

# SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT

## EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

701 774 B1

(51) Int. Cl.: **F23D**    **14/62**    (2006.01)  
**F23D**    **11/40**    (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

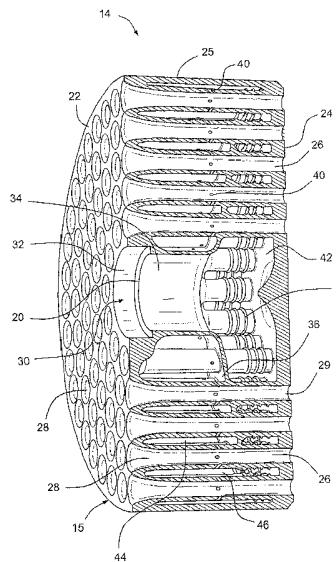
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**(12) PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer:	01076/10	(73) Inhaber: General Electric Company, 1 River Road Schenectady, New York 12345 (US)
(22) Anmeldedatum:	01.07.2010	
(43) Anmeldung veröffentlicht:	15.03.2011	
(30) Priorität:	08.09.2009 US 12/555,129	(72) Erfinder: Willy Steve Ziminsky, Greenville, South Carolina 29615 (US) Thomas Edward Johnson, Greenville, South Carolina 29615 (US) Benjamin Lacy, Greenville, South Carolina 29615 (US) William David York, Greenville, South Carolina 29615 (US) Christian Xavier Stevenson, Greenville, South Carolina 29615 (US)
(24) Patent erteilt:	30.06.2015	
(45) Patentschrift veröffentlicht:	30.06.2015	(74) Vertreter: R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4 8008 Zürich (CH)

**(54) Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf und zugehöriges Herstellungsverfahren.**

(57) Ein monolithischer Brennstofffeinspritzkopf (14) für eine Brennstoffdüse weist einen im Wesentlichen hohlen Kammerkörper (15), der mit einer stromaufwärtigen Endfläche (22), einer stromabwärtigen Endfläche (24) und einer sich zwischen diesen erstreckenden Umfangswand (25) ausgebildet ist, und eine innere Trennplatte (36) auf, die sich von einem stromabwärtigen Ende einer Bohrung (30) in Radialrichtung nach aussen erstreckt und vor der Umfangswand (25) endet, wodurch in dem Kammerkörper (15) eine stromaufwärtige (44) und eine stromabwärtige Brennstoffkammer (42) gebildet werden, die durch einen radialen Spalt (46) zwischen der Trennplatte (36) und der Umfangswand (25) in Fluidverbindung stehen. Mehrere einstückige Vormischröhren (26) erstrecken sich axial durch die stromaufwärtige (44) und die stromabwärtige Brennstoffkammer (42) in dem Kammerkörper (15) und die Trennplatte (36) hindurch, wobei sich zwischen jeder der Vormischröhren (26) und der stromaufwärtigen Brennstoffkammer (44) wenigstens eine Brennstofffeinspritzöffnung (40) erstreckt, wodurch es dem Brennstoff in der stromaufwärtigen Brennstoffkammer (44) ermöglicht wird, in die mehreren Vormischröhren (26) eingeleitet zu werden. Bei einem Verfahren zur Herstellung des Brennstofffeinspritzkopfes sind der Kammerkörper (15), die durch die Bohrung (30) gebildete zentrale Öffnung, die Vormischröhren (26) und die wenigstens eine Brennstofffeinspritzöffnung (40) durch direkte Metall-Laser-Sinterung hergestellt.



## **Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf einen monolithischen Gasturbinenbrennstoffeinspritzkopf für eine Brennstoffeinspritzdüse einer Gasturbine und auf ein Verfahren zur Herstellung des Brennstoffeinspritzkopfes.

## **Hintergrund der Erfindung**

**[0002]** Bestimmte heutige Gasturbinenbrennstoffeinspritzdüsen enthalten zahlreiche kleine Verbrennungsluftröhren, die zwischen einer stromaufwärtigen und einer stromabwärtigen Platte fest eingeschlossen und von einer Umfangswand umgeben sind, wodurch eine Druckblase bzw. -kammer gebildet wird. Die Röhren weisen typischerweise eine Anzahl von sehr kleinen, unter kleinem Winkel ausgerichteten Öffnungen in den Wänden der Röhren zum Einleiten von Brennstoff aus der Kammer in das Innere der Röhren auf, wobei der Brennstoff und die Luft gemischt werden, bevor sie aus den Röhren aus- und in die Verbrennungskammer eintreten. Eine Brennstoffeinspritzdüse dieses Typs ist in dem US-Patent Nr. 7 007 478 der Anmelderin beschrieben, das am 7. März 2006 ausgegeben wurde.

**[0003]** Es wird erkannt, dass Brennstoffeinspritzdüsen, wie sie oben beschrieben sind, notwendigerweise zahlreiche Hartlötverbindungen an den Übergangsstellen zwischen Röhre und Platte sowie zwischen Platte und Wand enthalten, die gegen den Wasserstoffbrennstoff abdichten müssen, und dass teure Funkenerosionsverfahren (EDM für electrical discharge machining) notwendig sind, um die vielen kleinen, unter kleinem Winkel ausgerichteten Brennstoffinjektionsöffnungen auszubilden. Außerdem sind aufwendige Montageverfahren erforderlich, um festgelegte Leistungskriterien zu erfüllen. Es bleibt demnach Bedarf an einem Verfahren zur Herstellung komplexer Brennstoffdüsengeometrien, das möglicherweise undichte Verbindungen verringert, wenn nicht vollständig verhindert, und auch den Bedarf an einer Nachbearbeitungs- und/oder EDM-Arbeitsgängen erheblich verringert.

## **Kurze Zusammenfassung der Erfindung**

**[0004]** Gemäss der vorliegenden Erfindung sind ein monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1 und ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäss Anspruch 11 vorgesehen. Weitere Varianten der Erfindung sind in den untergeordneten Ansprüchen 2 bis 10 und 12 bis 15 beschrieben.

**[0005]** Durch die Verwendung einer schnellen Fertigungstechnik, die als direkte Metall-Laser-Sinterung (DMLS) bekannt ist, um einen monolithischen Düseneinspritzkopf herzustellen, werden Fügestellen, Hartlöten und andere Aspekte der früheren Düsenkonstruktion vermieden. Die DMLS ist ein additives Schichtungsverfahren, das eine Metallkomponente unter Verwendung eines Lasers und eines feinen Metallpulvers direkt aus einem CAD-Modell erzeugt (z.B. sind Kobalt- und/oder Chromlegierungspulver und Nickelbasislegierungspulver besonders für die hierin offenbare Turbinendüsenanwendung geeignet, aber die Erfindung ist nicht darauf beschränkt). Das CAD-Modell ist in dünne Schichten (in der Größenordnung von 0,02 mm) unterteilt, und die Schichten werden danach Schicht für Schicht rekonstruiert, wobei der Laser durch programmbestimmte Bereiche jeder Pulverschicht im Anschluss an die darunterliegende Schicht schmilzt. Die Schichtdicke wird allgemein auf der Grundlage einer Überlegung zur Genauigkeit gegenüber der Geschwindigkeit der Herstellung gewählt. Zu Beginn ist typischerweise eine Stahlplatte innerhalb der Maschine befestigt, um sowohl als ein Träger als auch als Wärmesenke zu dienen. Ein Ausgeber gibt das Pulver auf die Trägerplatte, und ein Beschichterarm oder eine Beschichterschaufel verteilt das Pulver auf der Platte. Die Maschinensoftware steuert den Fokus und die Bewegung des Laserstrahls so, dass das Pulver überall dort zu einem festen Körper verschmolzen wird, wo der Laserstrahl das Pulver trifft. Der Vorgang setzt sich Schicht für Schicht fort, bis der Aufbau abgeschlossen ist. Die Anwendung der DMLS auf den Einspritzkopf einer Brennstoffeinspritzdüse hat die oben erwähnten Probleme gelöst. Darüber hinaus hat es die Anwendung des DMLS-Verfahrens ermöglicht, dass neue Konstruktionsmerkmale in den Brennstoffeinspritzkopf der Düse einbezogen werden.

**[0006]** Die Erfindung wird nun in Verbindung mit den unten genannten Zeichnungen genauer beschrieben.

## **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

### **[0007]**

- Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Brennstoffeinspritzkopfes, der gemäss einer ersten beispielhaften Ausführungsform der Erfindung hergestellt worden ist;
- Fig. 2 ist eine vergrösserte perspektivische, teilweise im Schnitt gezeigte Ansicht des aus Fig. 1 entnommenen Brennstoffeinspritzkopfes von der stromaufwärtigen Seite aus;
- Fig. 3 ist eine ebenfalls geschnittene perspektivische Teilansicht des in Fig. 2 gezeigten Brennstoffeinspritzkopfes von der stromabwärtigen Seite aus;
- Fig. 4 ist eine innere geschnittene Teilansicht des Brennstoffeinspritzkopfes, die von einer stromaufwärtigen Seite einer inneren Trennwand in dem Einspritzkopf entlang der Schnittlinie 4–4 in Fig. 3 betrachtet ist;

Fig. 5 ist eine schematische geschnittene Teilansicht des Auslassendes oder hinteren Endes des Brennstofffeinspritzkopfes; und

Fig. 6 ist eine geschnittene Teilansicht der DMLS-Trägerstruktur zur Bildung des hinteren Endes des in den Fig. 1–5 dargestellten Brennstofffeinspritzkopfes.

#### **Detailierte Beschreibung der Zeichnungen**

[0008] Fig. 1 zeigt eine Gasturbinenbrennstofffeinspritzdüse 10, die einen Brennstofffeinspritzkopf enthält, der gemäss einer beispielhaften, aber nicht beschränkenden Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist. Im Einzelnen enthält die Düse 10 einen Brennstoffdüsensockel 12 und einen Brennstofffeinspritzkopf 14, die durch ein zentral angeordnetes Brennstoffzufuhrrohr 16 verbunden sind. Der Brennstofffeinspritzkopf 14 ist an dem stromabwärtigen Ende 18 des Brennstoffzufuhrrohrs 16 angebracht, wobei die Vorderkante des Brennstoffzufuhrrohrs an einer inneren ringförmigen Schulter 20 (siehe Fig. 2) in dem Zentrum des Brennstofffeinspritzkopfes 14 anliegt. Man beachte, dass die Ausdrücke «stromaufwärts» und «stromabwärts», wenn sie hierin verwendet werden, sich auf eine Richtung der Strömung von Luft und Brennstoff durch die Brennstofffeinspritzdüse 10 und in die (nicht gezeigte) Verbrennungskammer hinein beziehen.

[0009] Es wird erkannt, dass typischerweise mehrere Düsen 10 zur Zufuhr eines Gemisches von Brennstoff und Luft in die Verbrennungskammer einer Gasturbinenbrennkammer angeordnet sind. In einem bekannten Turbinenaufbau führt eine ringförmige Reihe derartiger Brennkammern durch eine gleiche Anzahl von Verbindungselementen (die häufig als eine «Rohr-Ring»-Anordnung bezeichnet werden) einer ersten Stufe der Turbine Verbrennungsgase zu. Typischerweise sind die Düsensockel 12 in jeder Brennkammer an einer Brennkammerendabdeckung befestigt, und die Brennstofffeinspritzköpfe 14 sind an einer (nicht gezeigten) vorderen Kappenanordnung innerhalb der Verbrennungskammer befestigt. Die Erfindung hier befasst sich besonders mit dem Brennstofffeinspritzkopf 14 und einem Verfahren zur Bildung des Brennstofffeinspritzkopfes.

[0010] Fig. 2 stellt den Brennstofffeinspritzkopf genauer da. Der Brennstofffeinspritzkopf 14 ist als ein teilweise hohler, runder, monolithischer Block oder Kammerkörper 15 mit einer stromaufwärtigen Endfläche 22 und einer stromabwärtigen Endfläche 24, die im Wesentlichen parallel zueinander sind, mit einer sich axial zwischen diesen erstreckenden ringförmigen Umfangsrand 25 ausgebildet. Zwischen der stromaufwärtigen 22 Endfläche und der stromabwärtigen Endfläche 24 erstrecken sich innere Luftzuführkanäle oder -röhren 26 (die hierin als auch Vormischröhren bezeichnet werden), wobei die stromaufwärtigen Enden oder Einlässe 28 der Vormischröhren 26 nach aussen hin aufgeweitet sind (d.h. mit einer Trichterform ausgebildet sind), um den Luftstrom in die Vormischröhre hinein- und durch diese hindurchzufördern (und zu beschleunigen). Über die verbleibende Länge hinweg weisen die Vormischröhren einen im Wesentlichen gleich bleibenden Durchmesser durch die stromabwärtigen Enden oder Auslässe 29 auf. Die Vormischröhren 26 können in ringförmigen konzentrischen Reihen (siehe Fig. 1 und 3) angeordnet sein, wobei die Vormischröhren jeder gegebenen Reihe in Umfangsrichtung gegen die Vormischröhren 26 einer benachbarten Reihe versetzt angeordnet sind, wie es am besten in Fig. 4 zu sehen ist. Es wird jedoch erkannt, dass die Erfindung nicht durch irgendeine bestimmte Anordnung der Vormischröhren 26 in dem Kammerkörper beschränkt ist. Außerdem dient der Gebrauch des Ausdruckes «Röhren» der Zweckmässigkeit, wobei man bemerkt, dass diese nicht an den gegenüberliegenden Enden an den Endflächen befestigte diskrete Röhren sind, sondern vielmehr interne Kanäle, die in den monolithischen Kammerkörper 15 einbezogen sind, wobei ein innerer Raum die verschiedenen Kanäle umgibt.

[0011] Das Zentrum des Brennstofffeinspritzkopfes 14 (oder des Kammerkörpers 15) ist an der stromaufwärtigen Endfläche 22 offen, wodurch eine Einlassbohrung 30 (Fig. 2) geschaffen wird, die durch die ringförmige Wand 32 zur Aufnahme des Brennstoffzufuhrrohrs 16 gegeben ist, wobei ein Senkbohrungsabschnitt 34 die ringförmige Schulter 20 bildet, die zum Anliegen an der Vorderkante des Brennstoffzufuhrrohrs 16 eingerichtet ist.

[0012] Die Anwendung des DMLS-Schnellherstellungsverfahrens hat vielfältige Konstruktionsmerkmale ermöglicht, die in den hierin offenbarten Brennstofffeinspritzkopf einbezogen sind. Zum Beispiel ist eine innere Trennplatte 36 (siehe Fig. 2 bis 5) einstückig innerhalb des Kammerkörpers 15 ausgebildet. Die Trennplatte erstreckt sich von dem stromabwärtigen Ende der Senkbohrung 34 an einer Stelle im Wesentlichen auf halbem Wege zwischen der stromaufwärtigen Endfläche 22 und der stromabwärtigen Endfläche 24 in radialer Richtung nach aussen, wobei die meisten, aber nicht alle der Vormischröhren durch sie «hindurchtreten». Die Trennplatte 36 ist zu der stromabwärtigen Endfläche 24 in einer Richtung radial nach aussen angewinkelt und erstreckt sich von der radial inneren Nabe oder Wand 32 zu der äusseren Umfangswand 25 hin, endet jedoch vor dieser.

[0013] In jeder der Vormischröhren 26 ist wenigstens eine Brennstofffeinspritzöffnung 40 und vorzugsweise eine Reihe von Brennstofffeinspritzöffnungen vorgesehen, z.B. vier in jeder Röhre, die an gleichmässig beabstandeten Stellen um den Umfang der jeweiligen Röhre herum angeordnet sind. Die Brennstofffeinspritzöffnungen 40 liegen im Wesentlichen in einer gemeinsamen Ebene, die zu der stromaufwärtigen Endfläche 22 und der stromabwärtigen Endfläche 24 des Kammerkörpers 15 parallel ist und stromaufwärts von der Trennplatte 36 liegt. Die Brennstofffeinspritzöffnungen 40 sind in der Strömungsrichtung geneigt, d.h. die Öffnungen sind radial nach innen angewinkelt (im spitzen Winkel von unten auf die Zentralebene der jeweiligen Vormischröhre 26) in der stromabwärtigen Richtung, so dass die Brennstoffströmung durch die Einspritzöffnungen 40 eine Geschwindigkeitskomponente in der Richtung der durch die Vormischröhren 26

strömenden Luft aufweist. Man beachte, dass die Trennplatte 36 tatsächlich eine stromabwärtige Brennstoffkammer 42 und eine stromaufwärtige Brennstoffkammer 44 bildet, die durch einen ringförmigen Radialspalt 46 zwischen dem radial äusseren Rand der Trennplatte und der Aussenumfangswand 25 in Fluidverbindung miteinander stehen.

[0014] Die stromabwärtige Endfläche 24 des Brennstoffeinspritzkopfes 14 ist in ihrem zentralen Bereich geschlossen, so dass Hochdruck-Wasserstoffbrennstoff, der aus dem Brennstoffzufuhrrohr 16 austritt, in die Bereiche zwischen den Vormischröhren 26 in dem stromabwärtigen Brennstoffkammerbereich 42 und danach durch den radialen Spalt 46 in die stromaufwärtige Kammer 44 strömt. Dieser Brennstoffpfad neigt dazu, den Brennstoffdruck an den Einlassenden der Brennstoffeinspritzöffnungen 40 anzugeleichen, und verteilt dadurch den Brennstoff im Wesentlichen gleichmässig auf die Vormischröhren 26.

[0015] Der Wasserstoffbrennstoff strömt danach durch die Brennstoffinjektionsöffnung 40 in die Vormischröhren 26 hinein, wo sich der Brennstoff und die Luft mischen, bevor sie aus dem Brennstoffeinspritzkopf 14 in die Verbrennungskammer austreten.

[0016] Das DMLS-Verfahren ermöglicht auch eine exakte Positionierung und Ausrichtung der Brennstoffeinspritzöffnungen 40. Dies ist bedeutend, weil die Anordnung der Öffnungen 40 eine Auswirkung auf die Gleichmässigkeit des Brennstoffzufuhrdrucks in dem Einspritzkopf haben kann. Wenn der Brennstoff z.B. mit hoher Geschwindigkeit an einer Einspritzöffnung 40 vorbeiströmt, wird sie einen niedrigen Zufuhrdruck aufweisen. Wenn andererseits die Geschwindigkeit des Brennstoffs niedrig ist, wird er einen hohen Zufuhrdruck aufweisen. Wenn eine Einspritzöffnung 40 direkt gegenüber einer anderen Einspritzöffnung in einer benachbarten Vormischröhre angeordnet ist, wird in ähnlicher Weise der durch die Öffnungen hindurchströmende Brennstoff eine hohe Geschwindigkeit und demnach einen niedrigen Zufuhrdruck aufweisen (siehe Fig. 4). Es ist herausgefunden worden, dass ein Verdrehen der Lagen der Einspritzöffnungen 40 in einer Vormischröhre um 45° bezogen auf die Öffnungspositionen in benachbarten Vormischröhren die besten Ergebnisse liefert und das DMLS-Verfahren zum automatischen Anordnen der Öffnungen in dieser Weise mit der grössten Genauigkeit programmiert werden kann.

[0017] Weil Wasserstoffbrennstoff sehr reaktiv ist, muss in dieser Hinsicht weiterhin darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass die Verbrennungsflamme in Strömungsrichtung unterhalb der Vormischröhrenauslässe 29 bleibt. Wenn andererfalls innerhalb einer oder mehrerer der Vormischröhren 26 eine Flamme ausbricht, könnte die Wärmeausdehnung in dem/den lokalen Bereich(en) besonders bei einem monolithischen Aufbau, wie er hierin beschrieben ist, den Einspritzkopf zerstören. Demnach ist es wünschenswert, die Brennstoffeinspritzöffnungen 40 etwa 13 mm bis 22 mm (0,5 bis 0,85 Zoll) von den Vormischröhrenauslässen entfernt anzuordnen. Obwohl das Anordnen der Injektionsöffnungen 40 nahe bei den Auslässen 29 die Vermischungsdauer an der Stelle verringert, ist das Verhindern eines Flammenausbruchs innerhalb der Vormischröhren 26 vorrangig.

[0018] Es ist ein weiteres Merkmal der beispielhaften Ausführungsform, dass die Trennplatte 36 mit einem geordneten Feld von eingebauten «Bruchstellen» 48 ausgebildet ist, die am besten in Fig. 4 zu sehen sind und ebenfalls durch das DMLS-Verfahren ermöglicht werden. Die Bruchstellen 48 sind im Wesentlichen Schwächungskerblinien (obwohl sie nicht im traditionellen Sinne durch «Einkerben» erzeugt worden sind) an der stromaufwärtigen Seite der Trennplatte, wobei sie in einem rechtwinkligen gitterartigen Muster angeordnet sind, das jede einzelne der Vormischröhren 26 umgibt. Im Einzelnen stellt das gitterartige Muster eine Vielzahl von geschlossenen Feldern oder Bereichen 50 her, die jeweils durch die Schwächungskerblinien 48 begrenzt sind und eine zugehörige der Vormischröhren 26 aufweisen, die durch dieses Feld hindurchtritt. Die sogenannten Bruchstellen erstrecken sich nicht vollständig durch die Trennplatte hindurch, und dadurch findet kein Abfluss oder Leckstrom von Brennstoff durch die Platte hindurch statt. Wenn andererseits in einer oder mehreren der Vormischröhren 26 eine Flamme gehalten wird, wird/werden die Röhre(n) heiss und dehnt/dehnen sich thermisch aus. Die Trennplatte 36 verstellt die Vormischröhren 26 nicht nur, sondern verkürzt auch wirksam die Länge, über der die Wärmedehnung absorbiert werden kann. Zusätzlich ermöglichen es die geschwächten Bruchstellen oder Kerblinien 48 in der Trennplatte 36 der Trennplatte, entlang dieser Schwächungskerblinien tatsächlich zu brechen, ohne den Vormischröhren 26 Schaden zuzufügen.

[0019] Die eingebauten Bruchstellen 48 sind wegen der durch die DMLS erzeugten Ausrichtung an der oberen oder stromaufwärtigen Seite der Trennplatte 36 gebildet. Wenn eine Komponente unter Verwendung der DMLS gebildet wird, ist wie oben erwähnt eine darunterliegende Trägerstruktur erforderlich. Durch Anordnen der Bruchstellen oder Schwächungskerblinien 48 auf der oberen oder Oberseite der Trennplatte 36 ist kein zusätzlicher Träger erforderlich, und die Halterungsstruktur, die vorhanden ist, stört das DMLS-Schichtungsverfahren nicht. Ein weiterer Vorteil der Anwendung der DMLS besteht darin, dass normalerweise ein Abstand zum Montieren der Trennplatte 36 auf das Brennstoffzufuhrrohr 16 benötigt würde. Dies führt gewöhnlich zu einer gewissen Leckströmung an der Platte vorbei, während die DMLS dieses Problem löst, indem sie die übliche Fügestelle zwischen der Trennplatte 36 und dem Brennstoffzufuhrrohr 16 sowie alle Fügestellen zwischen den Vormischröhren 26 und den Endflächen 22, 24 des Kammerkörpers 15 vermeidet.

[0020] Wieder unter Bezug auf die Fig. 2 und 5, aber nun ebenfalls unter Bezug auf Fig. 6: An jeder Vormischröhre 26 können an Stellen stromabwärts der Trennplatte 36 Kühlrippen 52 ausgebildet sein. Die Rippen an jeder Röhre 26 sind diskrete parallele Ringe (z.B. drei an jeder Röhre), die der stromabwärtigen Endfläche 24 des Kammerkörpers 15 benachbart sind. Fig. 6 stellt die DMLS-Trägerstruktur zur Bildung der Rippen 52 an benachbarten Vormischröhren dar. Die Ausrundungsradien 54 an den Oberseiten der Rippen werden minimiert, während die Ausrundungsradien 56 an den

Unterseiten der Rippen stark vergrößert werden, um die gewünschte Aufbauqualität zu erreichen, wobei sie auch zu einem niedrigeren Spannungskonzentrationsfaktor führen, der in diesen anderenfalls unter hoher Spannung stehenden Bereichen von entscheidender Bedeutung ist.

**[0021]** Es wird demnach erkannt, dass die Anwendung des DMLS-Verfahrens die Ausgestaltung und Konstruktion von Brennstoffeinspritzdüsen ermöglicht, die zuvor nicht auf eine zuverlässige und wirtschaftliche Art herstellbar waren. Die DMLS stellt sicher, dass die Übergangsstellen zwischen den Vormischröhren und den Endwänden oder -platten einwandfrei sind und keine Bearbeitung mit sehr engen Hartlöttoleranzen erfordern. Die fugenlose Herstellung ist bedeutend, weil Wasserstoffmoleküle sehr klein sind und durch sehr enge Spalten hindurchsickern können, die vorhanden sein können, wenn die Struktur traditionelle Fügestellen aufweist. Die DMLS beseitigt virtuell die Gefahr von Lecks in den zahlreichen Übergangsstellen zwischen den Röhren und der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Endfläche des Einspritzkopfes oder Kammerkörpers. Die DMLS erspart auch die Notwendigkeit der Bearbeitung des Einlassstrichters jeder einzelnen Vormischröhre, während sie die hierin beschriebenen komplexen inneren Trenn- und Kühlstrukturen ermöglicht.

**[0022]** Ein monolithischer Brennstoffeinspritzkopf 14 für eine Brennstoffdüse weist einen im Wesentlichen hohlen Kammerkörper (15), der mit einer stromaufwärtigen Endfläche 22, einer stromabwärtigen Endfläche 24 und einer sich zwischen diesen erstreckenden Umfangswand 25, ausgebildet ist, und eine innere Trennplatte 36 auf, die sich von einem stromabwärtigen Ende der Bohrung in Radialrichtung nach aussen erstreckt und vor der Umfangswand endet, wodurch in dem Kammerkörper eine stromaufwärtige 44 und eine stromabwärtige Brennstoffkammer 42 gebildet werden, die durch einen radialen Spalt 46 zwischen der Trennplatte und der Umfangswand in Fluidverbindung stehen. Mehrere einstückige Vormischröhren 26 erstrecken sich axial durch die stromaufwärtige und die stromabwärtige Brennstoffkammer in dem Kammerkörper 15 und die Trennplatte 36 hindurch, wobei sich zwischen jeder der Vormischröhren und der stromaufwärtigen Brennstoffkammer wenigstens eine Brennstoffeinspritzöffnung 4 erstreckt, wodurch es dem Brennstoff in der stromaufwärtigen Kammer ermöglicht wird, in die mehreren Vormischröhren eingeleitet zu werden. Der Brennstoffeinspritzkopf ist durch direkte Metall-Laser-Sinterung hergestellt.

**[0023]** Während die Erfindung in Verbindung mit dem beschrieben worden ist, was gegenwärtig als die praktischste und bevorzugte Ausführungsform angesehen wird, muss erkannt werden, dass die Erfindung nicht auf das offenbare Ausführungsbeispiel beschränkt ist, sondern es im Gegenteil beabsichtigt ist, vielfältige Abwandlungen und äquivalente Anordnungen abzudecken, die von dem Bereich der beigefügten Ansprüche umfasst sind.

**[0024]** Ein monolithischer Brennstoffeinspritzkopf 14 für eine Brennstoffdüse weist einen im Wesentlichen hohlen Kammerkörper 15, der mit einer stromaufwärtigen Endfläche 22, einer stromabwärtigen Endfläche 24 und einer sich zwischen diesen erstreckenden Umfangswand 25, ausgebildet ist, und eine innere Trennplatte 36 auf, die sich von einem stromabwärtigen Ende der Bohrung in Radialrichtung nach aussen erstreckt und vor der Umfangswand endet, wodurch in dem Kammerkörper eine stromaufwärtige 44 und eine stromabwärtige Brennstoffkammer 42 gebildet werden, die durch einen radialen Spalt 46 zwischen der Trennplatte und der Umfangswand in Fluidverbindung stehen. Mehrere einstückige Vormischröhren 26 erstrecken sich axial durch die stromaufwärtige und die stromabwärtige Brennstoffkammer in dem Kammerkörper 15 und die Trennplatte 36 hindurch, wobei sich zwischen jeder der Vormischröhren und der stromaufwärtigen Brennstoffkammer wenigstens eine Brennstoffeinspritzöffnung 4 erstreckt, wodurch es dem Brennstoff in der stromaufwärtigen Kammer ermöglicht wird, in die mehreren Vormischröhren eingeleitet zu werden. Der Brennstoffeinspritzkopf ist durch direkte Metall-Laser-Sinterung hergestellt.

#### **Bezugszeichenliste**

**[0025]**

- 14 Einspritzkopf
- 15 Kammerkörper
- 16 Brennstoffzuführrohr
- 18 Stromabwärtiges Ende
- 20 Ringförmige Schulter
- 22 Stromaufwärtige Endfläche
- 24 Stromabwärtige Endfläche
- 25 Umfangswand
- 26 Vormischröhre
- 28 Einlass
- 29 Auslass

- 30 Einlassbohrung
- 32 Ringförmige Wand
- 34 Senkbohrung
- 36 Innere Trennplatte
- 40 Einspritzöffnung
- 42 Stromaufwärtige Brennstoffkammer
- 44 Stromabwärtige Brennstoffkammer
- 46 Radialer Spalt
- 48 Bruchstelle, Kerblinie
- 50 Feld, Bereich
- 52 Kühlrippe
- 54 Kleiner Ausrundungsradius
- 56 Grosser Ausrundungsradius

#### **Patentansprüche**

1. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf (14) für eine Brennstoffdüse, der aufweist:  
einen im Wesentlichen hohlen Kammerkörper (15), der mit einer stromaufwärtigen Endfläche (22), einer stromabwärtigen Endfläche (24) und einer sich zwischen diesen erstreckenden Umfangswand (25) ausgebildet ist;  
eine zentrale Öffnung in der stromaufwärtigen Endfläche (22), die durch eine Bohrung (30) gebildet ist, die sich teilweise durch den Kammerkörper erstreckt, wobei die Bohrung zur Aufnahme eines Brennstoffzuführrohrs (16) eingerichtet ist;  
eine innere Trennplatte (36), die sich von einem stromabwärtigen Ende der Bohrung radial nach aussen erstreckt und vor der Umfangswand endet, wodurch in dem Kammerkörper eine stromaufwärtige Brennstoffkammer (44) und eine stromabwärtige Brennstoffkammer (42) gebildet werden, die durch einen radialen Spalt (46) zwischen der Trennplatte und der Umfangswand in einer Fluidverbindung stehen, so dass beim Gebrauch Brennstoff aus dem Brennstoffzuführrohr (16) in die stromabwärtige Brennstoffkammer (42), durch den radialen Spalt (46) und in die stromaufwärtige Brennstoffkammer (44) strömt; und  
eine Anzahl von einstückigen Vormischröhren (26), die sich in Axialrichtung durch die stromaufwärtige und die stromabwärtige Brennstoffkammer in dem Kammerkörper und durch die Trennplatte hindurchstrecken, mit Einlässen (28) an der stromaufwärtigen Endfläche und Auslässen (29) an der stromabwärtigen Endfläche und mit jeweils wenigstens einer Brennstoffeinspritzöffnung (40), die sich zwischen jeder einzelnen der Vormischröhren (26) und der stromaufwärtigen Brennstoffkammer (44) erstreckt, wodurch es dem Brennstoff in der stromaufwärtigen Kammer ermöglicht wird, in die mehreren Vormischröhren eingeleitet zu werden.
2. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem die innere Trennplatte (36) in einer Richtung radial auswärts zu der stromabwärtigen Endfläche (24) angewinkelt ist.
3. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem die mehreren Vormischröhren (26) in konzentrischen ringförmigen Reihen angeordnet sind, wobei Vormischröhren in einer Reihe in Umfangsrichtung zu Vormischröhren in einer benachbarten Reihe versetzt angeordnet sind.
4. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem die Vormischröhren (26) an den Einlässen (28) nach aussen aufgeweitet sind.
5. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem die Bohrung (30) durch eine Senkbohrung (34) gebildet ist, wodurch eine ringförmige Schulter (20) gebildet ist, die zum Anlegen einer Vorderkante des Brennstoffzuführrohrs eingerichtet ist.
6. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem die wenigstens eine Brennstoffeinspritzöffnung (40) vier Brennstoffeinspritzöffnungen umfasst, die im Wesentlichen gleichmäßig beabstandet um die jeweilige Vormischröhre herum angeordnet sind.
7. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 6, bei dem jede Brennstoffeinspritzöffnung (40) in einer stromabwärtigen Richtung angewinkelt und zwischen 13 mm und 22 mm von dem entsprechenden der Auslässe (29) entfernt angeordnet ist.

8. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem jede der Vormischröhren (26) in der stromabwärtigen Brennstoffkammer mit Kühlrippen (52) ausgebildet ist.
9. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 1, bei dem die innere Trennplatte (36) mit Schwächungskerbliinen (48) auf einer stromaufwärtigen Seite der Trennplatte ausgebildet ist, wobei die Schwächungskerbliinen in einem Gitter angeordnet sind, so dass jede Vormischröhre (26), die durch die Trennplatte (36) hindurchtritt, von entsprechenden Schwächungskerbliinen (48) eingegrenzt ist.
10. Monolithischer Brennstoffeinspritzkopf nach Anspruch 6, bei dem die Brennstoffeinspritzöffnungen (40) in einer im Wesentlichen gemeinsamen Ebene liegen und keine Brennstoffeinspritzöffnung in einer der Vormischröhren direkt gegenüber einer Brennstoffeinspritzöffnung in einer benachbarten Vormischröhre liegt.
11. Verfahren zum Herstellen eines Brennstoffeinspritzkopfes nach Anspruch 1, wobei der Kammerkörper (15), die zentrale Öffnung, die Vormischröhren (26) und die wenigstens eine Brennstoffeinspritzöffnung (40) durch direkte Laser-Metall-Sinterung ausgebildet werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, das weiterhin das Ausbilden von Kühlrippen (52) an jeder der mehreren Vormischröhren (26) ebenfalls durch direkte Metall-Laser-Sinterung umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 11, das weiterhin aufweist: Ausbilden der inneren Trennplatte (36), die sich von dem stromabwärtigen Ende der Bohrung radial nach aussen erstreckt und vor der Umfangswand endet, wodurch in dem hohlen Kammerkörper die stromaufwärtige Brennstoffkammer (44) und die stromabwärtige Brennstoffkammer (42) gebildet werden, die durch den radialen Spalt (46) zwischen der Trennplatte (36) und der Umfangswand (25) in Fluidverbindung stehen, wobei sich zwischen jeder der Vormischröhren (26) und der stromaufwärtigen Brennstoffkammer (44) jeweils wenigstens eine der Brennstoffeinspritzöffnungen (40) erstreckt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die wenigstens eine Brennstoffeinspritzöffnung (40) bis zu vier Brennstoffeinspritzöffnungen umfasst, die um die jeweiligen Vormischröhren (26) herum im Wesentlichen gleichmässig beabstandet angeordnet sind, wobei jede Brennstoffeinspritzöffnung in einer stromabwärtigen Richtung angewinkelt ist.
15. Verfahren nach Anspruch 12, das weiterhin das Ausbilden jeder Kühlrippe (52) mit einem relativ kleinen Ausrundungsradius (54), wo die Kühlrippe auf einer stromaufwärtigen Seite der Kühlrippe an die jeweilige Vormischröhre anschliesst, und einem relativ grossen Ausrundungsradius (56), wo die Kühlrippe auf einer stromabwärtigen Seite der Kühlrippe an die jeweilige Vormischröhre anschliesst, umfasst.

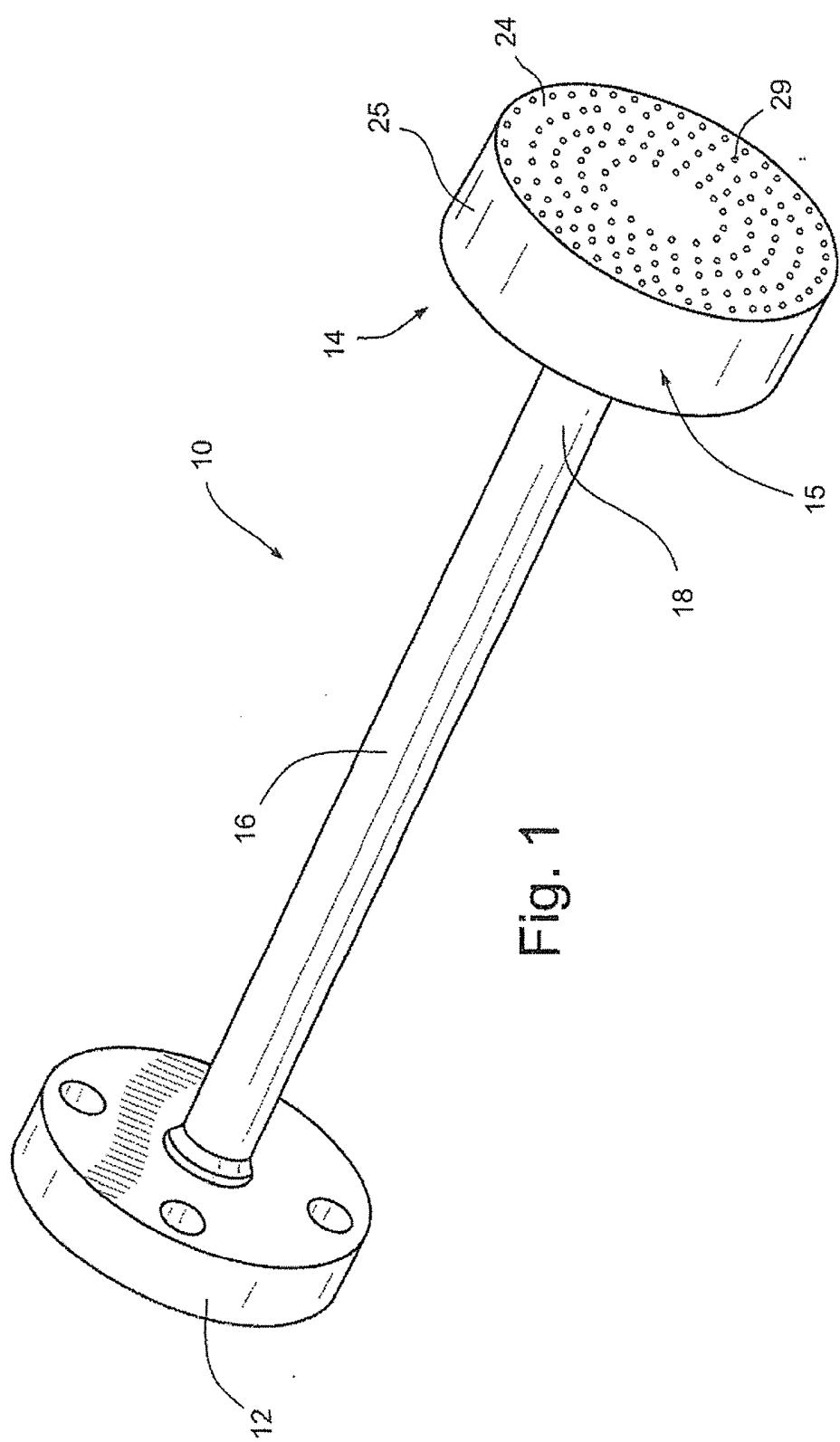


Fig. 1

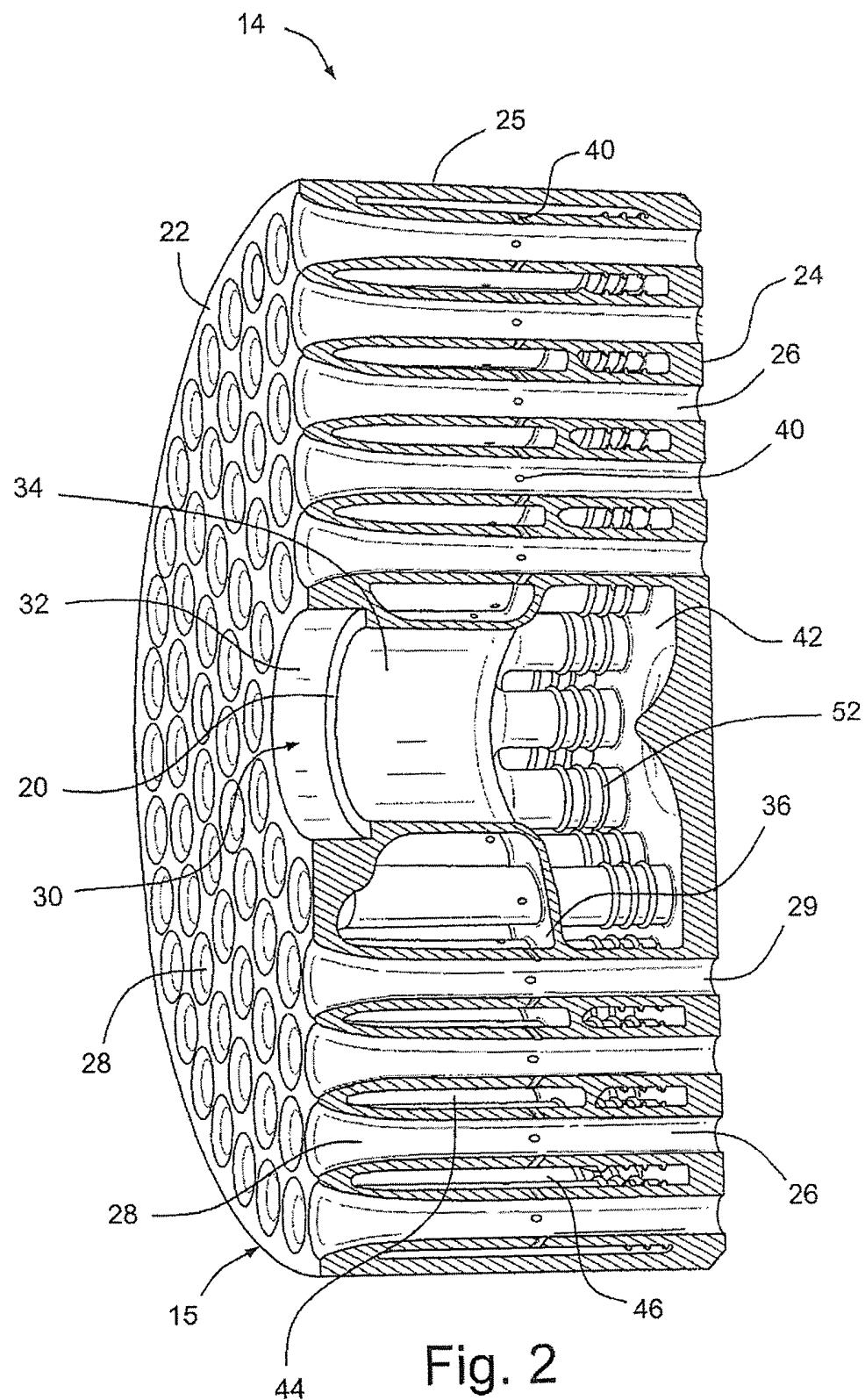
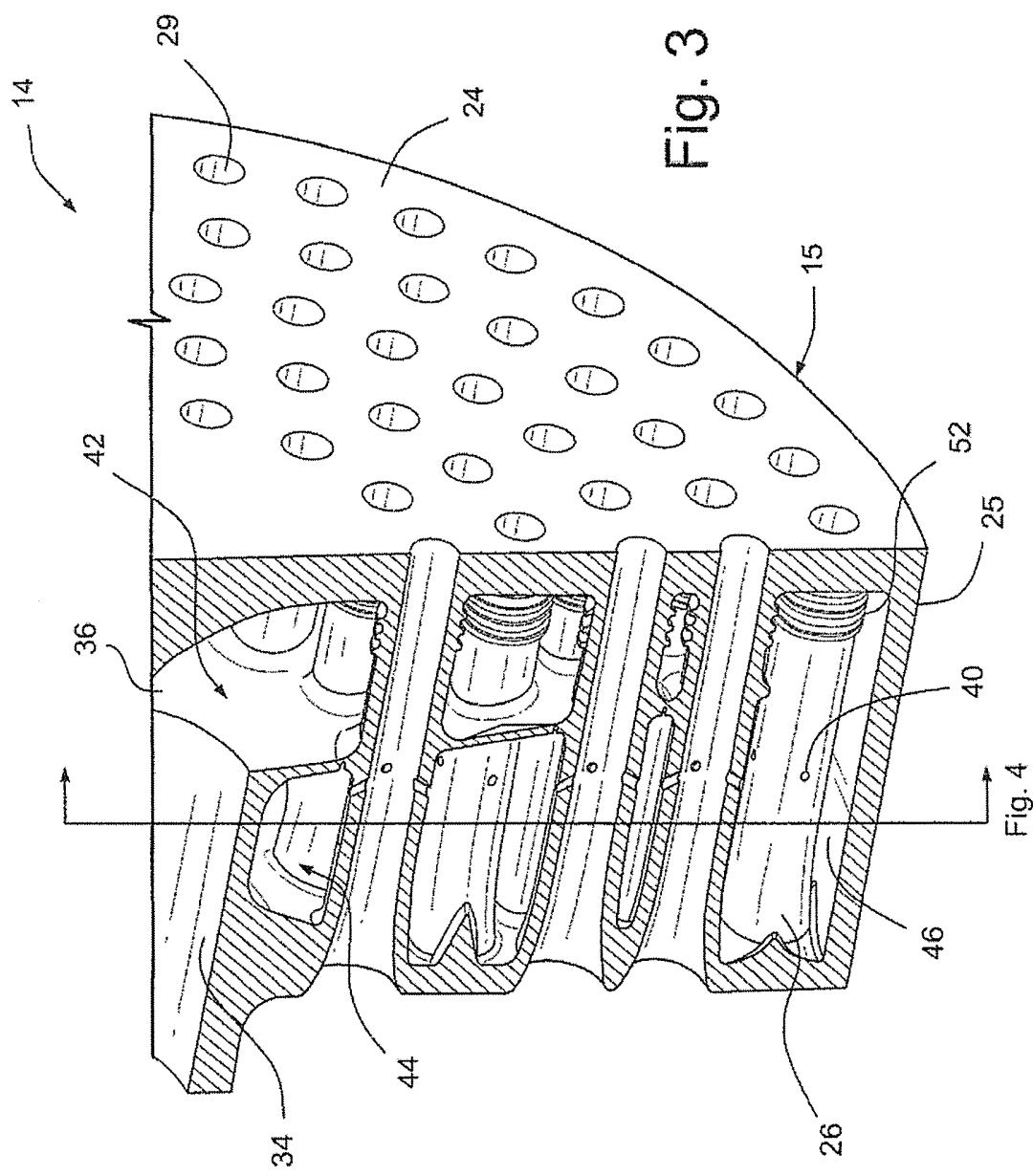


Fig. 2



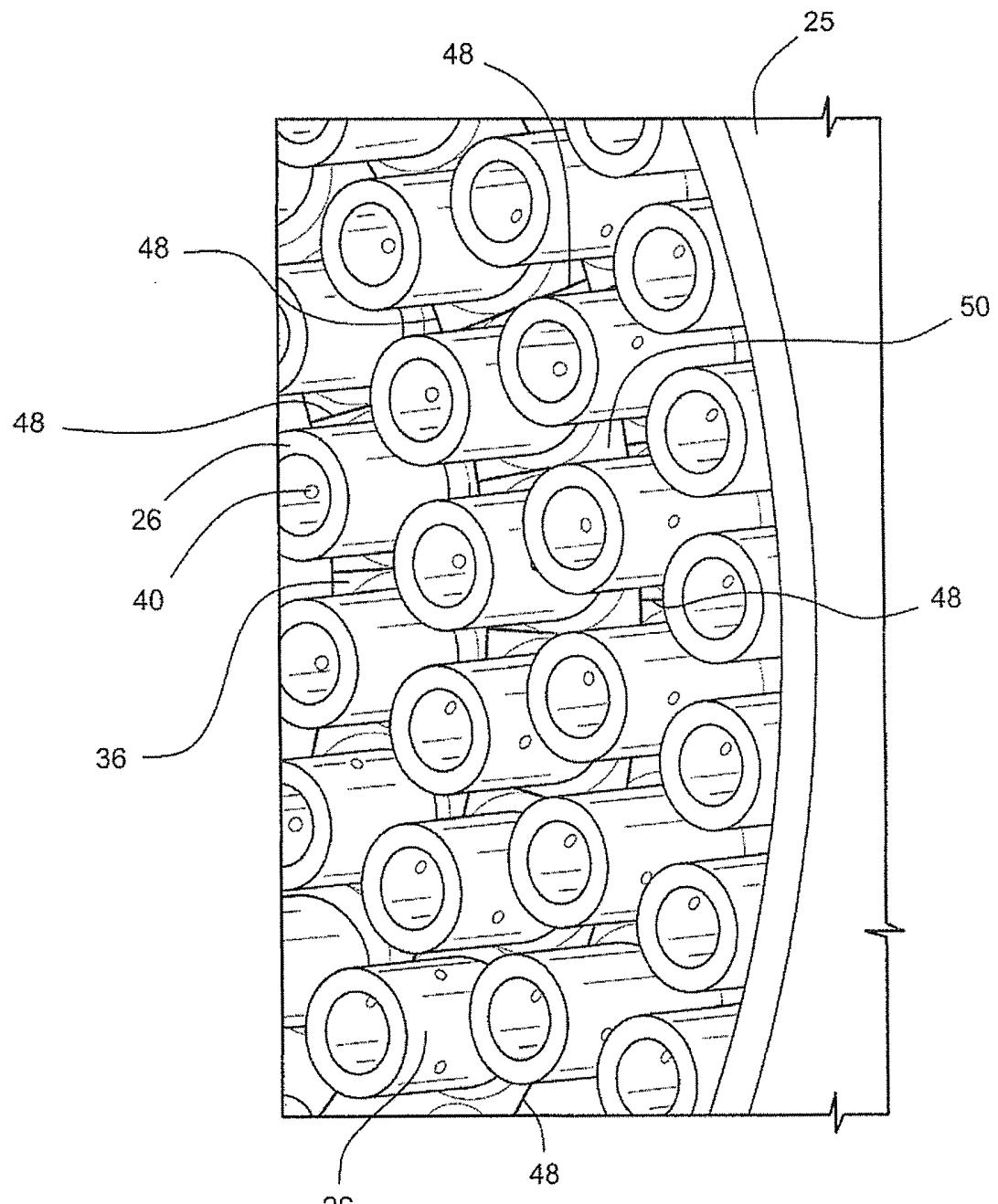


Fig. 4

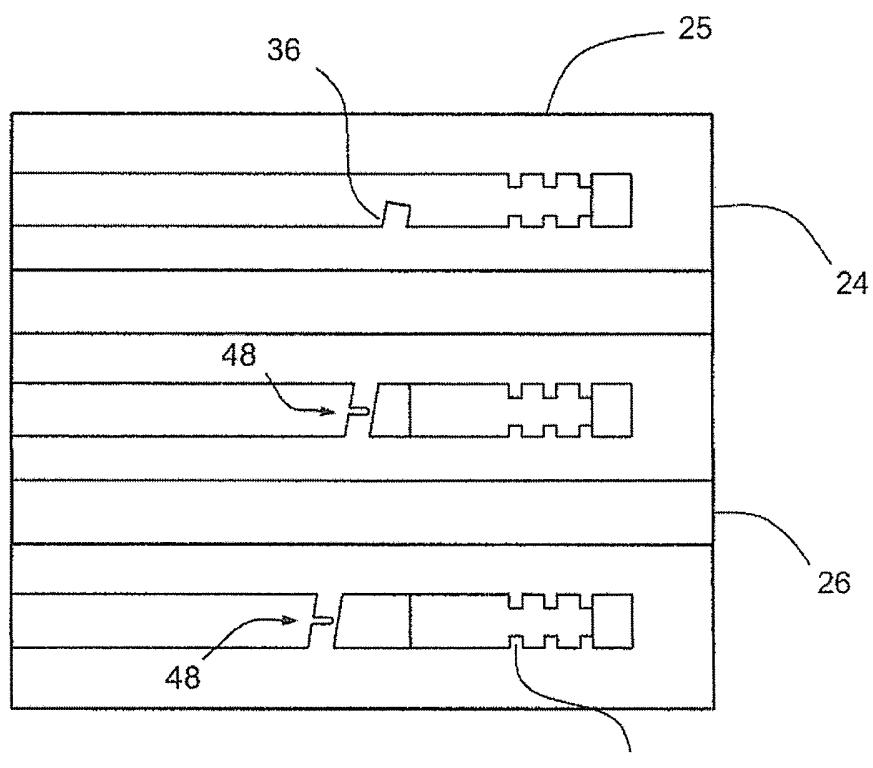


Fig. 5

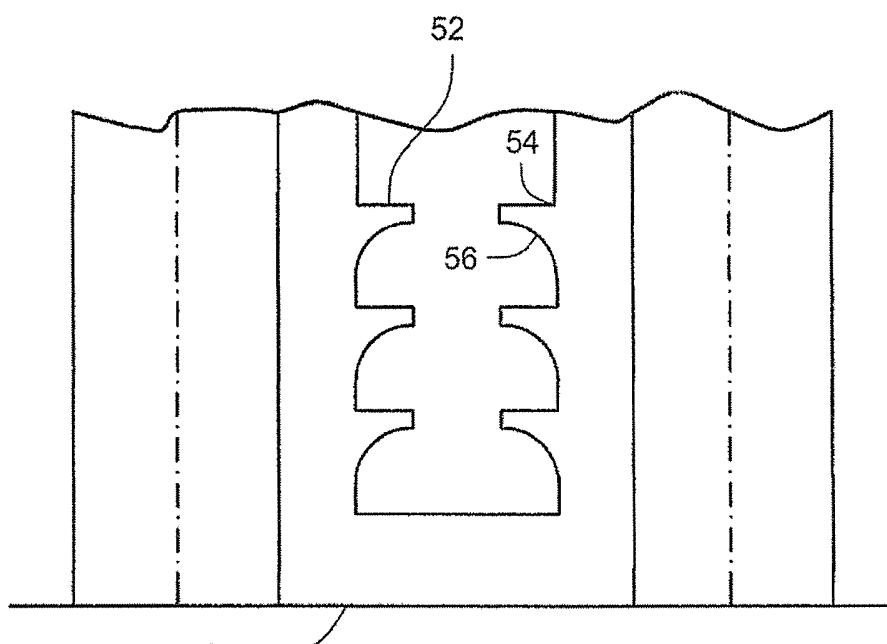


Fig. 6