das eine zentral angeordnete Öffnung (**22**) umfaßt; und
 eine Außenfläche mit einem sich radial erstreckenden Flansch (**24**, **124**); und
 einem Federelement (**26**, **126**), das entlang der Außenfläche angeordnet ist, wobei das Federelement (**26**, **126**) ein erstes Ende aufweist, das an den Flansch (**24**, **124**) anstößt, um das Düsenglied (**20**) entlang einer Längsachse elastisch vorzuspannen, die durch das offene und geschlossene Ende des Düsenglieds (**20**) verläuft, wenn ein zweites Ende der Feder (**26**, **126**) ausgelegt ist, um im Gebrauch gegen eine benachbarte Struktur angeordnet zu werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Flansch (**124**) eine verformbare Lippe (**44**) umfaßt, und das Federelement (**126**) entlang der äußeren Düsenfläche durch inelastisches Falten der verformbaren Lippe (**44**) entlang des Federelementendes gefangen ist.

3. Düse (**18**, **118**) für einen Plasmalichtbogenbrenner (**10**) mit:
 einem im Großen und Ganzen zylindrischen hohlen Düsenglied (**20**), das aufweist:
 ein offenes Ende;
 ein im wesentlichen geschlossenes Ende, das eine

zentral angeordnete Öffnung (22) umfaßt; und eine Außenfläche mit einem sich radial erstreckenden Flansch (24, 124); und einem Federelement (26, 126), das entlang der Außenfläche angeordnet ist, wobei das Federelement (26, 126) ein erstes Ende aufweist, das an den Flansch (24, 124) anstößt, um das Düsenglied (20) entlang einer Längsachse elastisch vorzuspannen, die durch das offene und geschlossene Ende des Düsenglieds (20) verläuft, wenn ein zweites Ende der Feder (26, 126) ausgelegt ist, um im Gebrauch gegen eine benachbarte Struktur angeordnet zu werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (18) des weiteren einen Haltekragen (28) aufweist, der entlang der Außenfläche angeordnet ist, wobei der Kragen (28) einen radial verlaufenden Flansch (30) aufweist, derart, daß das Federelement (26) zwischen dem Kragenflansch (30) und dem Düsenflansch (24) gefangen ist.

Flansch oder eine Stufe (146) zur Begrenzung der Translation des Düsenglieds (20) entlang der Längsachse aufweist, wenn sie innerhalb des Brenners angeordnet ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

4. Düse nach Anspruch 3, bei der der Kragen (28) an der äußeren Düsenfläche durch einen diametralen Festsitz entlang zumindest eines Abschnitts davon befestigt ist.

5. Düse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Federelement (26, 126) aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Wellenfederunterlagscheiben (26a), Fingerfederunterlagscheiben (26b), Unterlagscheiben (26c) mit gebogenen Federn, Schraubenkompressionsfedern (26e), Flachdrahtkompressionsfedern (26d) und geschlitzten konischen Scheiben (26f) besteht.

6. Haltekappe (132) für einen Plasmalichtbogenbrenner (110) mit:
einem hohlen Abschnitt, der ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine innere Oberfläche aufweist; und
einem in dem hohlen Abschnitt angeordneten Federelement (226), das ausgelegt ist, um im Gebrauch eine Düse (218) elastisch vorzuspannen, die darin entlang einer Längsachse der Haltekappe (132) angeordnet ist, wobei die Achse durch das erste und zweite Ende verläuft, wobei die Haltekappe (132) eine Hülle (134) und einen vorgespannten Ring (136) umfaßt, der coaxial darin angeordnet ist, und wobei desweiteren das Federelement (226) integral mit dem vorgespannten Ring (136) ausgebildet ist.

7. Haltekappe nach Anspruch 6, bei der das Federelement (226) aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Wellenfederunterlagscheiben, Fingerfederunterlagscheiben, Unterlagscheiben mit gebogenen Federn, Schraubenkompressionsfedern, Flachdrahtkompressionsfedern und geschlitzten konischen Scheiben besteht.

8. Düse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Außenfläche außerdem einen zweiten

Anhängende Zeichnungen

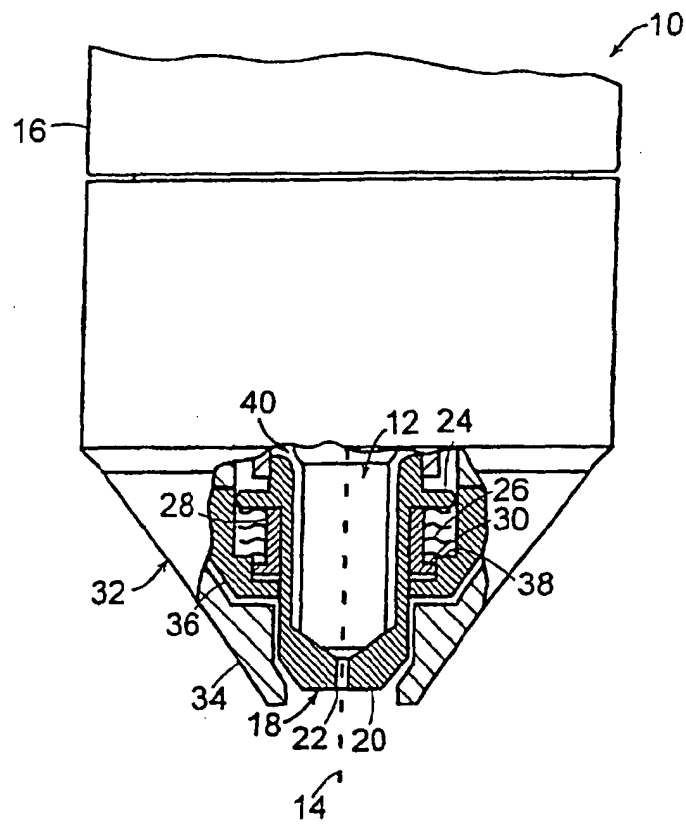


FIG. 1A

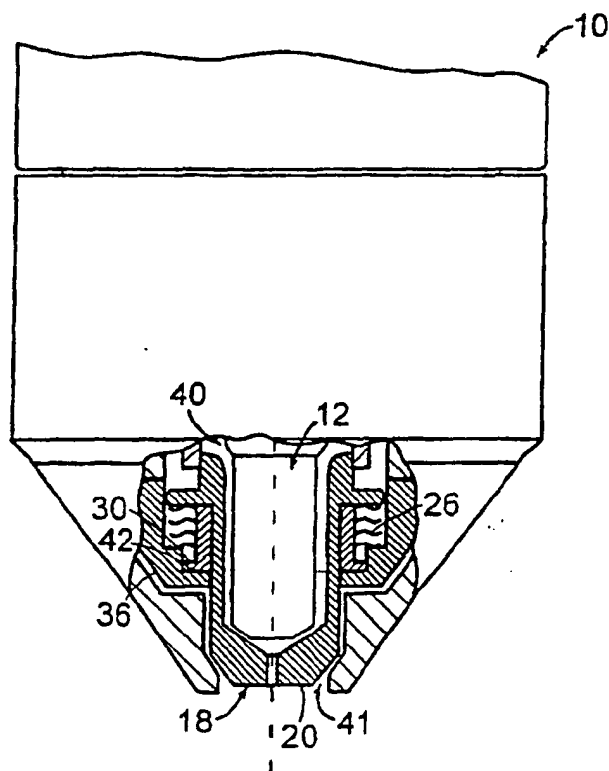


FIG. 1B

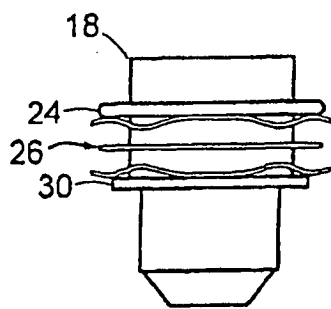


FIG. 2A

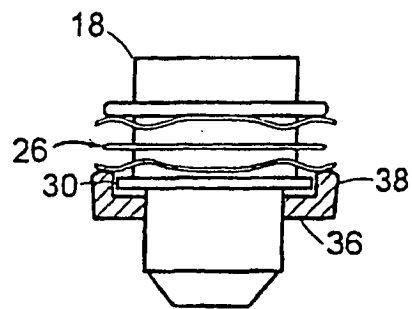


FIG. 2B

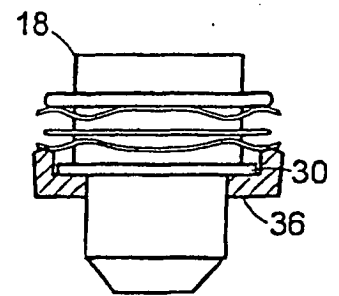


FIG. 2C

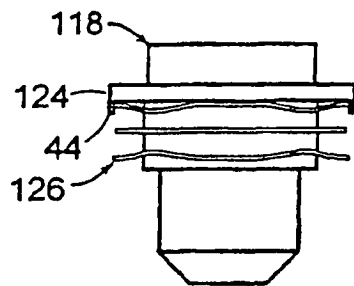


FIG. 3A

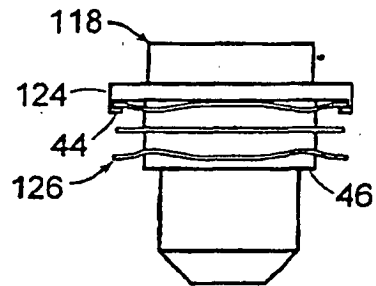


FIG. 3B

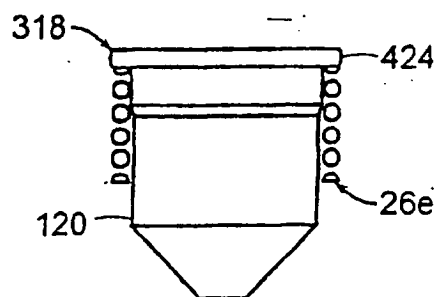


FIG. 7

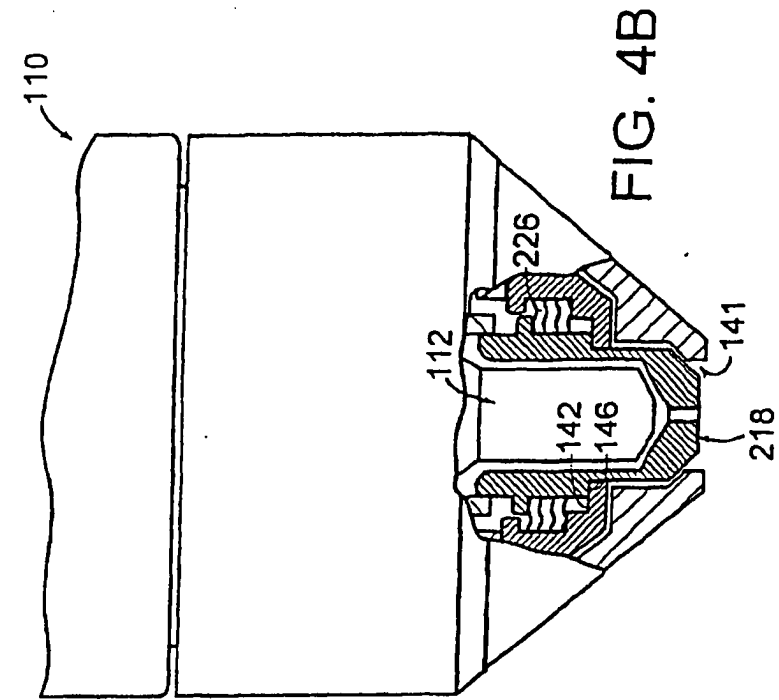


FIG. 4B

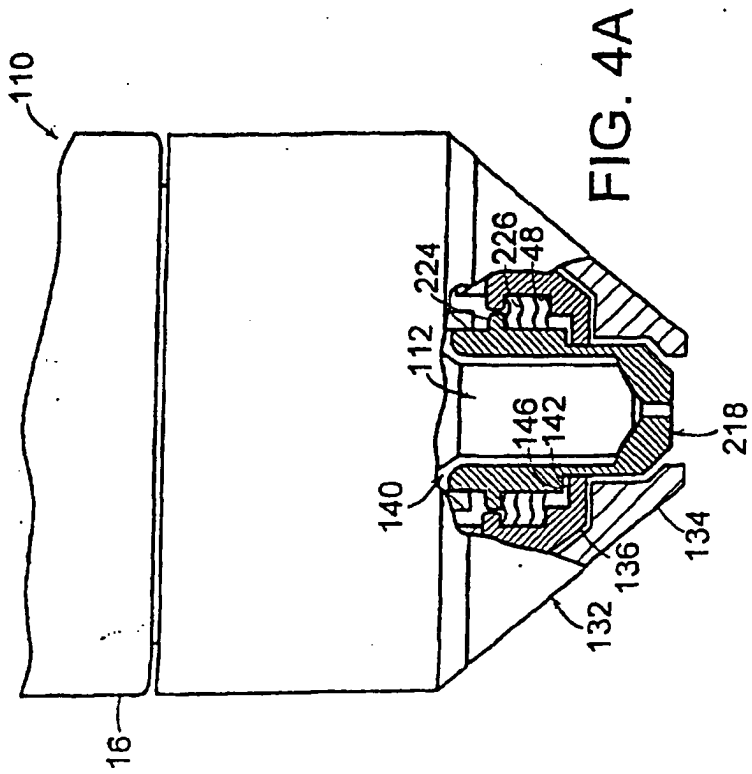


FIG. 4A

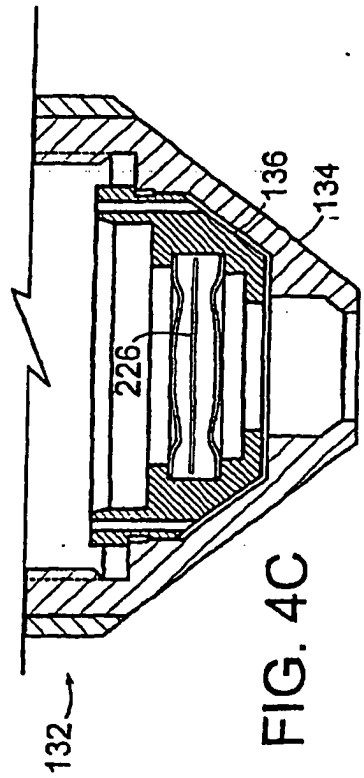
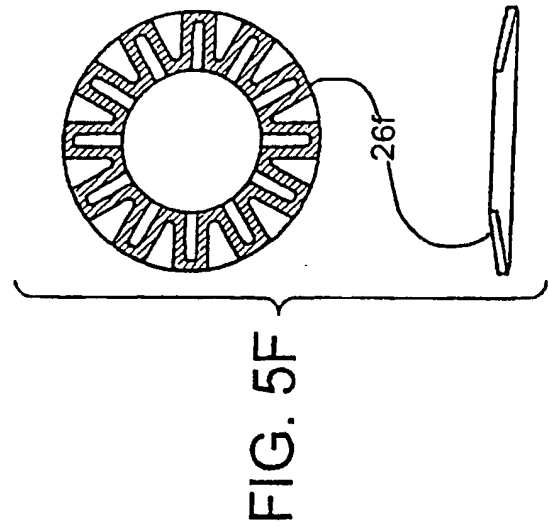
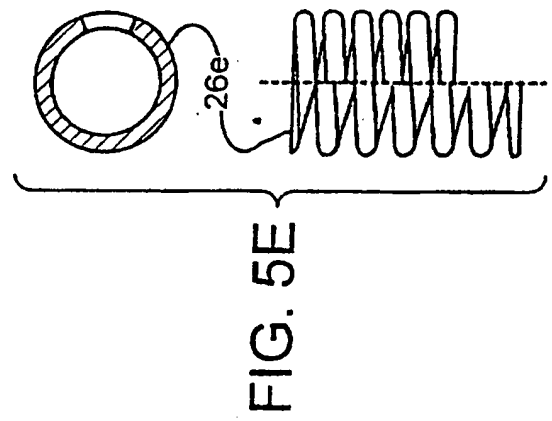
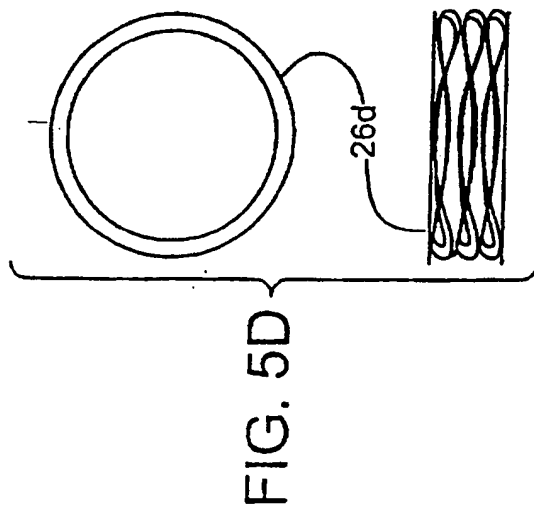
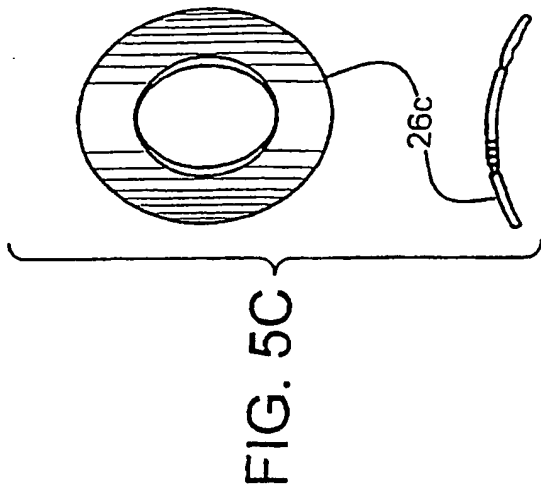
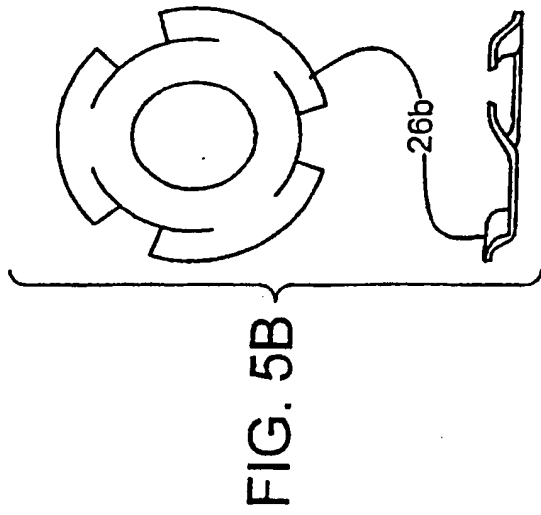
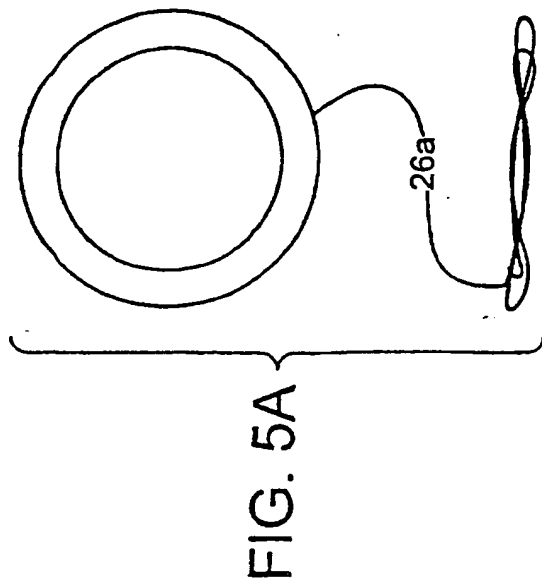


FIG. 4C



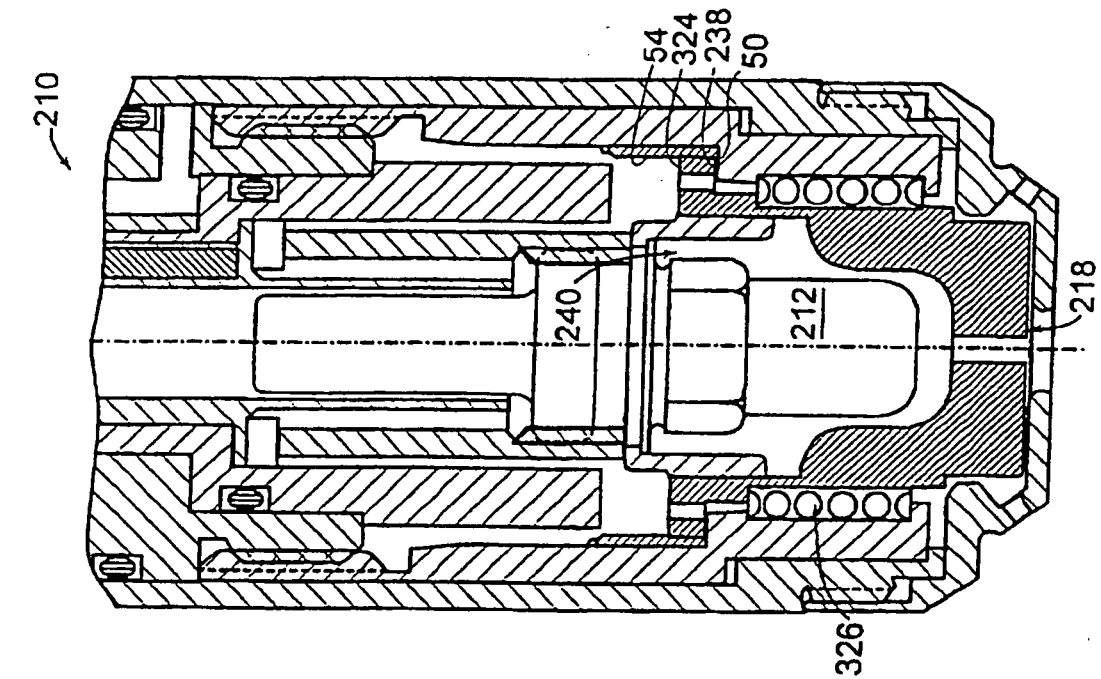


FIG. 6A

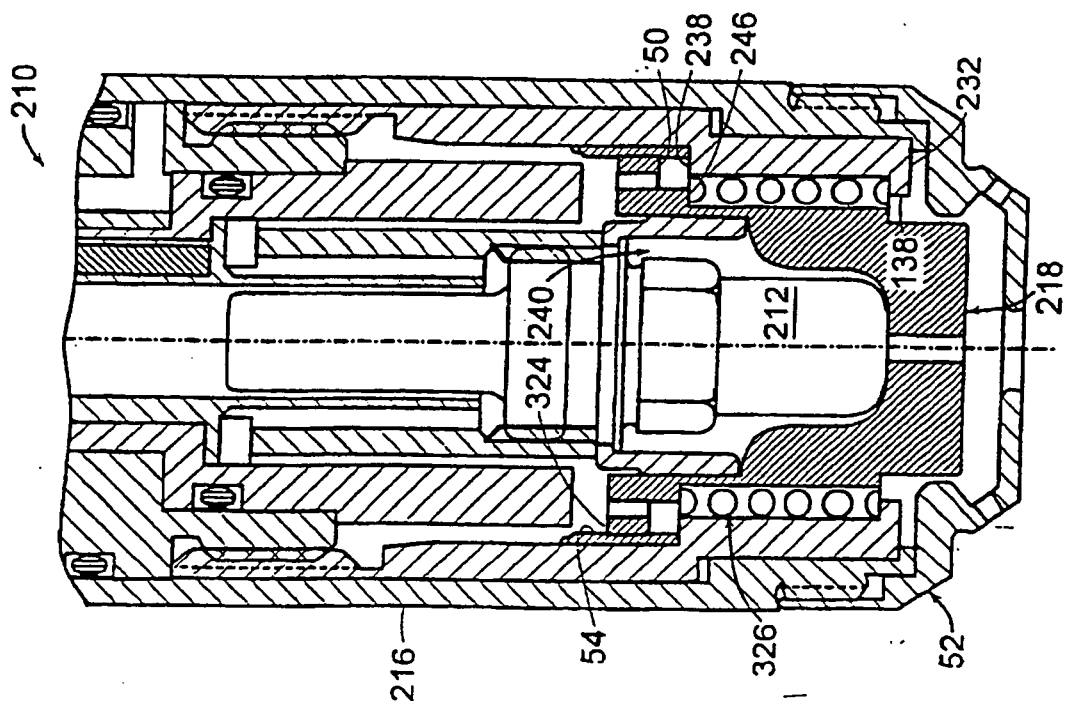


FIG. 6B

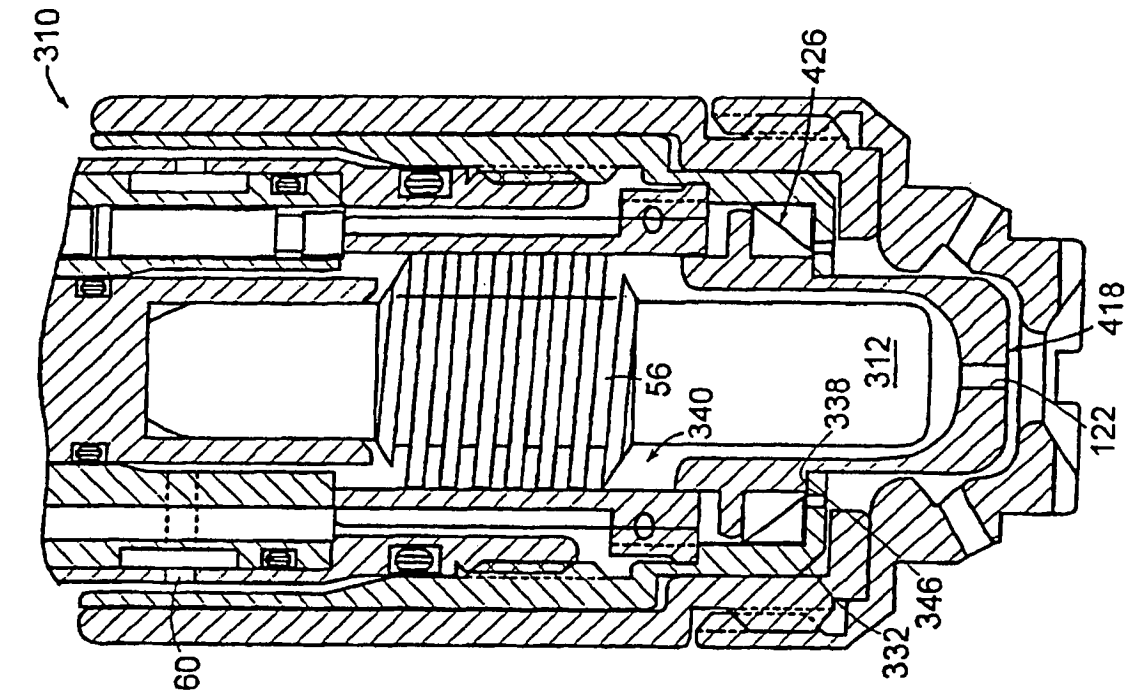


FIG. 8B

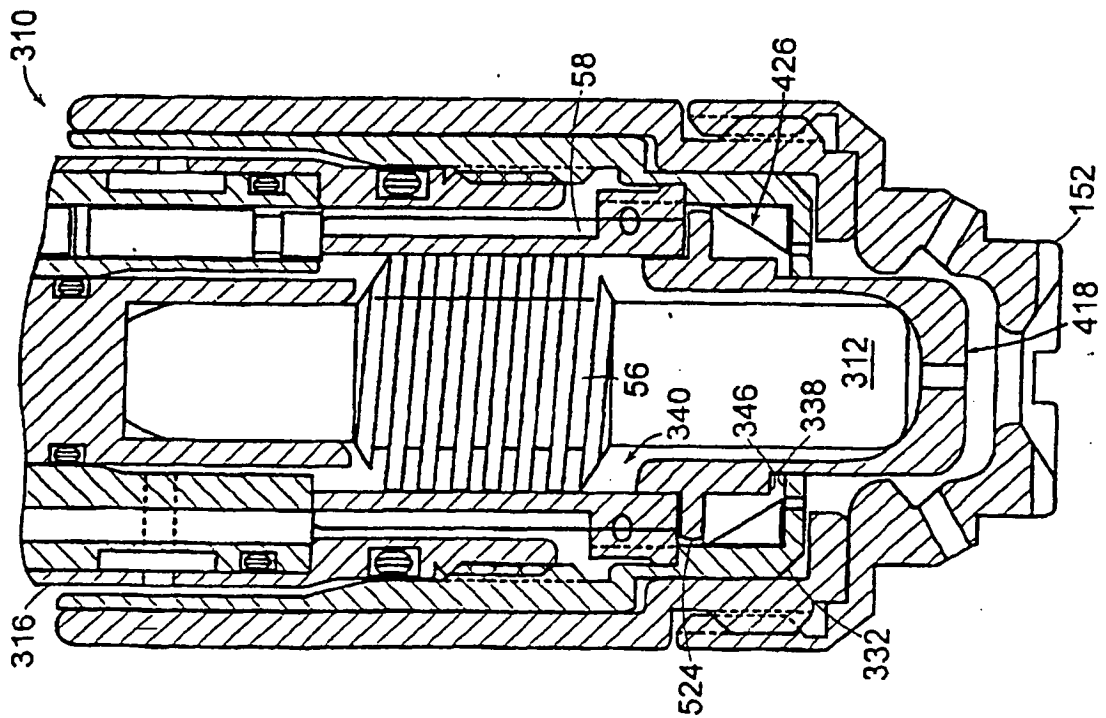


FIG. 8A

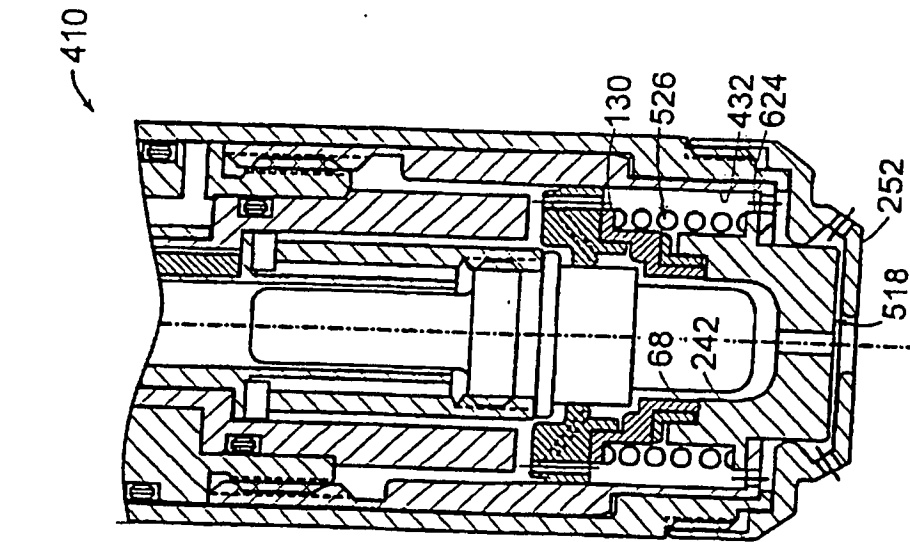


FIG. 9B

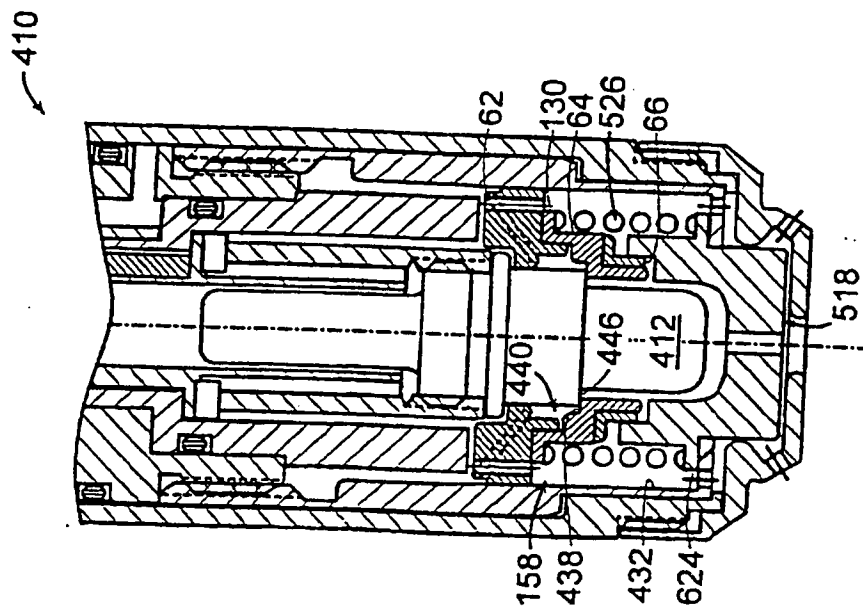


FIG. 9A