



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.04.1996 Patentblatt 1996/14

(51) Int. Cl.⁶: F02M 61/18, F02M 51/06,
F02M 69/08

(21) Anmeldenummer: 95114025.0

(22) Anmeldetag: 07.09.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: 01.10.1994 DE 4435270

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH
D-70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

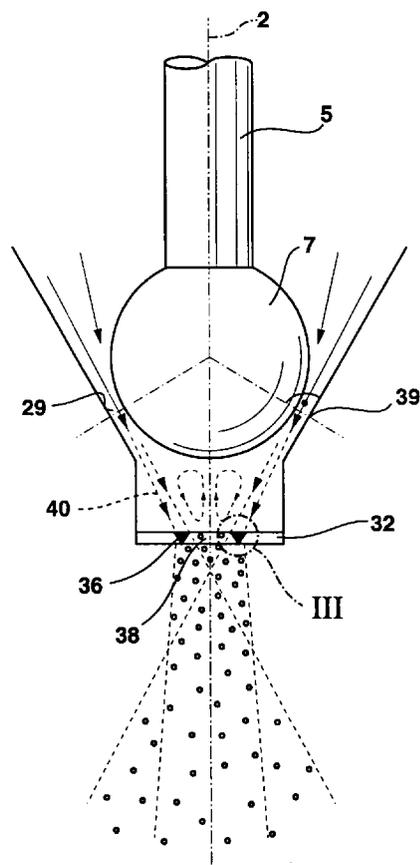
- Taubitz, Bernd
D-71701 Schwieberdingen (DE)
- Mettner, Michael, Dipl.-Ing.
D-71640 Ludwigsburg (DE)
- Nguyen-Schaefer, Thanh-Hung, Dipl.-Ing.
D-71679 Asperg (DE)

(54) **Brennstoffeinspritzvorrichtung**

(57) Die neue Brennstoffeinspritzvorrichtung weist ein Einspritzventil auf, an dem ein Zerstäubungsgitter (32) angeordnet ist. Das Zerstäubungsgitter (32) zeichnet sich durch seine eine völlig neuartige Geometrie aufweisende Zerstäuberstruktur (36) aus. Das stromabwärts einer Ventilsitzfläche (29) angeordnete scheibenförmige Zerstäubungsgitter (32) ist nämlich mit einer Zerstäuberstruktur (36) ausgestattet, die in axialer Richtung, also über die Dicke des Zerstäubungsgitters (32), zumindest teilweise Querschnittsveränderungen aufweist. Durch diese Geometrie des Zerstäubungsgitters (32) wird der Brennstoff ohne Hilfsenergie besonders fein in kleinste Tröpfchen zerstäubt.

Die Brennstoffeinspritzvorrichtung eignet sich besonders für den Einsatz in Brennstoffeinspritzanlagen von gemischverdichtenden fremdgezündeten Brennkraftmaschinen.

Fig. 2



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Brennstoffeinspritzvorrichtung nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist bereits aus der EP-OS 0 302 660 ein Brennstoffeinspritzventil bekannt, an dessen stromabwärtigem Ende ein Adapter vorgesehen ist, in den aus einer Austrittsöffnung kommender Brennstoff gelangt, der wiederum am stromabwärtigen Ende des Adapters auf eine ebene, Maschen aufweisende Metallscheibe zum Aufbrechen des Brennstoffs trifft. Die Metallscheibe ist dabei so angeordnet, daß ein Luftstrom über Löcher in dem Adapter dafür sorgt, daß an der Metallscheibe hängenbleibende Brennstofftropfen weggerissen werden. Eine bessere Zerstäubungsgüte wird also erst dann erreicht, wenn der Brennstoff nahe der Metallscheibe von einem Luftstrom umfaßt wird, durch den aber eine genaue Abspritzgeometrie nicht erreicht werden kann. Die quadratischen Maschen der Metallscheibe sind aufgrund des gleichmäßigen Geflechts gleich groß und bilden ein in alle Richtungen symmetrisches, kariertes Muster. Das Geflecht der Metallscheibe ist also gitterförmig ausgebildet, wobei das Geflecht in axialer Richtung keine Querschnittsveränderungen aufweist. Es sind somit keine speziellen Zerstäuberanten vorgesehen.

Außerdem ist schon aus der DE-OS 27 23 280 bekannt, an einem Brennstoffeinspritzventil stromabwärts einer Dosieröffnung ein Brennstoffaufbrechglied in der Form einer ebenen dünnen Scheibe auszuführen, die eine Vielzahl von gebogenen schmalen Schlitzen aufweist. Die bogenförmigen Schlitze, die durch Ätzen in der Scheibe eingebracht sind, sorgen mit ihrer Geometrie, also mit ihrer radialen Breite und ihrer Bogenlänge, dafür, daß ein Brennstoffschleier gebildet wird, der in kleine Tröpfchen aufbricht. Der Ätzvorgang zur Herstellung der Schlitze ist dabei kostenintensiv. Außerdem müssen die einzelnen Schlitzgruppen sehr exakt zueinander eingebracht werden, um das Aufbrechen des Brennstoffs in gewünschter Weise zu erreichen. Über die gesamte axiale Erstreckung des Aufbrechgliedes weisen die bogenförmigen Schlitze jeweils eine konstante Öffnungsweite auf. Die Zerstäubung soll also durch die horizontale, radial ausgebildete Geometrie der Schlitze in der Ebene des Aufbrechgliedes verbessert werden.

Aus der Literatur, beispielsweise aus Heuberger: "Mikromechanik", Springer-Verlag 1989, Seite 236 ff. und aus Reichl: "Micro System Technologies 90", Springer-Verlag 1990, Seite 521 ff. ist bereits das sogenannte LIGA-Verfahren zur Herstellung mikromechanischer Bauelemente bekannt. Dieses Verfahren umfaßt die Schritte Lithographie, Galvanoformung und Abformung. Einfach lassen sich so äußerst genaue Mikrostrukturen in sehr guter Qualität und großen Stückzahlen herstellen. Im Gegensatz zu beispielsweise Erodierverfahren läßt sich mit dem LIGA-Verfahren eine ungleich größere Geometrievielfalt fertigen.

Bekannt ist aus der WO 92/13188 bereits eine Vorrichtung zur Verbesserung der Brennstoffzerstäubung durch Zuführen von Luft in den flüssigen Brennstoff noch vor einer Einspritzdüse. Das Zuführen der Luft erfolgt dabei ansaugseitig über eine Luftstrahlpumpe bei Unterdruck in eine Brennstoffpumpe. Die Einblasung der Luft wird über eine einzige Bohrung in den Brennstoffströmungsweg hinein vorgenommen, so daß der Brennstoff immer nur an einer Stelle mit einströmenden Luftblasen angereichert wird.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzvorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat den Vorteil, daß mit geringem Kostenaufwand ein Zerstäubungsgitter an einem Brennstoffeinspritzventil vorgesehen sein kann, das ohne jegliche Hilfsenergie zu einer deutlichen Verbesserung der Zerstäubungsgüte beiträgt, da der auf das Zerstäubungsgitter treffende Brennstoff besonders fein in kleinste Tröpfchen zerstäubt wird, die einen reduzierten sogenannten Sauter Mean Diameter (SMD) aufweisen, also einen verringerten mittleren Tropfendurchmesser des abgespritzten Brennstoffs. Als Konsequenz können u.a. die Abgasemission einer Brennkraftmaschine weiter reduziert und ebenso eine Verringerung des Brennstoffverbrauchs erzielt werden.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß das Zerstäubungsgitter für die Einspritzung von Brennstoffen völlig neuartige Zerstäuberstrukturen aufweist, die sich besonders durch eine einfach und sehr variabel herstellbare, in der Geometrie jedoch komplizierte Anordnung von Zerstäuberstegen mit Zerstäuberanten auszeichnet. Die Zerstäuberstege bzw. die gesamte Zerstäuberstruktur weisen bzw. weist dabei nicht nur horizontal, also radial verlaufend neue Geometrien auf, sondern besitzen auch in axialer Erstreckung, also über die Dicke des Zerstäubungsgitters Querschnittsveränderungen, die eine optimale Zerstäubung des Brennstoffs ermöglichen. Der Brennstoff trifft auf die scharfkantigen Zerstäuberstrukturen mit ihren zum Ventilschließkörper zugewandten Zerstäuberanten, wird dadurch instabil und zerfällt in feinere Tröpfchen. Stromabwärts der Zerstäuberanten kommt es aufgrund der Geometrie der Zerstäuberstruktur, speziell wegen der Querschnittsverkleinerung der Zerstäuberstege, zu lokalen Kavitationen, also Unterdruckbereichen. Das Aufprallen des Brennstoffs auf die Zerstäuberstruktur hat ebenfalls zur Folge, daß in dem zerstäubten Brennstoff stromabwärts der Zerstäuberanten Wirbel und Rückströmungen auftreten, wobei diese Turbulenzen besonders die Zerstäubungsgüte erhöhen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Brennstoffeinspritzvorrichtung möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, die Zerstäubungsgitter mittels der sogenannten LIGA- bzw. MIGA-Verfahren zu

fertigen. Mit hoher Formgenauigkeit sind so große Stückzahlen von Zerstäubungsgittern mit sehr geringen Abmessungen der Zerstäuberstrukturen herstellbar. Das Zerstäubungsgitter kann entweder stromabwärts einer Spritzlochscheibe oder direkt stromabwärts einer Ventilsitzfläche ohne zusätzliche Spritzlochscheibe sehr einfach am Einspritzventil beispielsweise mittels Klebens, Lötens, Schweißens oder Einrastens befestigt werden. Wenn eine Spritzlochscheibe dem Zerstäubungsgitter vorgeschaltet ist, findet an dem Zerstäubungsgitter eine sogenannte sekundäre Zerstäubung statt.

Von Vorteil kann es sein, zur Zerstäubungsverbesserung des Brennstoffs eine zusätzliche Gaseinblasvorrichtung vorzusehen. Noch vor dem Erreichen des Brennstoffeinspritzventils wird in den Brennstoff mit dieser Vorrichtung ein Gas eingeblasen. In vorteilhafter Weise erfolgt die Gaszufuhr über ein Einblasgitter mit einer Vielzahl von Öffnungen. Auch das Einblasgitter läßt sich sehr gut mittels LIGA-Verfahren herstellen. Zur Gewinnung des gewünschten Brennstoffdruckes wird direkt nach der Gaseinblasung das Gemisch aus Brennstoff und Gasblasen abgebremst, indem der Querschnitt für die Brennstoffströmung wieder vergrößert wird. Bei zunehmendem Druck werden die Gasblasen im Gemisch komprimiert. Bis zu einer bestimmten Gaskonzentration im Gemisch herrscht noch eine Blasenströmung (bubbly flows) im Einspritzventil. Unmittelbar stromabwärts einer Dichtkante des Einspritzventils entspannen sich bei der Einspritzung die Gasblasen schlagartig und sorgen somit für eine feine Zerstäubung des Brennstoffs. Die scharfkantige Zerstäuberstruktur sorgt dann unmittelbar nachfolgend für eine weitere Zerstäubungsverbesserung entsprechend der bereits erwähnten Vorgänge.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 ein teilweise dargestelltes Einspritzventil mit erfindungsgemäßen Zerstäubungsgittern, Figur 2 einen vereinfachten Zerstäubungsbereich mit einem Zerstäubungsgitter, Figur 3 eine Vergrößerung der Zerstäuberstruktur aus Figur 2, Figur 4 bis Figur 9 Beispiele für Zerstäuberstrukturen mit dreieckförmigen, rauten- bzw. drachenviereckförmigen und zumindest teilweise gekrümmte Begrenzungen aufweisenden Querschnitten, Figur 10 ein Zerstäubungsgitter mit viereckförmiger Grundstruktur, Figur 11 ein Zerstäubungsgitter mit kreisförmiger Grundstruktur, Figur 12 ein Zerstäubungsgitter mit sechseckförmiger Grundstruktur, Figur 13 ein Zerstäubungsgitter mit dreieckförmiger Grundstruktur, Figur 14 eine schematische Darstellung der Brennstoffeinspritzvorrichtung mit einer Gaseinblasvorrichtung, Figur 15 ein Ausführungsbeispiel einer Gaseinblasvorrichtung und Figur 16 ein Einblasgitter für eine Gaseinblasvorrichtung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In der Figur 1 ist als ein Ausführungsbeispiel ein Ventil in der Form eines Einspritzventils für Brennstoffeinspritzanlagen von gemischverdichtenden fremdgezündeten Brennkraftmaschinen teilweise dargestellt. Das Einspritzventil hat einen rohrförmigen Ventilsitzträger 1, in dem konzentrisch zu einer Ventillängsachse 2 eine Längsöffnung 3 ausgebildet ist. In der Längsöffnung 3 ist eine z. B. rohrförmige Ventilnadel 5 angeordnet, die an ihrem stromabwärtigen Ende 6 mit einem z. B. kugelförmigen Ventilschließkörper 7, an dessen Umfang beispielsweise fünf Abflachungen 8 vorgesehen sind, verbunden ist.

Die Betätigung des Einspritzventils erfolgt in bekannter Weise, beispielsweise elektromagnetisch. Zur axialen Bewegung der Ventilnadel 5 und damit zum Öffnen entgegen der Federkraft einer nicht dargestellten Rückstellfeder bzw. Schließen des Einspritzventils dient ein angedeuteter elektromagnetischer Kreis mit einer Magnetspule 10, einem Anker 11 und einem Kern 12. Der Anker 11 ist mit dem dem Ventilschließkörper 7 abgewandten Ende der Ventilnadel 5 durch z. B. eine Schweißnaht mittels eines Lasers verbunden und auf den Kern 12 ausgerichtet.

Zur Führung des Ventilschließkörpers 7 während der Axialbewegung dient eine Führungsöffnung 15 eines Ventilsitzkörpers 16. In das stromabwärts liegende, dem Kern 12 abgewandte Ende des Ventilsitzträgers 1 ist in der konzentrisch zur Ventillängsachse 2 verlaufenden Längsöffnung 3 der zylinderförmige Ventilsitzkörper 16 durch Schweißen dicht montiert. An seiner dem Ventilschließkörper 7 abgewandten, unteren Stirnseite 17 ist der Ventilsitzkörper 16 mit einer beispielsweise topfförmig ausgebildeten Spritzlochscheibe 21 konzentrisch und fest verbunden, die also unmittelbar an dem Ventilsitzkörper 16 anliegt.

Die Verbindung von Ventilsitzkörper 16 und Spritzlochscheibe 21 erfolgt beispielsweise durch eine umlaufende und dichte, mittels eines Lasers ausgebildete erste Schweißnaht 22. Durch diese Art der Montage ist die Gefahr einer unerwünschten Verformung der Spritzlochscheibe 21 in ihrem zentralen Bereich 24, in dem sich wenigstens eine, beispielsweise vier durch Stanzen oder Erodieren ausgeformte Abspritzlöcher 25 befinden, vermieden. Die Spritzlochscheibe 21 ist des Weiteren mit der Wandung der Längsöffnung 3 im Ventilsitzträger 1 beispielsweise durch eine umlaufende und dichte zweite Schweißnaht 30 verbunden.

Die Einschubtiefe des aus Ventilsitzkörper 16 und topfförmiger Spritzlochscheibe 21 bestehenden Ventilsitzteils in die Längsöffnung 3 bestimmt die Größe des Hubs der Ventilnadel 5, da die eine Endstellung der Ventilnadel 5 bei nicht erregter Magnetspule 10 durch die Anlage des Ventilschließkörpers 7 an einer Ventilsitzfläche 29 des Ventilsitzkörpers 16 festgelegt ist. Die andere Endstellung der Ventilnadel 5 wird bei erregter Magnetspule 10 beispielsweise durch die Anlage des Ankers 11 an dem Kern 12 festgelegt. Der Weg zwischen diesen

beiden Endstellungen der Ventilmadel 5 stellt somit den Hub dar.

Der kugelförmige Ventilschließkörper 7 wirkt mit der sich in Strömungsrichtung kegelstumpfförmig verjüngenden Ventilsitzfläche 29 des Ventilsitzkörpers 16 zusammen, die in axialer Richtung zwischen der Führungsöffnung 15 und der unteren Stirnseite 17 des Ventilsitzkörpers 16 ausgebildet ist.

Stromabwärts der Spritzlochscheibe 21 ist in der Längsöffnung 3 des Ventilsitzträgers 1 ein erfindungsgemäßes Zerstäubungsgitter 32 angeordnet. Das Zerstäubungsgitter 32 stellt eine dünne Scheibe dar, die mit dem Ventilsitzträger 1 beispielsweise mittels Klebens fest verbunden ist. Der Bereich der Befestigung des Zerstäubungsgitters 32 ist in der Figur 1 nur beispielhaft und schematisch dargestellt, da die verschiedensten Verbindungstechniken 33 zum Fixieren des Zerstäubungsgitters 32 zum Einsatz kommen können, wie z. B. Schweißen, Löten oder Einrasten. Alternativ zu dem beispielsweise in der Längsöffnung 3 eingeklebten Zerstäubungsgitter 32 ist in der Figur 1 noch ein zweites Zerstäubungsgitter 32 dargestellt, das in Umfangsrichtung von einem umlaufenden Klemmring 34 begrenzt wird. In dem Klemmring 34 ist das Zerstäubungsgitter 32 eingeklemmt, eingespannt oder umgossen. Der Klemmring 34 ermöglicht eine sehr einfache Montage des Zerstäubungsgitters 32, da das Zerstäubungsgitter 32 mit dem Klemmring 34 in einem Verfahrensschritt zwischen dem stromabwärtigen Ende des Ventilsitzträgers 1 und einer den stromabwärtigen Abschluß des Einspritzventils bildenden Schutzkappe 35 eingespannt werden kann. Die Montage kann beispielsweise so erfolgen, daß das Zerstäubungsgitter 32 bereits in die Schutzkappe 35 eingelegt und dann zusammen mit der Schutzkappe 35 am Ventilsitzträger 1 befestigt wird, indem die Schutzkappe 35 und der Ventilsitzträger 1 eine Rastverbindung eingehen. Weitere hier nicht beschriebene, aber durchaus übliche Fügeverfahren 33, wie Schweißen oder Löten, sind ebenfalls zur Befestigung des Zerstäubungsgitters 32 denkbar. Die Verbindungstechniken 33 spielen jedoch nur eine untergeordnete Rolle, da Zerstäuberstrukturen 36 in mittleren Bereichen 37 der erfindungsgemäßen Zerstäubungsgitter 32 entscheidend für eine gewünschte hervorragende Zerstäubungsqualität des Brennstoffs sind.

Die beispielsweise vier Abspritzlöcher 25 der Spritzlochscheibe 21 befinden sich z. B. symmetrisch um die Ventillängsachse 2 in Form von Eckpunkten eines Quadrates verteilt und besitzen damit jeweils den gleichen Abstand zueinander und zur Ventillängsachse 2. Die aus den Abspritzlöchern 25 austretenden Brennstoffstrahlen kollidieren stromabwärts der Spritzlochscheibe 21 mit den Zerstäuberstrukturen 36 des Zerstäubungsgitters 32. Das Kollidieren bzw. Aufprallen und Umströmen des Brennstoffs an den erfindungsgemäßen Zerstäuberstrukturen 36 stellt eine besonders wirksame Aufbereitungsart dar, bei der eine Zerstäubung in besonders kleine Tröpfchen erfolgt und die nachfolgend näher erläutert wird. An dem Zerstäubungsgitter 32 findet also

eine sogenannte sekundäre Zerstäubung statt, durch die die Brennstofftröpfchen in ihrer Größe weiter reduziert werden. Die Anordnung der Spritzlochscheibe 21 ist keinesfalls Bedingung für das optimale Wirken des Zerstäubungsgitters 32; vielmehr erweist sich die Zerstäuberanordnung ohne Spritzlochscheibe 21 stromabwärts der Ventilsitzfläche 29 im Einspritzventil als besonders wirksam.

Um das Aufbereitungsprinzip näher zu erläutern, zeigt die Figur 2 vereinfacht den Abspritzbereich des Einspritzventils, besonders die Bereiche um die Ventilsitzfläche 29 und das Zerstäubungsgitter 32 herum. Eine Spritzlochscheibe 21 ist dabei nicht vorgesehen. Der bei von der Ventilsitzfläche 29 abgehobenem Ventilschließkörper 7 in Richtung Zerstäubungsgitter 32 abgegebene Brennstoff trifft also unmittelbar ohne Beeinflussung einer Spritzlochscheibe 21 auf die Zerstäuberstruktur 36.

Mit dem erfindungsgemäßen Zerstäubungsgitter 32 soll besonders die Zerstäubungsqualität des Brennstoffs ohne zusätzliche Hilfsenergie verbessert werden, wobei insbesondere die neuen Geometrien der Zerstäuberstruktur 36 dazu beitragen. Bisher ist es bei Einspritzventilen üblich, die Zerstäubung des Brennstoffs unter anderem mittels Spritzlochscheiben 21 vorzunehmen. Der Druckabfall an der Spritzlochscheibe 21 beträgt dabei ca. 90 % der Druckdifferenz zwischen dem Einspritzventil und einem nicht dargestellten Saugrohr der Brennkraftmaschine. Die Druckenergie wird infolge viskoser Reibung und turbulenter Dissipation in Wärmeenergie und außerdem in kinetische Energie umgewandelt. In den Abspritzlöchern 25 der Spritzlochscheibe 21 nimmt die Geschwindigkeit des Brennstoffs aufgrund der Querschnittsverengung deutlich zu, die ein Faktor für die Zerstäubungsgüte des Brennstoffs ist. Durch den Kontakt mit den scharfkantigen Rändern der Abspritzlöcher 25 werden aufgrund der Störung der Oberfläche des Fluids, hier des Brennstoffs, und der Entstehung von lokaler Kavitation die Brennstoffstrahlen stromabwärts der Spritzlochscheibe 21 instabil und turbulent.

Für eine gute Zerstäubung des Brennstoffs ist eine Turbulenz des Fluidstrahls erforderlich, die sich in einer großen Reynoldsen Zahl ausdrückt. Zur Realisierung der Turbulenz des Brennstoffstrahls bietet sich z. B. die erfindungsgemäße Zerstäuberstruktur 36 mit ihrer besonderen Geometrie an. In der Figur 2 sind die Zerstäuberstruktur 36 und die Fluidbewegungen schematisch dargestellt. Der Druckabfall an dem Zerstäubungsgitter 32 ist aufgrund relativ großer, quer zur Ventillängsachse 2 verlaufender Querschnittsflächen von Durchströmbereichen 38 zwischen den Zerstäuberstrukturen 36 wesentlich geringer als der Druckabfall an der Spritzlochscheibe 21. Deshalb verlagert sich ein großer Teil des Gesamtdruckabfalls im Einspritzventil an eine Dichtkante 39, die an der Ventilsitzfläche 29 genau dort gebildet ist, wo der Ventilschließkörper 7 im geschlossenen Zustand des Einspritzventils weitgehend mit einer Linienberührung an der Ventilsitzfläche 29 anliegt. Infolgedessen ist die

Anströmgeschwindigkeit des Fluidstrahles 40 stromaufwärts des Zerstäubungsgitters 32 höher als im Fall einer folgenden Spritzlochscheibe 21, so daß eine qualitativ hochwertige Zerstäubung an der Zerstäuberstruktur 36 möglich ist.

In der Figur 3 ist noch einmal ein Teilbereich des Zerstäubungsgitters 32 vergrößert dargestellt, wobei das dreieckförmige Gitterprofil im Querschnitt besonders deutlich wird. Das Zerstäubungsgitter 32 besitzt z. B. eine solche dreieckförmige Zerstäuberstruktur 36, daß eine ebene Fläche 41 mit einer inneren und äußeren Zerstäuberseite 42 zum Ventilschließkörper 7 hin zeigt, während eine Dreieckspitze 43 vom Ventilschließkörper 7 abgewandt ausgebildet ist. Der Zerstäubungsvorgang des Brennstoffs ist anhand der Figur 3 erkennbar. Der Fluidstrahl 40 mit einer großen Anströmgeschwindigkeit, die durch einen Pfeil 45 angedeutet ist, wird zunächst durch die Anströmung an der scharfkantigen Zerstäuberstruktur 36, speziell an den Zerstäuberseiten 42 instabil und zerfällt danach in feine Tröpfchen. Von den Zerstäuberseiten 42 aus verlaufende Stromlinien 47 verdeutlichen die Instabilität des Brennstoffs. Stromabwärts der Zerstäuberseiten 42 kommt es aufgrund der dreieckigen Geometrie der Zerstäuberstruktur 36 zu lokalen Kavitationen 48, also Unterdruckbereichen. Das Aufprallen des Brennstoffs auf die Zerstäuberstruktur 36 hat ebenfalls zur Folge, daß in dem zerstäubten Brennstoff stromabwärts der Zerstäuberseiten 42 Wirbel bzw. Rückströmungen 49 auftreten. Die Zerstäubung des Brennstoffs wird zudem durch aerodynamische Kräfte der Umgebungsluft verbessert. Als Resultat liegt ein aus kleinsten Tröpfchen gebildeter feiner Brennstoffnebel vor, wobei sich die Brennstofftröpfchen durch einen deutlich reduzierten sogenannten Sauter Mean Diameter (SMD), also einen verringerten mittleren Tropfendurchmesser des abgespritzten Brennstoffs, auszeichnen.

Ziel dieser Aufbereitungsart ist es, besonders fein zerstäubten Brennstoff in Form kleinster Tröpfchen aus dem Einspritzventil abzuspritzen, um beispielsweise sehr geringe Abgasemissionen der Brennkraftmaschine zu erreichen und den Brennstoffverbrauch zu senken. Mit dem Zerstäubungsgitter 32 kann genau diese Forderung in besonders vorteilhafter Weise erfüllt werden. Durch das Aufreißen des Brennstoffs am Zerstäubungsgitter 32 entsteht nämlich stromabwärts des Zerstäubungsgitters 32 der eben beschriebene feine Tröpfchennebel. Diese besonders kleinen, den Tröpfchennebel bildenden Brennstofftröpfchen besitzen nun eine wesentlich größere Oberfläche als die Brennstoffstrahlen vor dem Auftreffen auf dem Zerstäubungsgitter 32, die wiederum für eine gute Zerstäubung ein Indiz ist. Man kann auch davon sprechen, daß stromabwärts des Zerstäubungsgitters 32 ein Brennstoffspray gebildet wird. Diese soeben beschriebene Wirkungsweise zeichnet auch alle nachfolgend aufgeführten Ausführungsbeispiele der Zerstäuberstrukturen 36 aus.

In den Figuren 4 bis 9 sind einige vorteilhafte und einfach herstellbare Zerstäuberstrukturen 36 im Quer-

schnitt dargestellt, die in Zerstäubungsgittern 32 für Einspritzventile einsetzbar sind. Die Winkel der Brennstoffsprays können durch die unterschiedlichen Geometrien der Zerstäuberstrukturen 36 variiert werden. Die Figuren 4 und 5 zeigen dreieckförmige Zerstäuberstrukturen 36, die sich durch ihre Winkel voneinander unterscheiden. An der vom Ventilschließkörper 7 abgewandten Dreieckspitze 43 liegt beispielsweise einmal ein spitzer Winkel (Figur 4) und bei dem Ausführungsbeispiel in Figur 5 ein stumpfer Winkel vor. Weitere Ausführungsbeispiele für Zerstäuberstrukturen 36 sind in den Figuren 6 und 7 dargestellt, wobei die Zerstäuberstrukturen 36 hier einen rauten- bzw. drachenviereckförmigen Querschnitt aufweisen. Der Brennstoff trifft bei diesen Zerstäuberstrukturen 36 nicht auf eine senkrecht zur Ventillängsachse 2 verlaufende ebene Fläche 41, sondern auf zwei schräg zur Ventillängsachse 2 verlaufende Flächen 44, die neben den zwei Zerstäuberseiten 42 noch eine weitere zum Ventilschließkörper 7 hin gerichtete Aufreißkante 50 besitzen, die genau zwischen den beiden schrägen Flächen 44 liegt. Die Ausführungsbeispiele in den Figuren 8 und 9 weisen jeweils eine ebene Fläche 41 und eine gekrümmte Fläche 46 auf, wobei die gekrümmte, dem Ventilschließkörper 7 abgewandte Fläche 46 sowohl mit einem konstanten als auch mit einem variablen Radius ausgeformt sein kann. Die Übergänge von der ebenen Fläche 41 zu der gekrümmten Fläche 46 stellen jeweils die zwei Zerstäuberseiten 42 dar.

Die Figuren 10 bis 13 zeigen einige Ausführungsbeispiele von Zerstäubungsgittern 32 in ihrer Draufsicht und verdeutlichen damit die Anordnung der Zerstäuberstrukturen 36 auch in radialer Erstreckung. Die kreisförmigen Zerstäubungsgitter 32 weisen jeweils eine äußere kreisringförmige Randzone 52 auf, die damit in Umfangsrichtung den mittleren Bereich 37 mit der Zerstäuberstruktur 36 und den sich dazwischen ergebenden Durchströmbereichen 38 vollständig umgibt. Die Zerstäuberstrukturen 36 können sehr variabel hergestellt und auf gewünschte Formen von Brennstoffnebeln abgestimmt werden. So weisen die Zerstäuberstrukturen 36 in ihrer Grundtendenz beispielsweise viereckförmige (Figur 10), kreisförmige (Figur 11), sechseckförmige (Figur 12) oder dreieckförmige (Figur 13) Geometrien auf. Neben dieser Grundstruktur 53 im Zerstäubungsgitter 32 sind in den Zerstäuberstrukturen 36 weitere meist durch einen Mittelpunkt 54 der Zerstäubungsgitter 32 verlaufende und von der Randzone 52 ausgehende Zerstäuberstege 55 vorgesehen. Diese Zerstäuberstege 55 kreuzen entsprechend der Ausbildung der Grundstruktur 53 der Zerstäuberstruktur 36 diese unter verschiedenen Winkeln. So verlaufen die Zerstäuberstege 55 bei der kreisförmigen Grundstruktur 53 (Figur 11) beispielsweise unter rechten Winkeln zueinander von der Randzone 52 zum Mittelpunkt 54, während die Zerstäuberstege 55 bei der sechseckförmigen Grundstruktur 53 (Figur 12) jeweils einen Winkel von 60° einschließen. In der dreieckförmigen Grundstruktur 53 (Figur 13) sind die Zerstäuberstege 55 z. B. unter einem Winkel von jeweils 120° eingebracht und verlau-

fen vollständig innerhalb der dreieckförmigen Grundstruktur 53, da diese ebenfalls von der Randzone 52 ausgehend ausgebildet ist.

Im Gegensatz dazu sind die kreisförmige, die viereckförmige bzw. die sechseckförmige Grundstruktur 53 mit radialem Abstand von der Randzone 52 im Inneren des Zerstäubungsgitters 32 ausgeformt. Da die Zerstäuberstege 55 von der Randzone 52 zum Mittelpunkt 54 verlaufen und dabei die Grundstruktur 53 kreuzen, ergeben sich sowohl zwischen der Randzone 52 und der Grundstruktur 53 als auch zwischen der Grundstruktur 53 und dem Mittelpunkt 54 Durchströmbereiche 38. In der Zerstäuberstruktur 36 mit der sechseckförmigen Grundstruktur 53 werden durch die Zerstäuberstege 55 folglich sechs äußere und sechs innere Durchströmbereiche 38 gebildet. Die Zerstäuberstruktur 36 mit der viereckförmigen Grundstruktur 53 ist z. B. so ausgebildet, daß die das Viereck bildenden Zerstäuberstege 55 jeweils bis zur Randzone 52 verlaufen, während innerhalb der viereckförmigen Grundstruktur 53 in Form eines Kreuzes Zerstäuberstege 55 angeordnet sind, wodurch vier Durchströmbereiche 38 innerhalb der Grundstruktur 53 entstehen. Zwischen der viereckförmigen Grundstruktur 53 und der Randzone 52 ergeben sich aufgrund der Anordnung der Zerstäuberstege 55 z. B. acht Durchströmbereiche 38, wobei jeweils vier Durchströmbereiche 38 eine gleiche Größe aufweisen.

Zur Herstellung der Zerstäubungsgitter 32 als Metallgitter mit diesen Zerstäuberstrukturen 36 werden beispielsweise die sogenannten LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung)- bzw. MIGA (Mikrostrukturierung, Galvanoformung, Abformung)-Verfahren angewandt, die sich besonders zur Herstellung dreidimensionaler Mikrostrukturen eignen. Näher beschrieben ist das LIGA-Verfahren beispielsweise in Heuberger: "Mikromechanik", Springer-Verlag 1989, Seite 236 ff. und in Reichl: "Micro System Technologies 90", Springer-Verlag 1990, Seite 521 ff. In einem ersten Verfahrensschritt wird dabei mittels optischer Lithographie eine Resiststrukturierung vorgenommen. Von einer Maske werden die entsprechenden Strukturen auf die resistbeschichtete Substratoberfläche z. B. mittels Projektionsbelichtung übertragen. Nach der Resistentwicklung liegt ein strukturiertes Resistprofil auf dem Träger vor, das nun weiterverarbeitet werden kann. Da die mikromechanischen Anwendungsmöglichkeiten von Lackprofilen begrenzt sind, bietet sich eine galvanoplastische Abformung der Resiststrukturen an. Als Materialien hierfür kommen alle galvanikfähigen Metalle (z. B. Nickelsulfamat) in Betracht. Die nach der Galvanoformung entstandenen metallischen Strukturen können anschließend mit konventionellen Abformtechniken vervielfältigt werden. Dazu ist zunächst eine Kunststoff-Zwischenform herzustellen, aus der dann z. B. mittels galvanischer Abformung das endgültige Werkstück gefertigt werden kann. Besonders vorteilhaft beim LIGA-Verfahren ist der Fakt, daß eine Vielzahl von Materialien verwendet werden kann, z. B. Metalle, Kunststoffe oder Keramiken, und eine Herstellung großer Stückzahlen gleichzeitig mög-

lich ist. Mit den genannten Verfahren sind problemlos Zerstäuberstrukturen 36 bzw. Zerstäuberstege 55 erzeugbar, die eine größte Breite zwischen $< 50 \mu\text{m}$ und $200 \mu\text{m}$ und eine axiale Erstreckung, also eine Profilhöhe von rund $200 \mu\text{m}$ aufweisen.

Die Zerstäuberstrukturen 36 sind beispielsweise auch mittels Kunststoffspritzgießens erzeugbar. Dafür eignen sich einige gegen Brennstoffe beständige Kunststoffe, insbesondere Polyetheretherketon (PEEK), Polyphenylensulfid (PPS), Epoxidharz (EP) und Phenolharz (PH). Mit dem Spritzgießen sind ebenfalls sehr exakte Strukturen erzielbar, die scharfe Zerstäuberanten 42 aufweisen. Wegen einer erwünschten Eigenstabilität sollten die einzelnen Zerstäuberstege 55 eine Mindestbreite an ihrer breitesten Stelle von $100 \mu\text{m}$ und eine Mindestprofilhöhe von $100 \mu\text{m}$ besitzen. Außerdem können die Zerstäuberstrukturen 36 durchaus mittels bekannter Siliziumtechnologie z. B. durch Ätzen hergestellt werden.

Eine weitere Verbesserung der Zerstäubungsgüte des Brennstoffs ist erreichbar, wenn der Brennstoff mit Gas, beispielsweise mit Luft versetzt wird. Die Figur 14 zeigt eine schematische Darstellung einer Brennstoffeinspritzvorrichtung, bei der eine Gaseinblasvorrichtung 57 einem Einspritzventil mit der erfindungsgemäßen Zerstäuberstruktur 36 vorgeschaltet ist. Die Gaseinblasvorrichtung 57 ist beispielsweise zwischen einem nicht dargestellten Massenstromsensor und dem Einspritzventil angeordnet. Die Gaszufuhr 58 in die Gaseinblasvorrichtung 57 erfolgt beispielsweise senkrecht zur Brennstoffströmungsrichtung.

In der Figur 15 ist ein Ausführungsbeispiel einer Gaseinblasvorrichtung 57 vergrößert gegenüber der Figur 14 nochmals als einzelnes Bauteil schematisch dargestellt. Die Gaseinblasvorrichtung 57 ist dabei so ausgestaltet, daß in einem mittleren Gaseinblasbereich 59 eine deutliche Querschnittsverengung 60 für den Brennstoff vorgesehen ist. In dem Gaseinblasbereich 59 liegt also ein enger Spalt zum Durchströmen des Brennstoffs vor. Die Geschwindigkeit des Brennstoffs nimmt aufgrund der Querschnittsverengung 60 spürbar zu, wobei die in mit einem Systemdruck einströmenden Brennstoff gespeicherte Druckenergie in kinetische Energie umgewandelt wird. In den Brennstoff mit niedrigem Überdruck von beispielsweise $0,5 \text{ bar}$ wird nun das Gas eingeblasen.

Zur Zuführung des Gases, das der verbesserten Aufbereitung und Zerstäubung des Brennstoffs dient, ist an der Gaseinblasvorrichtung 57 ein Einlaßstutzen 61 vorgesehen. Als Gas kann z. B. die durch einen Bypass vor einer Drosselklappe in einem Saugrohr der Brennkraftmaschine abgezweigte Saugluft, durch ein Zusatzgebläse geförderte Luft, aber auch rückgeführtes Abgas der Brennkraftmaschine oder eine Mischung von Luft und Abgas verwendet werden. Die Verwendung rückgeführten Abgases ermöglicht eine Reduzierung der Schadstoffemission der Brennkraftmaschine. Die Zuführung des Gases bis hin zu der Gaseinblasvorrichtung 57 ist nicht näher dargestellt.

Von dem Einlaßstutzen 61 aus tritt das Gas in eine Kammer 63, die zu der Querschnittsverengung 60 hin von einem scheibenförmigen Einblasgitter 64 begrenzt ist. Die Gaseinblasvorrichtung 57 kann auch derart ausgebildet sein, daß über zwei Kammern 63 und zwei Einblasgitter 64 Gas in den Brennstoff einblasbar ist, wobei die Kammern 63 miteinander verbunden sein können oder auch getrennt voneinander mit Gas über verschiedene Einlaßstutzen 61 versorgt werden können. Des weiteren ist es möglich, eine Kammer 63 mit kreisringförmigem Querschnitt und einem sie innen begrenzenden, rohrförmigen Einblasgitter 64 vorzusehen. Anstelle des Einblasgitters 64 können in der Gaseinblasvorrichtung 57 auch mehrere gelochte Röhrchen verwendet werden. Über im Einblasgitter 64 ausgeformte Öffnungen 66 gelangt das Gas direkt in den Brennstoff.

Zur Gewinnung des gewünschten Brennstoffdruckes wird direkt nach der Gaseinblasung das Gemisch aus Brennstoff und Gasblasen 67 abgebremst, indem der Querschnitt für die Brennstoffströmung beispielsweise wieder auf die Größe des Querschnitts beim Eintritt in die Gaseinblasvorrichtung 57 vergrößert wird. Bei zunehmendem Druck werden die Gasblasen 67 im Gemisch komprimiert. Aufgrund der Oberflächenspannung zwischen Gas und Brennstoff ist je nach Blasengröße der Druck in den Gasblasen 67 entsprechend höher als der Gemischdruck. Bis zu einer bestimmten Gaskonzentration im Gemisch herrscht noch eine Blasenströmung (bubbly flows) im Einspritzventil. Unmittelbar stromabwärts der Dichtkante 39 entspannen sich bei der Einspritzung die Gasblasen 67 schlagartig. Der Vorgang wird als Blasenexplosion bezeichnet, die nach den "Shear-Type"-Zerfallmechanismen des Brennstoffs für eine Feinstzerstäubung sorgt. Die scharfkantige Zerstäuberstruktur 36 sorgt dann unmittelbar nachfolgend für eine weitere Verbesserung der Zerstäubungsgüte entsprechend der bereits beschriebenen Vorgänge. Bei Verwendung von Brennstoff mit Gasblasen 67 sollte zwischen der Dichtkante 39 und der Zerstäuberstruktur 36 auf die Spritzlochscheibe 21 verzichtet werden, um eine Blasenverstopfung in den Abspritzlöchern 25 zu vermeiden.

Ein Ausführungsbeispiel des Einblasgitters 64 ist in der Figur 16 dargestellt. Das Einblasgitter 64 stellt dabei einen rechteckigen Grundkörper dar, dessen Kantenlängen z.B. zwischen 1 mm und 5 mm betragen und in dem eine Vielzahl von Öffnungen 66 siebähnlich angeordnet sind, so daß man von einer Löcherfolie sprechen kann. Das bereits beschriebene LIGA-Verfahren kann auch zur Herstellung des Einblasgitters 64 sehr gut verwendet werden. Dabei sind die Einblasgitter 64 in sehr großen Stückzahlen mit hoher Formgenauigkeit herstellbar. Anstelle des in Figur 16 gezeigten Einblasgitters 64 sind auch andere sieb- bzw. gitterförmige Einblasmittel denkbar. Da mit dem LIGA-Verfahren kleinste Strukturen präzise fertigbar sind, ist es jederzeit möglich, das Einblasgitter 64 mit Öffnungen 66, die Durchmesser z. B. zwischen 10 µm und 50 µm aufweisen, vorzusehen.

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzvorrichtung für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, mit einem Brennstoffeinspritzventil, mit einer Ventillängsachse, mit einem Ventilschließkörper, der mit einer Ventilsitzfläche zusammenwirkt, mit wenigstens einer Abspritzöffnung und mit einem stromabwärts der wenigstens einen Abspritzöffnung angeordneten Zerstäubungsgitter, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsgitter (32) mit einer Zerstäuberstruktur (36) ausgestattet ist, die in axialer Richtung, also über die Dicke des Zerstäubungsgitters (32) zumindest teilweise Querschnittsveränderungen aufweist, wobei die Zerstäuberstruktur (36) Durchströmbereiche (38) mit quer zur Ventillängsachse (2) verlaufenden Querschnittsflächen beinhaltet und sich die Querschnittsflächen in axialer Richtung zumindest teilweise ändern.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) des Zerstäubungsgitters (32) in axialer Richtung zumindest teilweise einen dreieckförmigen Querschnitt hat.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die einen dreieckförmigen Querschnitt besitzende Zerstäuberstruktur (36) mit einer ebenen, senkrecht zur Ventillängsachse (2) verlaufenden und dem Ventilschließkörper (7) zugewandten Fläche (41) mit sie begrenzenden Zerstäuberanten (42) ausgebildet ist, während eine Dreieckspitze (43) dem Ventilschließkörper (7) abgewandt vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) des Zerstäubungsgitters (32) in axialer Richtung zumindest teilweise einen viereckförmigen Querschnitt hat.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) den Querschnitt in der Form eines Drachenvierecks besitzt, wobei eine Aufreißkante (50) dem Ventilschließkörper (7) am weitesten zugewandt ausgebildet ist, während weitere Zerstäuberanten (42) erst weiter stromabwärts folgen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) des Zerstäubungsgitters (32) in axialer Richtung einen zumindest teilweise gekrümmten Begrenzungen aufweisenden Querschnitt hat.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die gekrümmten Begrenzungen durch gekrümmte Flächen (46) gebildet sind und die Flächen (46) der Zerstäuberstruktur (36) dem Ventilschließkörper (7) abgewandt verlaufen, während

eine ebene Fläche (41) mit Zerstäuberkannten (42) dem Ventilschließkörper (7) zugewandt ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungsgitter (32) kreisförmig ausgebildet ist, wobei eine kreisringförmige Randzone (52) einen mittleren Bereich (37) mit der Zerstäuberstruktur (36) vollständig umgibt. 5
10
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) in dem mittleren Bereich (37) des Zerstäubungsgitters (32) eine geometrische Grundstruktur (53) besitzt, die zumindest teilweise über Zerstäuberstege (55) mit der Randzone (52) verbunden ist. 15
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) in dem mittleren Bereich (37) des Zerstäubungsgitters (32) eine geometrische Grundstruktur (53) besitzt, die direkt aus der Randzone (52) heraus verläuft. 20
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstege (55), die nicht zu der Grundstruktur (53) gehören, durch einen Mittelpunkt (54) des Zerstäubungsgitters (32) verlaufen. 25
12. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundstruktur (53) die Form eines Vielecks hat. 30
13. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Grundstruktur (53) die Form eines Kreises hat. 35
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäuberstruktur (36) des Zerstäubungsgitters (32) mittels LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung)- bzw. MIGA (Mikrostrukturierung, Galvanoformung, Abformung)-Verfahren, Kunststoffspritzgießen oder Ätzen hergestellt ist. 40
45
15. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Brennstoffeinspritzventil eine Gaseinblasvorrichtung (57) vorgeschaltet ist, mit der Gasblasen (67) in den abzuspritzenden Brennstoff eingblasen werden. 50
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß in der Gaseinblasvorrichtung (57) die unmittelbare Gaszufuhr zum Brennstoff über wenigstens ein Einblasgitter (64) erfolgt, das eine Vielzahl von Öffnungen (66) aufweist. 55

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Einblasgitter (64) mittels LIGA- bzw. MIGA-Verfahren hergestellt ist.

Fig. 2

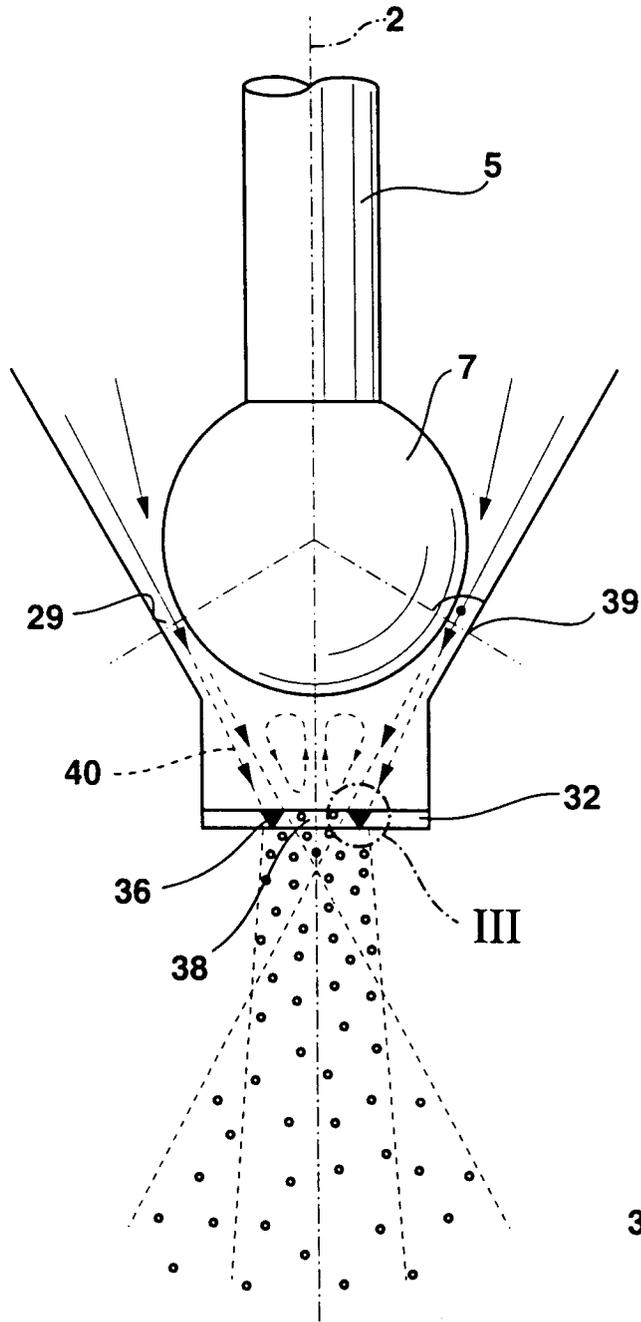


Fig. 3

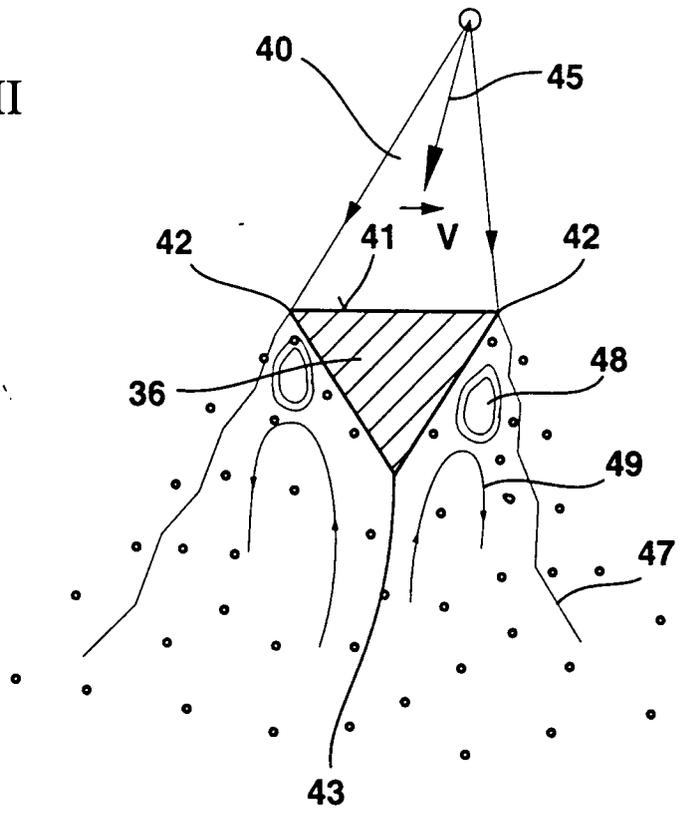


Fig. 4

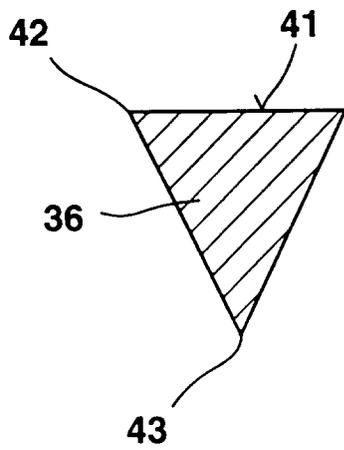


Fig. 5

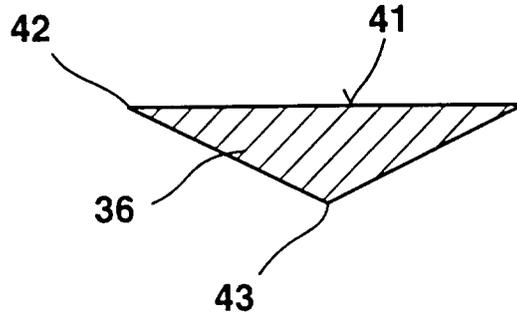


Fig. 6

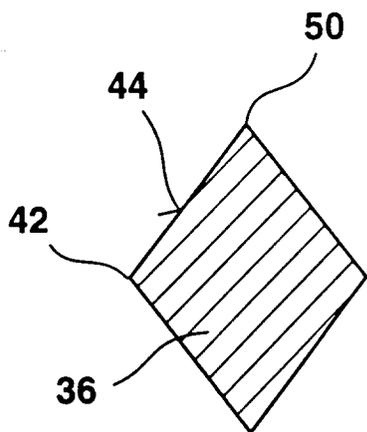


Fig. 7

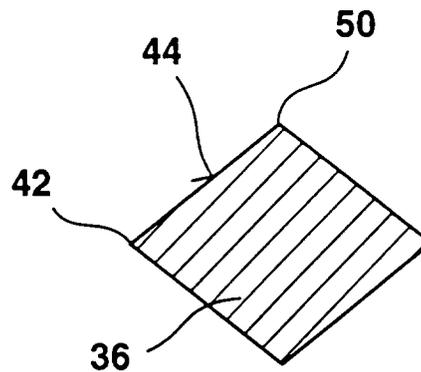


Fig. 8

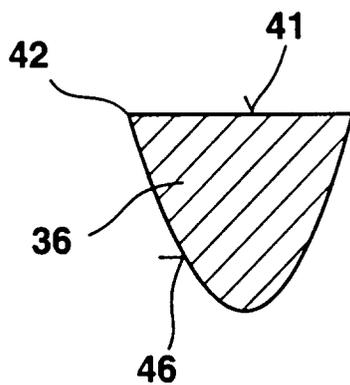


Fig. 9

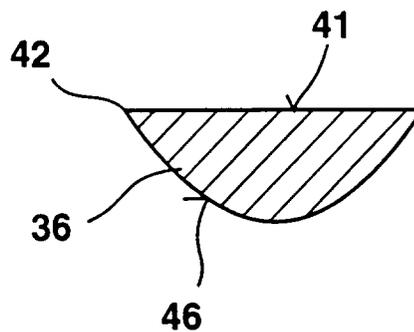


Fig. 10

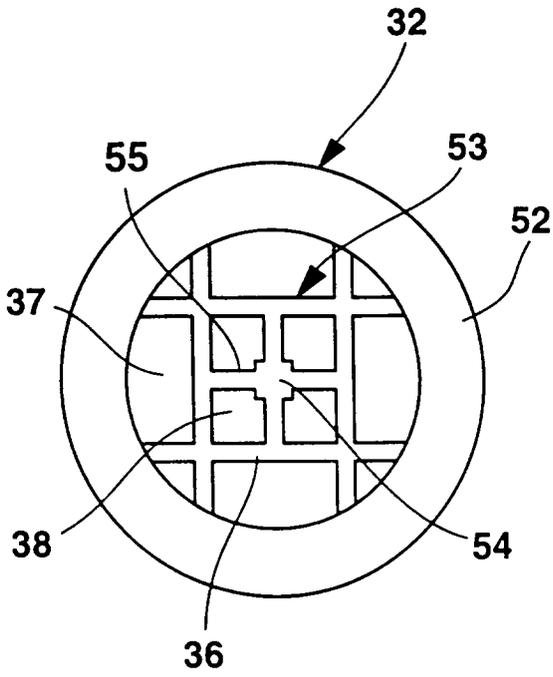


Fig. 11

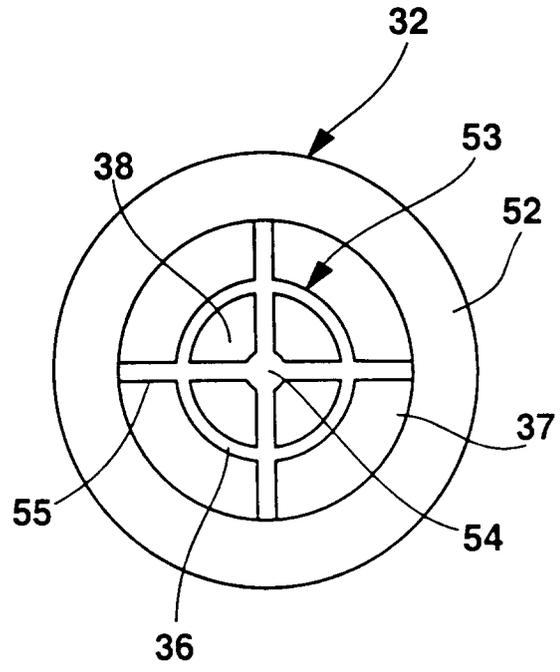


Fig. 12

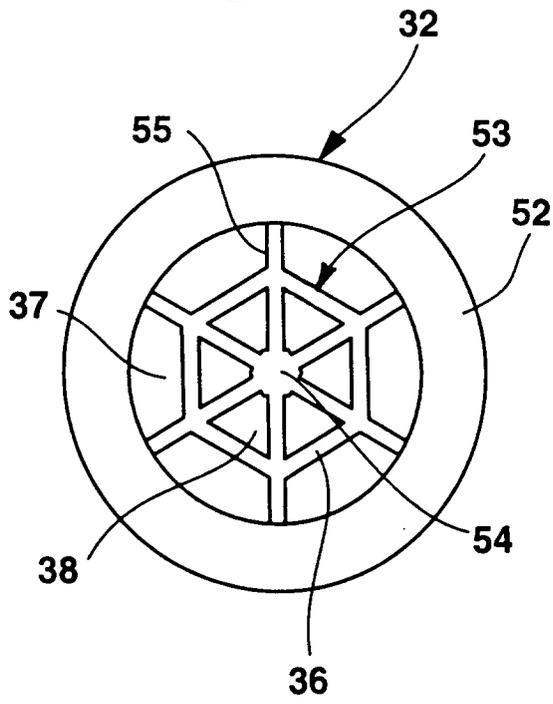


Fig. 13

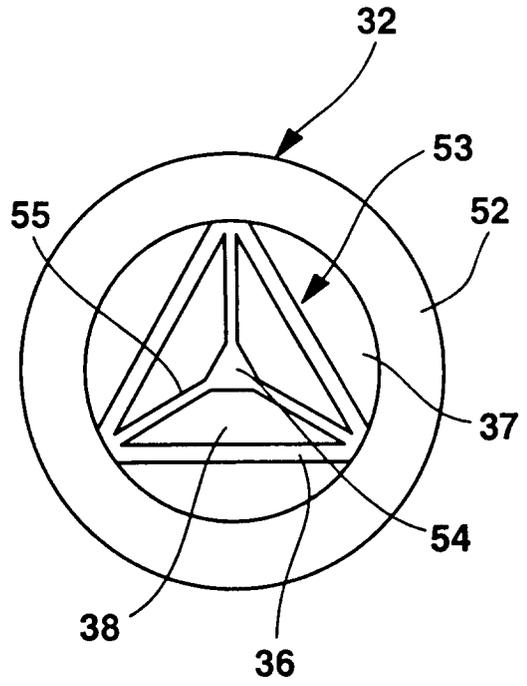


Fig. 14

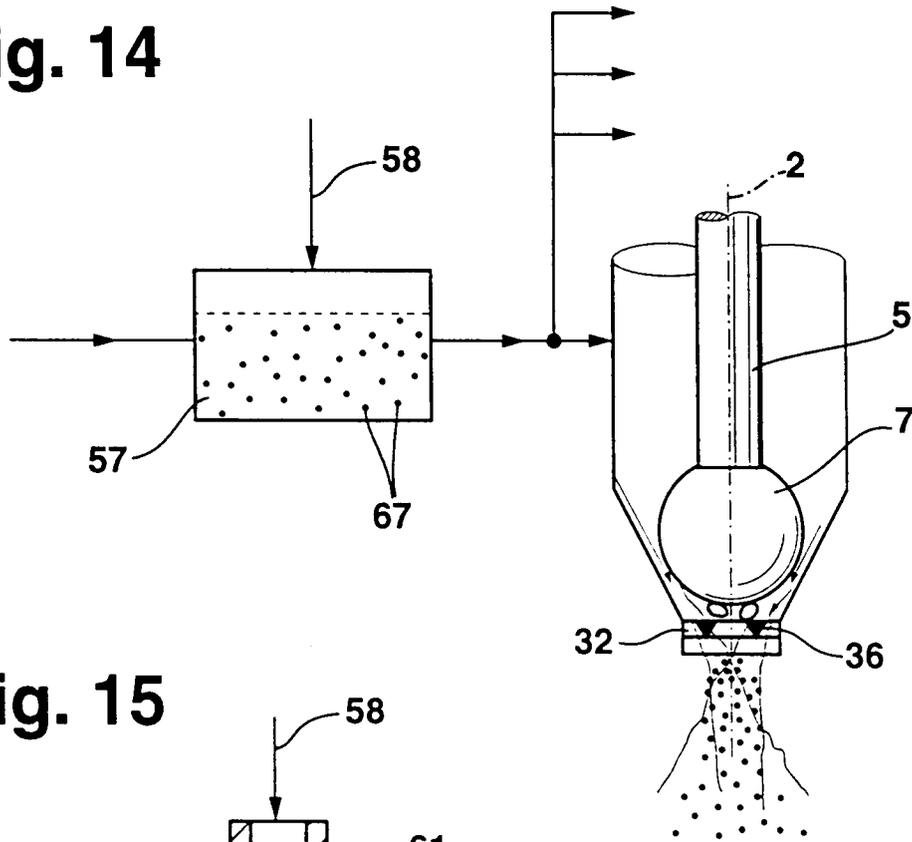


Fig. 15

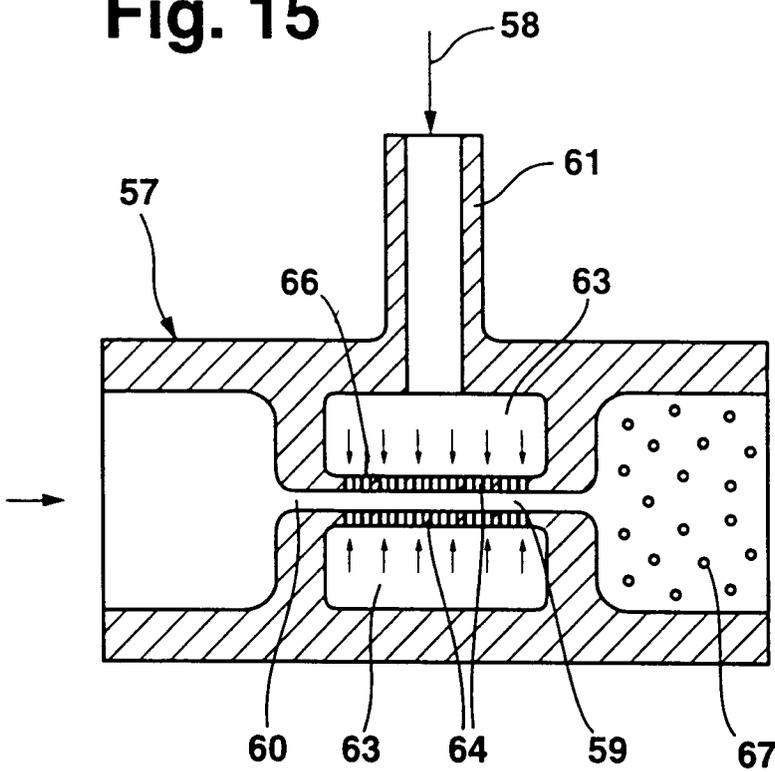


Fig. 16

