



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 32 323 T2 2007.05.31**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 111 224 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 32 323.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 128 198.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.05.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02F 1/42 (2006.01)**  
**F02B 31/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**36740499      24.12.1999      JP**

**2000263246      28.08.2000      JP**

(73) Patentinhaber:

**Isuzu Motors Ltd., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**Schaumburg, Thoenes, Thurn, Landskron, 81679  
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Ichikawa, c/o Isuzu Motors Limited, Hiroyuki,  
Fujisawa-shi, Kanagawa, JP**

(54) Bezeichnung: **Brennkraftmaschine mit mehreren Ventilen**

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

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Motor mit mehreren Einlassventilen, der zwei oder mehr Einlassventile pro Zylinder aufweist.

**[0002]** Im Bereich der Motorentwicklung werden häufig mehrere Einlassventile zur Verbesserung der Form, Größe, Anordnung etc. der verschiedenen Einlasskanäle eingesetzt, um so die Einlasseffizienz, die maximale Einlassmenge, die Wirbeleigenschaften etc. zu verbessern.

**[0003]** Ein Beispiel für einen Motor mit mehreren Einlassventilen ist in der japanischen Patentanmeldung mit der Offenlegungsnummer 6-288239 offenbart und in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) der beigefügten Zeichnung dargestellt. Bei diesem Motor mit mehreren Einlassventilen sind zwei Einlasskanäle **51** und **52** für einen zugehörigen Zylinder im wesentlichen parallel ausgebildet, wobei der eine Einlasskanal **51** ein schraubenförmiger Kanal ist, der einen spiralförmigen Strom in den Zylinder **53** aufgibt, während der andere Einlasskanal **52** eine Vertiefung **54** an einer Stelle direkt vor dem Auslass des anderen Einlasskanals **52** aufweist, wodurch die Ladung innerhalb des Kanals durch diese Vertiefung **54** in die entgegengesetzte Richtung zurückgeblasen wird. Der Synergieeffekt dieser Einlassluft-Strömungen erzeugt und verstärkt einen Wirbel S innerhalb des Zylinders.

**[0004]** Allerdings treten bei dem Einlasskanal **52** die folgenden Probleme auf. Weil der Einlassstrom mit der Vertiefung **54** kollidiert, kommt es zu einem Abfall der Strömungsrate der Ladung, wodurch die Einlasseffizienz leidet. Zudem wird, wie durch die durchgezogenen Linien in [Fig. 10](#) angedeutet ist, bei einem geringen Ventilhub des Einlassventils **55** der Kanalauslass durch den schirmartigen Kopf **56** des Einlassventils **55** blockiert, wodurch die Ladung durch den Ventilkopf **56** abgeleitet wird und entlang einer gewünschten Route strömt, wie dies durch den Pfeil  $f_1$  angedeutet ist. Vergrößert sich der Ventilhub des Einlassventils **55**, wie dies durch die strichpunktierte Linie angedeutet ist, so wird die Blockierung durch den Ventilkopf **56** aufgehoben und die Ladung strömt direkt entlang der kürzesten Route heraus, wie dies durch den Pfeil  $f_2$  angedeutet ist, was sich negativ auswirkt, da hier der Wirbel S aufgehoben wird. Diese Tendenz ist bei höheren Motordrehzahlen stärker, d.h. wenn die Einlassströmungsrate höher und die Trägheit der Ladung größer ist.

**[0005]** Um dem entgegenzuwirken, offenbart die japanische Patentanmeldung mit der Offenlegungsnummer 10-37751 eine Technik zur absichtlichen Reduzierung des Einlassventilhubes bei einem Auftreten dieses den Wirbel abschwächenden Luftstroms (Ladungsstroms). Dieses System ist jedoch insofern nicht wünschenswert, als hier die ursprünglich durch

den Einlasskanalauslass gelieferte Leistung nicht vollständig genutzt wird. Insbesondere kommt es zu einer erheblichen Verringerung der Auslassfläche und die maximale Einlassmenge wird reduziert usw. Somit ließ sich bisher mit einer herkömmlichen Einlasskanalanordnung nicht immer unter allen Umständen ein starker Wirbel erzeugen. Es war bisher auch schwierig, eine Verstärkung des Wirbels zu erzielen, ohne die Einlassmenge zu beeinträchtigen.

**[0006]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die beschriebenen Probleme der herkömmlichen Anordnungen zu lösen.

**[0007]** Bei der vorliegenden Erfindung wird gemäß Anspruch 1 ein Motor mit mehreren Einlassventilen vorgesehen, der einen ersten Einlasskanal mit einem ersten Auslass sowie einen zweiten Einlasskanal mit einem zweiten Auslass umfasst, welcher relativ zu einem in einem zugehörigen Zylinder des Motors erzeugten Wirbel stromabwärts zu dem ersten Einlasskanal angeordnet ist. Der erste Auslass des ersten Einlasskanals und der zweite Auslass des zweiten Einlasskanals sind an einer Lufteinlassseite relativ zur Mitte einer Kurbelwelle angeordnet. Ein dem Auslass nahes Teil des ersten Einlasskanals, das direkt vor dem ersten Auslass positioniert ist, ist stromaufwärts zum Wirbel nahe dem zweiten Einlasskanalauslass derart zur Zylinderinnenwand hin ausgerichtet, dass die Ladung vom ersten Einlasskanal zu der genannten Zylinderinnenwand ausgerichtet wird. Anders ausgedrückt, wird die Ladung durch den ersten Einlasskanal auf einen toten Raum im Zylinder zwischen dem ersten und dem zweiten Einlasskanalauslass hin ausgerichtet.

**[0008]** Der erste Einlasskanal kann sich im wesentlichen in „L“-Form derart erstrecken, dass in den ersten Einlasskanal strömende Einlassluft stromaufwärts zum zweiten Einlasskanalauslass in Draufsicht um zwischen  $90^\circ$  und  $150^\circ$  zur Zylinderinnenwand hin gedreht wird, wenn sie den ersten Einlasskanalauslass verlässt. Dieser Winkel von zwischen  $90^\circ$  und  $150^\circ$  kann vor allem durch das dem Auslass nahe Teil des ersten Einlasskanals festgelegt werden.

**[0009]** Die maximale Versatzlänge des Mittelabschnitts relativ zum ersten Einlasskanal-Einlassabschnitt (bzw. zur Achsrichtung des ersten Einlasskanals) kann wenigstens  $0,5 W$ , jedoch nicht mehr als  $0,75 W$  betragen, wobei  $W$  die Einlassbreite des ersten Einlasskanals ist. Die Innenoberfläche des ersten Einlasskanals ist vorzugsweise über ihre gesamte Länge hinweg als glatte Oberfläche ausgebildet. Der Querschnitt des dem Auslass nahen Teils des ersten Einlasskanals kann oval geformt sein.

**[0010]** Vorzugsweise ist der zweite Einlasskanal ein gerader, tangentialer Kanal, wobei sich der zweite

Einlasskanal nahe seinem Auslass so verengt, dass er einen zu der dem ersten Einlasskanal gegenüberliegenden Seite weggebogenen Durchlass aufweist.

[0011] Der erste Einlasskanaleinlass kann an einer höheren Stelle angeordnet sein als der erste Einlasskanalauslass. Der Mittelabschnitt des ersten Einlasskanals kann nach unten gebogen sein. Vorzugsweise ist der erste Einlasskanalauslass unterhalb einer Linie ausgebildet, die durch einen obersten Punkt des ersten Einlasskanaleinlasses verläuft und einen untersten Eckpunkt berührt, der durch den sich nach unten biegenden Mittelabschnitt begrenzt wird. Der erste Einlasskanaleinlass kann auf geringerer oder auf gleicher Höhe liegen als bzw. wie der zweite Einlasskanaleinlass.

[0012] [Fig. 1](#) zeigt eine Draufsicht auf einen Motors mit mehreren Einlassventilen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0013] [Fig. 2](#) zeigt eine Schrägansicht des in [Fig. 1](#) gezeigten Motors;

[0014] [Fig. 3](#) zeigt eine linke Seitenansicht desselben Motors;

[0015] [Fig. 4](#) zeigt eine Vorderansicht desselben Motors;

[0016] [Fig. 5](#) zeigt eine rechte Seitenansicht desselben Motors;

[0017] [Fig. 6](#) zeigt eine Rückansicht desselben Motors;

[0018] [Fig. 7](#) zeigt ein Diagramm, das das Verhältnis zwischen der Lage und der Fläche des Einlasskanals verdeutlicht;

[0019] [Fig. 8](#) zeigt ein Diagramm, das das Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Wirbelverhältnis und der wirksamen Kanalfäche darstellt, und gibt einen Vergleich dieses Ausführungsbeispiels mit dem Stand der Technik wieder;

[0020] [Fig. 9](#) zeigt eine Draufsicht auf einen herkömmlichen Motor mit mehreren Einlassventilen;

[0021] [Fig. 10](#) zeigt eine Querschnittsansicht entlang der Linie X-X in [Fig. 9](#);

[0022] [Fig. 11](#) zeigt eine Perspektivansicht eines Motors mit mehreren Einlassventilen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0023] [Fig. 12](#) zeigt eine linke Seitenansicht des in [Fig. 11](#) gezeigten Motors;

[0024] [Fig. 13](#) zeigt eine Vorderansicht desselben Motors;

[0025] [Fig. 14](#) zeigt eine rechte Seitenansicht desselben Motors;

[0026] [Fig. 15](#) zeigt eine Rückansicht desselben Motors;

[0027] [Fig. 16](#) zeigt ein Diagramm, das das Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Wirbelverhältnis und der wirksamen Kanalfäche darstellt und einen Vergleich des weiteren Ausführungsbeispiels mit dem weiter oben angegebenen Ausführungsbeispiel und dem Stand der Technik wiedergibt; und

[0028] [Fig. 17](#) zeigt eine Draufsicht auf einen Motor mit mehreren Einlassventilen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0029] Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben.

[0030] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) zeigen eine Anordnung mit mehreren Einlassventilen gemäß der vorliegenden Erfindung, und dabei im einzelnen Einlassluftströme in mehreren Einlasskanälen für einen der Zylinder eines Motors. Es sind zwei Einlasskanäle pro Zylinder vorgesehen, nämlich ein erster Einlasskanal **1** und ein zweiter Einlasskanal **2**. Obwohl diese Einlasskanäle **1** und **2** als Rohre dargestellt sind, werden sie tatsächlich gleichzeitig mit dem Gießen eines Zylinderkopfs innerhalb dieses Zylinderkopfes hergestellt. Im übrigen ist auch nur die Umrissform des Zylinders **3** gezeigt. Obwohl dies nicht dargestellt ist, handelt es sich bei dem Motor um einen Vierventilmotor mit zwei Abgaskanälen und zwei Einlasskanälen pro Zylinder. Der Motor weist zudem mehrere Zylinder **3** auf, wobei jedoch nur einer dieser Zylinder gezeigt ist.

[0031] In [Fig. 1](#) ist Oc der Mittelpunkt Zylinders, C die Mitte der Kurbelwelle, C<sub>1</sub> die Mittellinie des ersten Einlasskanals **1**, C<sub>2</sub> die Mittellinie des zweiten Einlasskanals **2**, Cp die Einlasskanalachse und S der Wirbel im Zylinder **3**. Der Begriff „Einlasskanalachse“ wird hier für eine gerade Linie verwendet, die einfach die Mitte des Auslasses mit der Mitte des Einlasses des Einlasskanals in der Draufsicht gemäß [Fig. 1](#) verbindet. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel verläuft im übrigen die Einlasskanalachse für jeden Einlasskanal **1**, **2** senkrecht zur Richtung der Kurbelwellenmitte C, so dass die einzelne Einlasskanalachse Cp, die durch den Zylindermittelpunkt Oc verläuft, die Einlasskanalachse für den zugehörigen Einlasskanal bildet. Die weißen Pfeile zeigen den Fluss der Ladung.

[0032] Bei dem Motor handelt es sich um einen Die-

selmotor vom Direkteinspritztyp mit mehreren Zylindern **3**, die in Richtung der Kurbelwellenmittellinie C ausgerichtet sind. Der erste Einlasskanal **1** und der zweite Einlasskanal **2** sind ebenfalls im wesentlichen parallel angeordnet, haben jedoch einen Abstand voneinander in Richtung der Kurbelwellenmitte C. Die Einlässe **4** und **5** dieser Kanäle weisen eine quadratische Form auf und münden jeweils in die Zylinderkopfseitenwand **6**. Die Auslässe **7** und **8** der Einlasskanäle **1** und **2** weisen eine abgerundete Form auf und münden in die obere Zylinderwand **9** (Fig. 4). Die Auslässe **7** und **8** werden durch Einlassventile vom Tellertyp geöffnet und geschlossen, wie sich dies Fig. 10 entnehmen lässt, und weisen im wesentlichen nach unten in Richtung der Zylindermitte Oc. Die Ventilschäfte **10** der Einlassventile sind nur als strichpunktierte Linien dargestellt. Innerhalb des Zylinders **3** ist der Auslass **7** des ersten Einlasskanals **1** stromaufwärts zum Wirbel S angeordnet, während sich der Auslass **8** des zweiten Einlasskanals **2** auf der zum Wirbel S stromabwärts gelegenen Seite befindet. Der gesamte erste Einlasskanal **1** ist in Richtung des Wirbels S stromaufwärts zu dem gesamten zweiten Einlasskanal **2** angeordnet. Die Auslässe **7** und **8** sind im selben Abstand zur Kurbelwellenmitte C angeordnet.

**[0033]** Der zweite Einlasskanal **2** ist ein sogenannter gerader tangentialer Kanal. Im einzelnen erstreckt er sich, wie sich Fig. 1 entnehmen lässt, in der Draufsicht linear in die Richtung der Einlasskanalachse Cp von dem Einlass **5** bis zu dem Auslass **8**, so dass die Ladung in einer zum Wirbel tangentialen Richtung eingebracht wird. Nahe dem Auslass **8** ist der zweite Einlasskanal **2** jedoch so verengt, dass er einen Durchlass an der dem ersten Einlasskanal **1** gegenüberliegenden Seite aufweist. Anders gesagt, erstreckt sich die Innenwand **11** des zweiten Einlasskanals **2**, die auf der Seite des ersten Einlasskanals **1** liegt, nach und nach in einem bestimmten Abschnitt nahe dem stromabwärts gelegenen Ende des zweiten Einlasskanals **2** in der Zeichnung nach rechts, was dazu führt, dass die Kanalmittellinie C<sub>2</sub> stetig in Zylinderradialrichtung weiter nach außen versetzt wird. Dies gibt der Ladung eine Ausrichtung zur Seite der Zylinderinnenwand **12** hin.

**[0034]** Im Grunde fließt die Ladung nach Verlassen des zweiten Einlasskanals **2** in tangentialer Richtung zum Wirbel S und bewirkt eine Verstärkung des Wirbels S, wobei allerdings die genannte Ausrichtung nahe dem Auslass **8** insbesondere dazu führt, dass die Ladung in Zylinderradialrichtung zur Außenseite gesprüht wird, was bei diesem Ausführungsbeispiel zu einer Verstärkung des Wirbels beiträgt. Da sich das Teil direkt vor dem Auslass **8** relativ zum Auslass **8** in Zylinderradialrichtung zur Außenseite hin wegbiegt, ist ein schirmartiger Abschnitt **13** mit einer in Draufsicht in etwa halbmondartigen Form vorgesehen, um dieses direkt vor dem Auslass angeordnete

Teil mit dem ringförmigen Auslass **8** glatt zu verbinden.

**[0035]** Wie sich insbesondere Fig. 5 entnehmen lässt, ist der Auslass **8** auf einer geringeren Höhe angeordnet als der Einlass **5** und der zweite Einlasskanal **2** senkt sich vom Einlass **5** zum Auslass **8** hin stetig ab. Der Neigungswinkel des zweiten Einlasskanals **2** kommt dabei der Horizontalen so nahe wie möglich, damit keine Tumble-Strömung entsteht und der Wirbel durch die aus dem zweiten Einlasskanal **2** kommende Ladung verstärkt wird. Die Beziehung zwischen der Kanalposition und der Kanalfäche (Querschnitt) des zweiten Einlasskanals **2** ist in Fig. 7 dargestellt. Die Kanalfäche verkleinert sich vom Einlass **5** aus stetig und wird am Schirmbereich **13** schlagartig größer. Die Situation ist dabei dieselbe wie bei einem normalen Einlasskanal. Anders gesagt, wird die Luftdichte nach und nach erhöht, während die Luft in dem Einlasskanal stromabwärts fließt, wodurch eine Separation und Turbulenzen innerhalb des Kanals vermieden werden und die gesamte Ladung auf einmal vom Auslass eingespritzt wird. Die Innenoberfläche des zweiten Einlasskanals **2** ist über ihre gesamte Länge hinweg eine glatte Oberfläche ohne Vorsprünge.

**[0036]** Wie sich wiederum Fig. 1 entnehmen lässt, umfasst der erste Einlasskanal **1** den Einlass **4**, einen Einlassabschnitt **14** mit einer in der Draufsicht geraden Form, einen Mittelabschnitt **15**, der sich vom Einlassabschnitt **14** aus stromabwärts erstreckt und sich dabei gegenüber dem Einlassabschnitt **14** U-förmig vom zweiten Einlasskanal (in der Zeichnung nach links vorstehend) wegerstreckt, ein direkt vor dem Auslass befindliches (und als „vor dem Auslass befindliches Teil“ bzw. „Teil nahe dem Auslass“ bezeichnetes) Teil **16**, das sich von dem Mittelabschnitt **15** aus stromabwärts erstreckt, den Auslass **7** und einen Schirmbereich **17**, der das vor dem Auslass befindliche Teil **16** mit dem Auslass **7** glatt verbindet. Der Einlassabschnitt **14** erstreckt sich in Draufsicht in Richtung der Einlasskanalachse Cp. Der Mittelabschnitt **15** ist U-förmig (bzw. weist eine entgegen dem Uhrzeigersinn gedrehte C-Form auf) und führt beginnend am Einlassabschnitt **14** stetig von dem zweiten Einlasskanal **2** weg, wobei er sodann zum zweiten Einlasskanal **2** zurückführt. Die U-Form ist bezüglich der zur Richtung der Achse Cp des ersten Einlasskanals senkrechten Richtung so geneigt, dass der gebogene Boden der U-Form der Kurbelwellenmitte C oder der Zylindermitte Oc nahe kommt. Der Neigungswinkel ist durch  $\alpha$  gekennzeichnet. Bezüglich des Einlassabschnitts **14** ist der Mittelabschnitt **15** vom zweiten Einlasskanal **2** weg versetzt und seine maximale Versatzlänge L beträgt dabei wenigstens 0,5 W, jedoch nicht mehr als 0,75 W, wobei W für die Einlassbreite steht.

**[0037]** Durch die Biegung des Mittelabschnitts **15** in

dieser Weise ist das vor dem Auslass befindliche Teil **16** zu einem Bereich A zwischen dem Auslass **8** des zweiten Einlasskanals und der Zylinderinnenwand **12a** hin ausgerichtet, der vom Auslass **8** aus stromaufwärts in Richtung der zweiten Einlasskanalachse angeordnet ist. Hierbei handelt es sich um den schraffierten Bereich A in [Fig. 1](#). Das vor dem Auslass befindliche Teil **16** ist in einem spezifischen Winkel  $\theta$  zur Richtung der Achse des ersten Einlasskanals von der Position des vor dem Auslass befindlichen Teils **16** zur Innenseite des Zylinders **3** hin ausgerichtet. Das vor dem Auslass befindliche Teil **16** ist so geformt, dass sein Querschnitt senkrecht zur Kanalmittellinie  $C_1$  elliptisch, d.h. abgeflacht ist. Diese Querschnittsform ist in der Figur schraffiert.

**[0038]** Wie sich insbesondere [Fig. 3](#) entnehmen lässt, ist der Auslass **7** auf einer geringeren Höhe angeordnet als der Einlass **4**. Der erste Einlasskanal **1** verbindet den Einlass **4** mit dem Auslass **7**, wobei sich der Einlassabschnitt **14** allerdings von dem Einlass **4** aus leicht nach oben erstreckt und sodann am darauf folgenden Mittelabschnitt **15** nach unten abfällt. Der Mittelabschnitt **15** ist von der Einlassseite zur Auslassseite hin nach unten gebogen. Der Einlass **4** des ersten Einlasskanals **1** ist auf einer geringeren Höhe angeordnet als der Einlass **5** des zweiten Einlasskanals **2**.

**[0039]** Der Auslass **7** ist vom Einlass **4** aus nicht zu sehen. Der Auslass **7** ist in seiner Höhe beispielsweise unterhalb einer Linie B ausgebildet, die durch das obere Ende des Einlasses **4** verläuft und die bodenseitige Eckwand **18** des Mittelabschnitts **15** berührt. Dies führt dazu, dass die Ladung nicht direkt von dem Einlass **4** zum Auslass **7** entweicht, wobei sich ihre Ausrichtung durch den Mittelabschnitt **15** jeweils verändern lässt.

**[0040]** Die Beziehung zwischen der Kanalposition und der Kanalfläche des ersten Einlasskanals **1** ist im übrigen in [Fig. 7](#) gezeigt. Die Kanalfläche verringert sich stetig vom Einlass **4** bis zum Ende des vor dem Auslass angeordneten Teils **16** und vergrößert sich am Schirmbereich **17** schlagartig zur Auslassfläche **7**. Hierdurch steigt die Luftdichte im ersten Einlasskanal **1** stetig an, während die Luft stromabwärts fließt, was ein gleichzeitiges Einspritzen der gesamten Ladung am Auslass **7** ermöglicht. Die Innenoberfläche des ersten Einlasskanals **1** ist ebenfalls glatt und frei von Vorsprüngen.

**[0041]** Wie sich der Vorderansicht gemäß [Fig. 4](#) entnehmen lässt, sind die hintere Hälfte des mittleren Segments **15** und das nahe dem Auslass befindliche Teil **16** so geneigt, dass sie der Horizontalen so nahe wie möglich kommen, wodurch eine möglichst große Wirbelkomponente erzielt wird.

**[0042]** Die Abläufe werden im folgenden beschrieben.

ben.

**[0043]** Nachdem die Ladung den Einlassabschnitt **14** passiert hat, folgt sie einer Kurve in einem U-förmigen Bereich entlang des mittleren Abschnitts **15** und wird vom Auslass **7** in die durch das dem Auslass nahe Teil **16** definierte Richtung eingespritzt. Der Auslass **7** ist nach unten gerichtet, wobei allerdings seine Länge vernachlässigbar ist, so dass die Ladung in die Richtung eingespritzt wird, in der das dem Auslass nahe Teil **16** ausgerichtet ist. Dies führt dazu, dass die Ladung in konzentrierter Form zum engen Bereich A hin eingespritzt wird. Der Bereich A ist ein toter Raum des zweiten Einlasskanals **2** und somit stört im Bereich A die Ladung vom ersten Einlasskanal **1** nicht die Ladung vom zweiten Einlasskanal **2**. Die Ladung des ersten Einlasskanals **1** kollidiert mit der Zylinderinnenwand **12a** (so dass man sagen kann, dass das dem Auslass nahe Teil **16** zur Zylinderinnenwand **12a** hin ausgerichtet ist), wodurch der Wirbel S von der äußersten Umfangsposition innerhalb des Zylinders **3** aus beschleunigt wird. Dies führt dazu, dass die von den beiden Kanälen kommenden Ladungen einander nicht aufheben, was eine effektive Verstärkung des Wirbels S ermöglicht.

**[0044]** Der erste Einlasskanal **1** verändert frühzeitig die Ausrichtung der gesamten Ladungsmenge gemäß der Ausrichtung des dem Auslass nahen Teils **16** und spritzt die gesamte Menge durch seinen Auslass **7** mit dieser Ausrichtung ein. Wie bereits erwähnt, wird die Kanalfläche stetig reduziert und die Luftdichte stetig erhöht, und zudem befinden sich an der Kanalinnenfläche keine Vorsprünge, so dass in der Ladung keine Turbulenzen auftreten und es nicht zwischenzeitlich zu einer Ladungsseparation kommt, was es erlaubt, die Ausrichtung der gesamten Ladungsmenge entlang der Form des Kanals zu verändern. Dementsprechend kommt es zu keiner Verringerung der wirksamen Kanalfläche und es lässt sich eine ausreichende maximale Ladungsmenge erzielen. Darüber hinaus kann die Ladungsenergie maximal genutzt werden, weil diese gesamte Menge zur Fläche A hin eingespritzt wird, wodurch sich ein stärkerer Wirbel erzielen lässt.

**[0045]** Aufgrund dieser Abläufe und Wirkungen könnte der erste Einlasskanal **1** als dritter Einlasskanal bezeichnet werden, der sich deutlich von bekannten schraubenförmigen bzw. tangentialen Kanälen unterscheidet.

**[0046]** Da der Auslass **7** vom Einlass **4** aus nicht einsehbar ist, wird selbst bei großem Ventilhub oder hoher Ladungsströmungsrate verhindert, dass die Ladung in Richtung der Achse  $C_p$  des ersten Einlasskanals **1** entweicht und somit wird auch eine Schwächung des Wirbels S verhindert.

**[0047]** Da das dem Auslass nahe Teil **16**, wie er-

wähnt, eine abgeflachte Querschnittsform aufweist, kann die Ladung mit einer größeren Breite anstatt mit einer größeren Höhe eingeblasen werden, wodurch der den Wirbel verstärkende Effekt weiter erhöht wird.

**[0048]** Zudem wird der Wirbel auch insgesamt durch eine Kombination des ersten und zweiten Einlasseseinschlusses **1** und **2** verstärkt. Im einzelnen spritzt der zweite Einlasskanal **2** die Ladung zur äußersten Umfangsposition innerhalb des Zylinders **3** ein und beschleunigt die Ladung (bzw. den Wirbel **S**) vom ersten Einlasskanal **1** an dieser Stelle. Es sei darauf hingewiesen, dass dieser zweite Einlasskanal **2** auch alleine eingesetzt werden kann, da selbst in diesem Fall ein besserer Wirbelverstärkungseffekt erzielt wird als mit einem herkömmlichen geraden tangentialen Kanal.

**[0049]** Der erste Einlasskanal **1** wurde tatsächlich hergestellt und getestet, wobei bessere Ergebnisse erzielt wurden als mit einem herkömmlichen Einlasskanal, wie sich dies [Fig. 8](#) entnehmen lässt. Im einzelnen war bisher unabhängig von der Form des Kanals die Beziehung zwischen dem durchschnittlichen Wirbelverhältnis und der wirksamen Kanalfläche konstant, wie dies durch die durchgezogene Linie angedeutet ist. Mit dem oben beschriebenen ersten Einlasskanal **1** wurden jedoch sowohl das durchschnittliche Wirbelverhältnis als auch die wirksame Kanalfläche gegenüber dem Stand der Technik verbessert. Dies bedeutet, dass bei jeder beliebigen Strömungsrate ein höheres durchschnittliches Wirbelverhältnis erzielt wird und sich eine größere wirksame Kanalfläche, d.h. eine höhere Einlasseffizienz und maximale Ladungsmenge bei jedem beliebigen durchschnittlichen Wirbelverhältnis erreichen lassen. Hierdurch wurde die Wirksamkeit des ersten Einlasskanals **1**, d.h. die Erzielung eines hohen Niveaus sowohl für die Einlassmenge als auch für den Wirbel, bestätigt.

**[0050]** Es ist am besten, wenn die Ladung vom ersten Einlasskanal **1** zum Bereich **A** hin eingespritzt wird, aber in einigen Fällen kann es bedingt durch den Aufbau oder aufgrund anderer derartiger Faktoren unmöglich sein, den ersten Einlasskanal **1** in diese Richtung auszurichten. In einem solchen Fall kann die Ladung zum Auslass **8** des zweiten Einlasskanals **2** hin eingespritzt werden. Falls dies geschieht, kommt es zu einer Ladungsstörung und die Wirbelverstärkungswirkung wird etwas verringert, wobei allerdings für den ersten Einlasskanal **1** eine ausreichende maximale Einlassmenge erzielt wird. Zudem ist es auch weiterhin möglich, den Wirbel **S** zu beschleunigen, weil die Ladung vom ersten Einlasskanal **1** nach der Störung mit der Zylinderinnenwand **12a** kollidiert und an der Zylinderinnenwand **12a** entlangströmt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird jedoch davon ausgegangen, dass eine sehr geringe Ladungsstörung auftritt, weil die Ladung vom Aus-

lass **8** des zweiten Einlasskanals **2** nach unten mit einem Winkel zur Kurbelwellenmitte **C** eingespritzt wird. Auch in dieser Hinsicht ist es vorzuziehen, wenn der Winkel  $\theta$  wenigstens  $90^\circ$ , aber nicht mehr als  $150^\circ$  aufweist.

**[0051]** Im übrigen ist in den letzten Jahren der Bedarf nach kleineren Motoren gestiegen. So wurden beispielsweise kleine Dieselmotoren vom Direkteinspritztyp mit einem Hubraum von weniger als 500 cc pro Zylinder (2000 ml/4 Zylinder) entwickelt. Aufgrund des kleinen Bohrungsdurchmessers bei derartigen kleinen Motoren ist der Raum zur Unterbringung von Einlasskanälen begrenzt. Allerdings ist der Aufbau der Einlasskanäle bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel extrem kompakt, so dass dieses sich problemlos bei diesen kleinen Motoren einsetzen lässt.

**[0052]** Motoren mit einem Mechanismus zur variablen Ventilzeitsteuerung (VVT) auf der Einlassseite sind ebenfalls in letzter Zeit bekannt geworden. In einem solchen Fall müssen die Achse der Nockenwelle und die Achse der Kurbelwelle parallel angeordnet und die Einlassventile in Richtung der Nockenwelle ausgerichtet sein. Die Einlasskanalauslässe **7** und **8** sind bei diesem Ausführungsbeispiel in Richtung der Kurbelwellenmitte **C** nacheinander angeordnet, so dass eine derartige Anordnung möglich ist und die VVT somit problemlos eingesetzt werden kann.

**[0053]** Im folgenden wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben.

**[0054]** Wie sich den [Fig. 11](#) bis [Fig. 15](#) entnehmen lässt, ist bei diesem Ausführungsbeispiel der Einlass **4** des ersten Einlasskanals **1** auf derselben Höhe angeordnet wie der Einlass **5** des zweiten Einlasskanals **2**. Die Draufsicht entspricht derjenigen gemäß [Fig. 1](#). Der Einlass **4** des ersten Einlasskanals **1** ist jedoch höher angeordnet als bei dem ersten Ausführungsbeispiel. Dies führt dazu, dass der Einlassabschnitt **14** sanft stromabwärts nach unten führt, wie sich diese [Fig. 12](#) entnehmen lässt, wobei die Biegung des Mittelabschnitts **15** geringer ist. Im übrigen entspricht dieses Ausführungsbeispiel dem ersten Ausführungsbeispiel, wobei dieselben Bestandteile in der Zeichnung mit denselben Bezugszeichen versehen wurden und hier nicht nochmals beschrieben werden.

**[0055]** Mit diesem zweiten Ausführungsbeispiel werden dieselben Abläufe und Wirkungen erzielt, wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel. Der erste Einlasskanal **1** des zweiten Ausführungsbeispiels wurde tatsächlich hergestellt und getestet, wobei die Ergebnisse sogar besser waren als bei dem ersten Ausführungsbeispiel, wie sich dies [Fig. 16](#) entnehmen lässt. Es wurde darüber hinaus in diesem Test bestätigt, dass der Winkel  $\theta$  und die maximale Versatzlänge **L**

besonders wichtige Werte darstellen.

**[0056]** In [Fig. 17](#) ist ein drittes Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem der zweite Einlasskanal **2** ein schraubenförmiger Kanal ist. Bei diesem zweiten Einlasskanal **2** wird der Durchlass vor dem Auslass **8** verengt, so dass ein Durchlass an der dem ersten Einlasskanal **1** gegenüberliegenden Seite vorhanden ist, wobei dieser Abschnitt schraubenförmig bzw. in Spiralförmigkeit ausgebildet ist. Der spiralförmige Strom, der vom Auslass **8** aus eingespritzt wird, weist eine Rotationskomponente in derselben Richtung wie der Wirbel **5** auf. Die Innenwand **20**, die auf der dem ersten Einlasskanal **1** gegenüberliegenden Seite angeordnet ist, erstreckt sich geradeaus in Richtung der Einlasskanalachse Cp bis zum Auslass **8**, so dass sie nicht aus dem Zylinder herausragt. Wenn dieser schraubenförmige Kanal eingesetzt wird, so kommt es zu einer Kombination mit der den Wirbel verstärkenden Wirkung des ersten Einlasskanals **1**, wobei dieselben Abläufe und Wirkungen erzielt werden wie bei den obigen Ausführungsbeispielen. Es sei darauf hingewiesen, dass der Einlass **4** des ersten Einlasskanals **1** und der Einlass **5** des zweiten Einlasskanals **2** auf derselben Höhe oder auf unterschiedlicher Höhe angeordnet sein können. Zudem sind die Form des schraubenförmigen Kanals und der Typ des zweiten Einlasskanals selbst nicht speziell auf die genannten Formen und Typen eingeschränkt.

**[0057]** Andere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind ebenfalls möglich. So kann zum Beispiel der Motor ein Benzinmotor sein oder die Anzahl der Ventile pro Zylinder kann verändert werden (z.B. drei Ventile).

**[0058]** Kurz gesagt, besteht die Wirkung der vorliegenden Erfindung darin, dass unter allen Umständen ein kraftvoller Wirbel erzeugt werden kann und sich sowohl für die Einlassmenge als auch für den Wirbel hohe Niveaus erzielen lassen.

### Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen, umfassend:  
einen ersten Einlasskanal (**1**) mit einem ersten Einlass (**4**) und einem ersten Auslass (**7**); und  
einen zweiten Einlasskanal (**2**), der einen zweiten Einlass (**5**) und einen zweiten Auslass (**8**) aufweist und relativ zu einem in jedem Zylinder (**3**) des Verbrennungsmotors erzeugten Wirbel (S) stromabwärts zu dem ersten Einlasskanal (**1**) angeordnet ist, wobei der erste Auslass (**7**) des ersten Einlasskanals (**1**) und der zweite Auslass (**8**) des zweiten Einlasskanals (**2**) relativ zu einer Achse der Kurbelwelle auf einer Lufteinlassseite angeordnet sind, und wobei der erste Einlasskanal (**1**) einen Einlassabschnitt (**14**), der sich stromabwärts zu dem ersten Einlass (**4**) erstreckt,

und einen Mittelabschnitt (**15**), der sich stromabwärts zu dem Einlassabschnitt (**14**) erstreckt und in einer U-Form vorsteht, welche sich von dem zweiten Einlasskanal (**2**) weg und sodann zu dem zweiten Einlasskanal (**2**) zurückbewegt, sowie ein einem Auslass nahes Teil (**16**) umfasst, das sich stromabwärts von dem Mittelabschnitt (**15**) zu dem Auslass (**7**) erstreckt und stromaufwärts zu dem zweiten Einlasskanal-Auslass (**8**) und zu diesem benachbart einer Zylinderinnenwand (**12a**) zugewandt ist.

2. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das einem Auslass nahe Teil (**16**) des ersten Einlasskanals (**1**) direkt vor dem ersten Auslass (**7**) in einem Winkel ( $\theta$ ) von wenigstens  $90^\circ$  aber nicht mehr als  $150^\circ$  ausgerichtet ist, wobei der Winkel relativ zu einer Achsrichtung des ersten Einlasskanals (**1**) gemessen wird.

3. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein gebogener Boden des U-förmigen Mittelabschnitts (**15**) relativ nahe am Mittelpunkt (Oc) des Zylinders liegt.

4. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine maximale Versatzlänge (L) des Mittelabschnitts (**15**), die durch das Vorstehen der U-Form relativ zu dem Einlassabschnitt (**14**) definiert ist, wenigstens  $0,5W$ , jedoch nicht mehr als  $0,75W$  beträgt, wobei  $W$  die Breite des ersten Einlasses (**4**) ist.

5. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Innenoberfläche des ersten Einlasskanals (**1**) über ihre gesamte Länge hinweg als eine glatte Oberfläche ausgebildet ist.

6. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Querschnittsform des nahe einem Auslass befindlichen Teils (**16**) abgeflacht ist.

7. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Einlasskanal (**2**) ein gerader tangentialer Kanal ist und dass der zweite Einlasskanal (**2**) nahe seinem zweiten Auslass (**8**) so verengt ist, dass er einen Durchlass (**11**) aufweist, der sich zu der dem ersten Einlasskanal (**1**) abgewandten Seite wegbiegt.

8. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Einlasskanal (**2**) ein spiralförmiger Kanal ist.

9. Verbrennungsmotor mit mehreren Einlassventilen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Einlasskanal (1) einen nach unten gebogenen Mittelabschnitt (15) umfasst, der sich zwischen einem ersten Einlass (4) und einem ersten Auslass (7) des ersten Einlasskanals (1) erstreckt, und dass dieser erste Auslass (7) unterhalb einer geraden Linie (B) ausgeformt ist, die durch einen obersten Punkt des ersten Einlasses (4) verläuft und einen durch den gebogenen Mittelabschnitt (15) definierten untersten Eckpunkt (18) berührt.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen





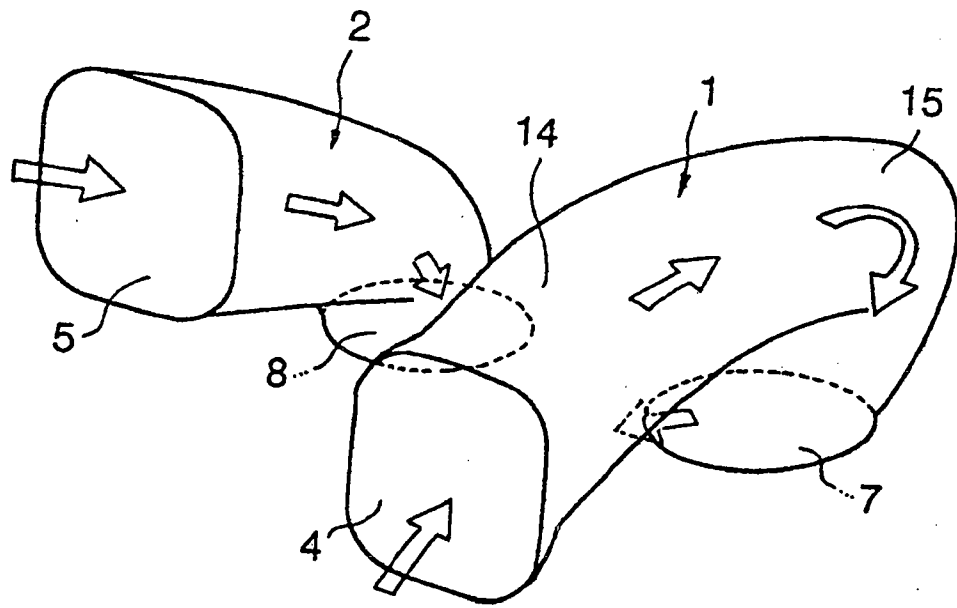


FIG. 2

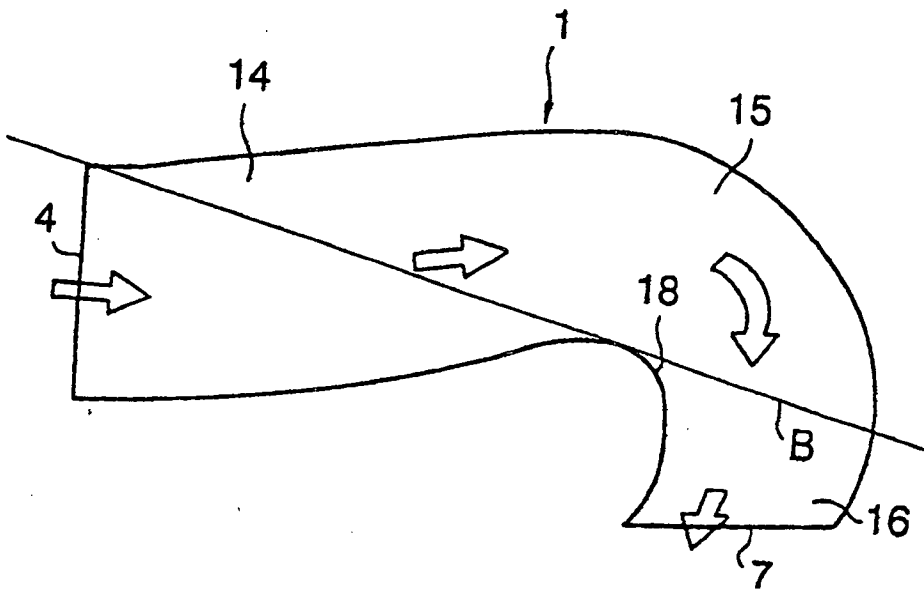


FIG. 3

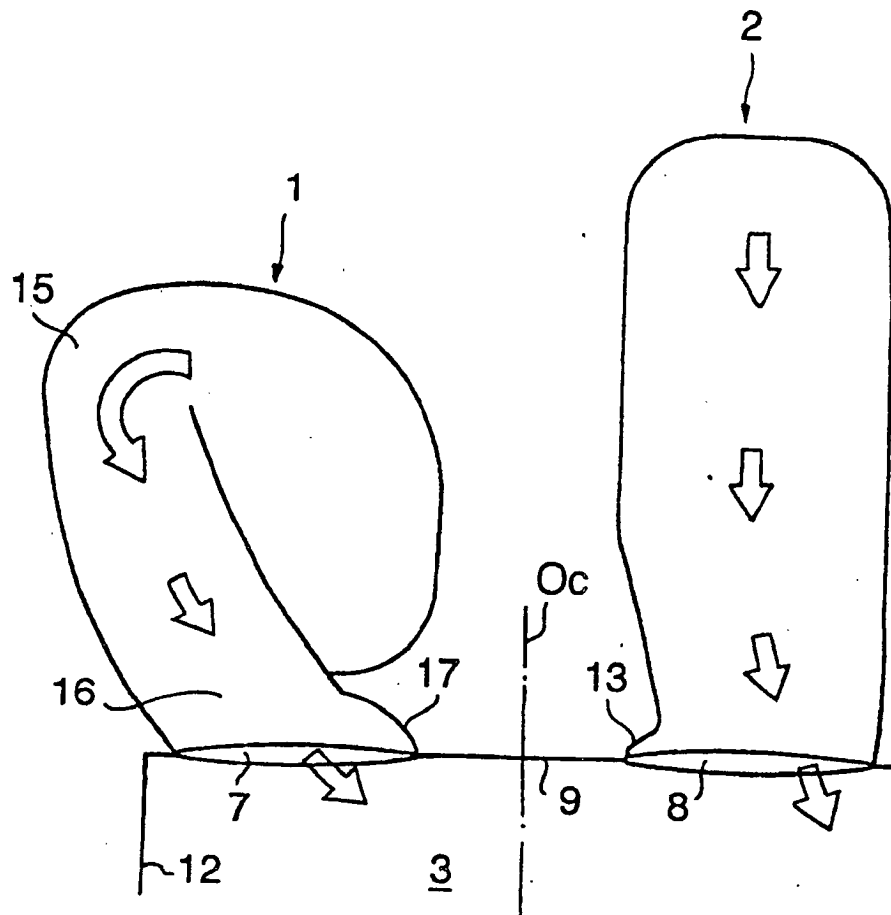


FIG. 4

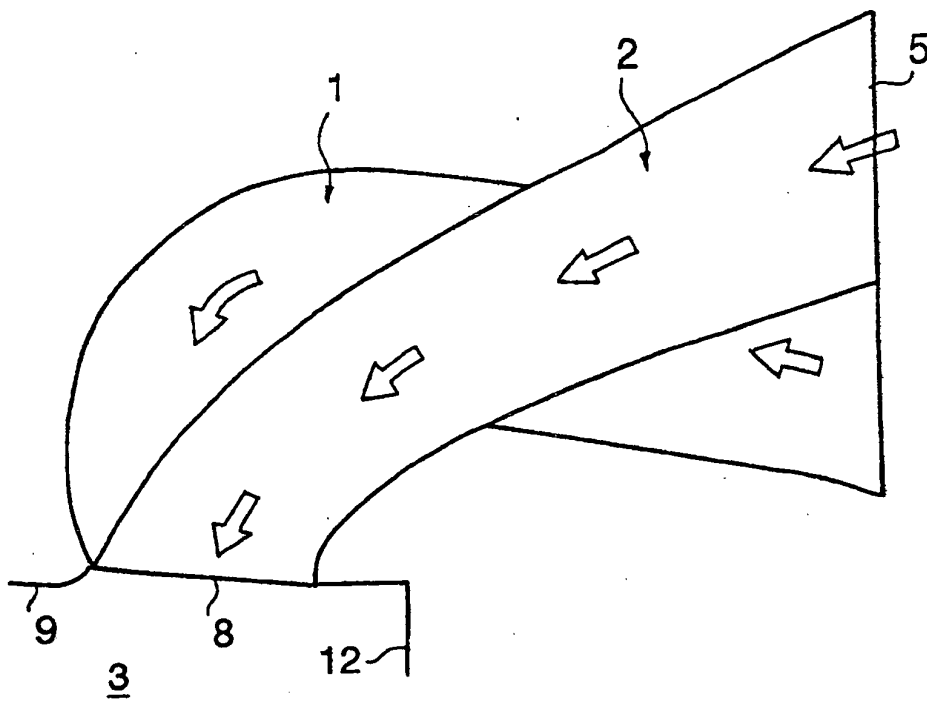


FIG. 5

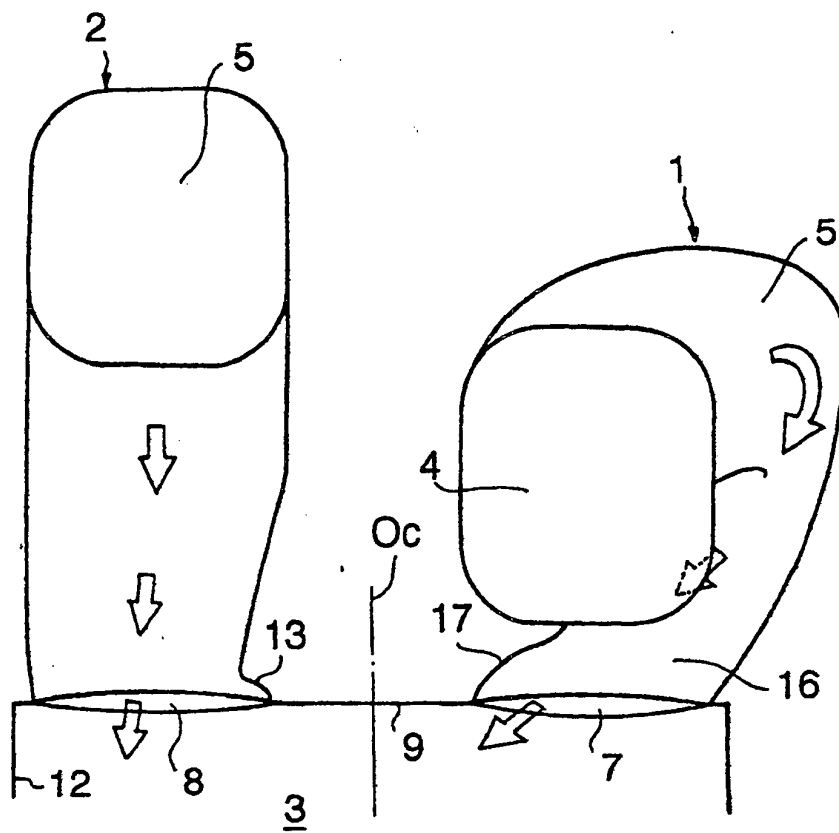
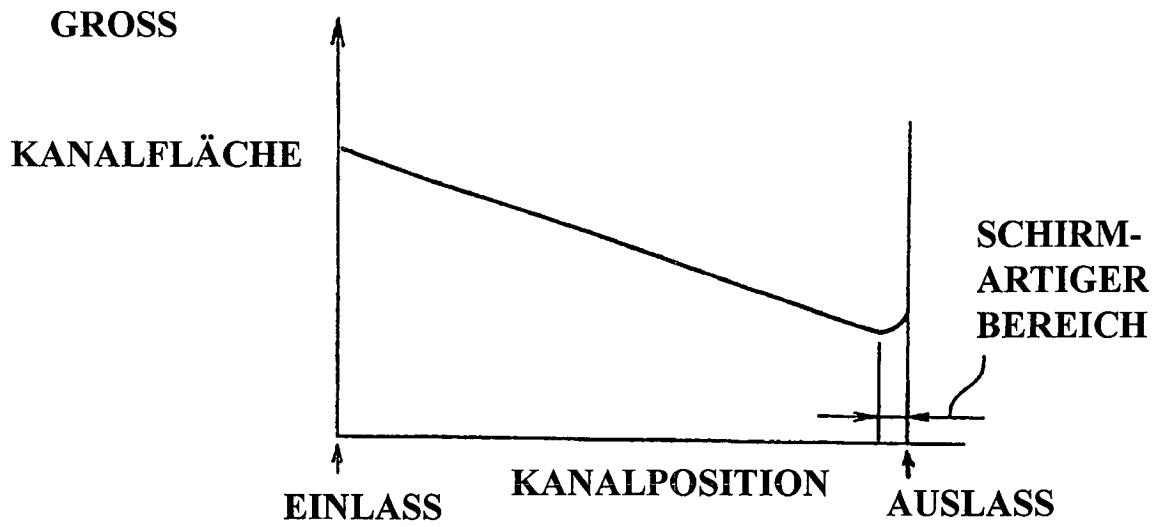
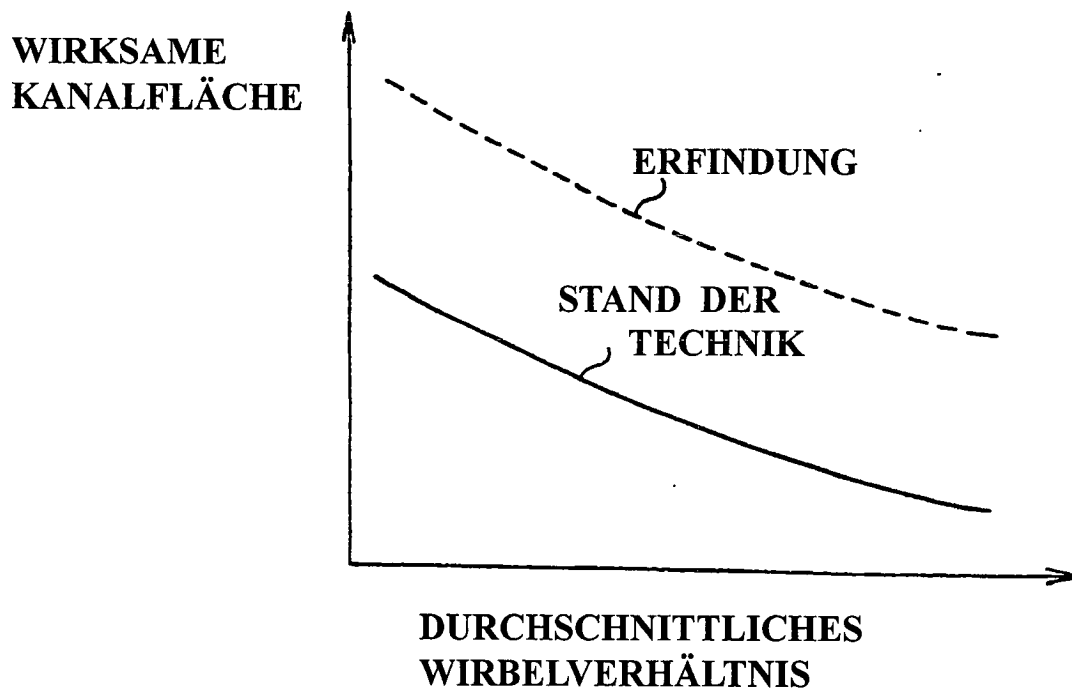


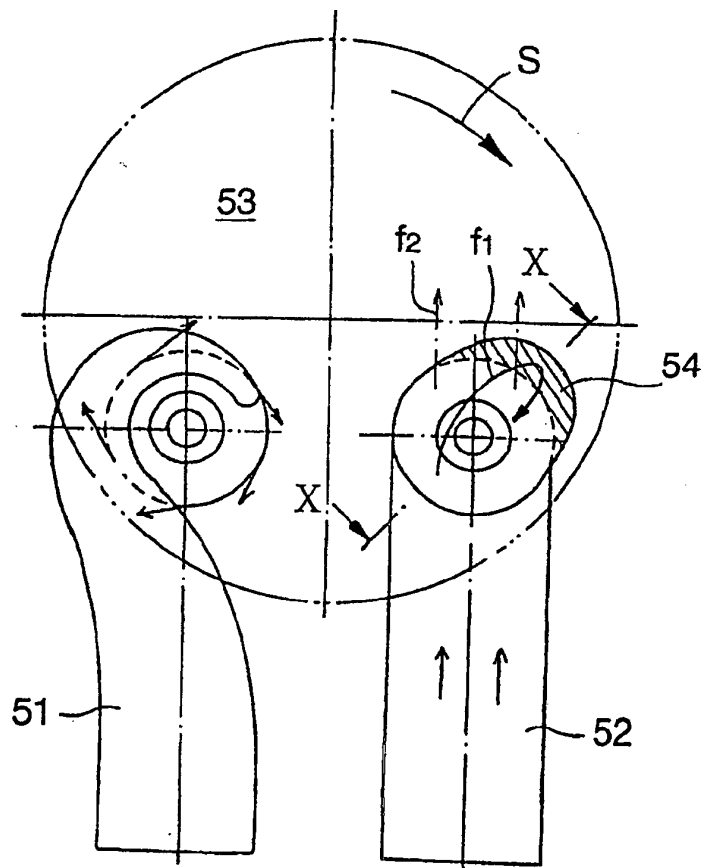
FIG. 6



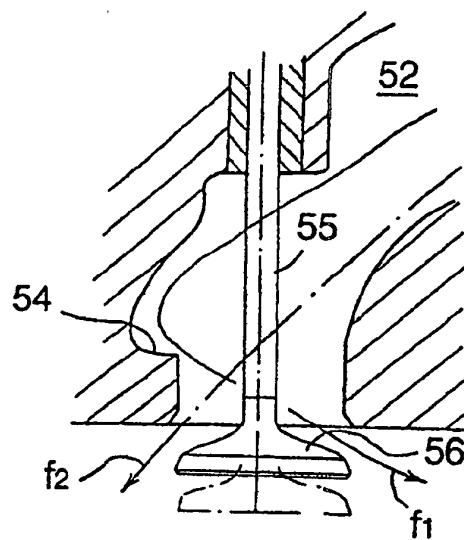
**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**  
**STAND DER TECHNIK**



**X-X-QUERSCHNITT**

**FIG. 10**  
**STAND DER TECHNIK**

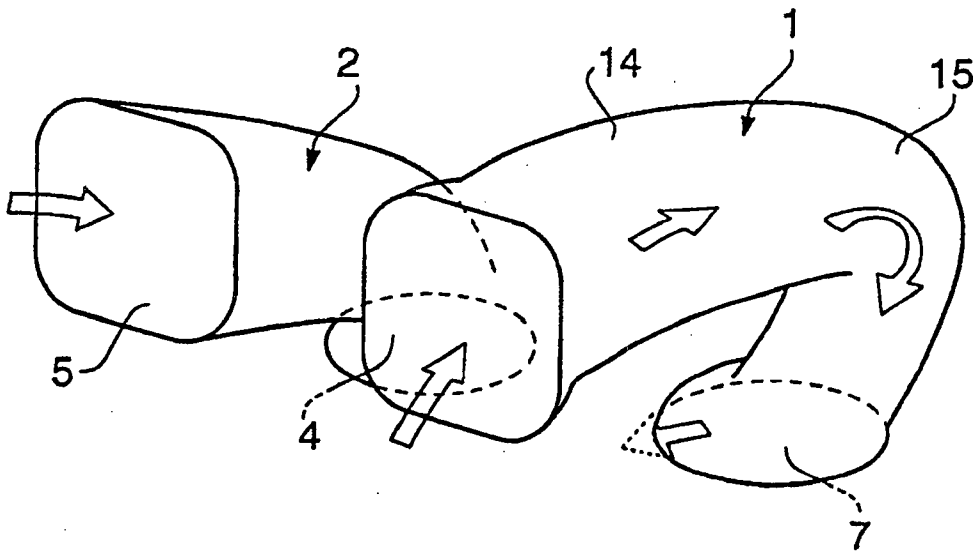


FIG. 11

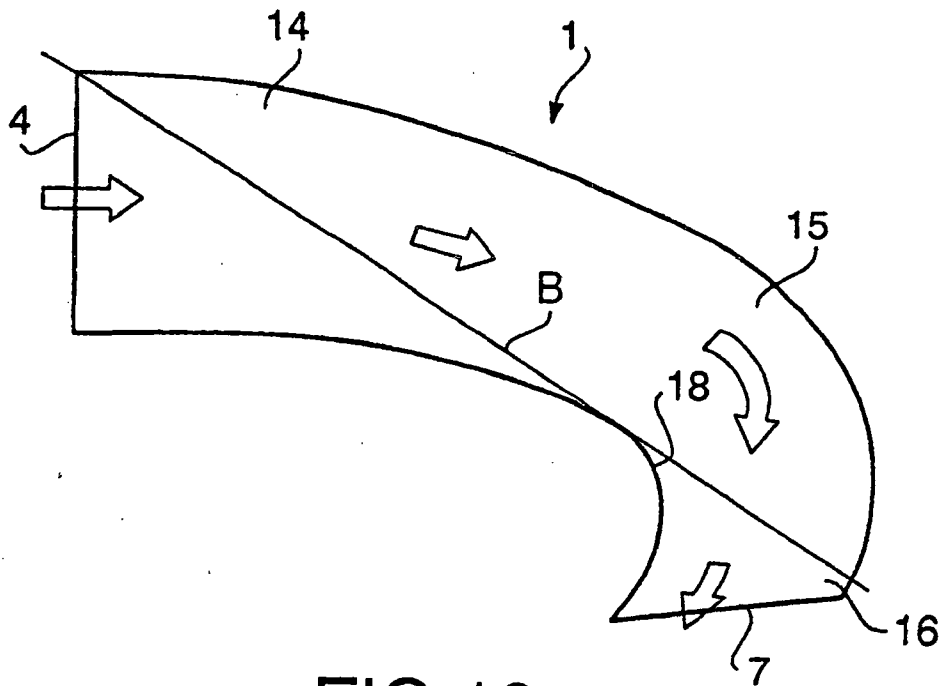


FIG. 12

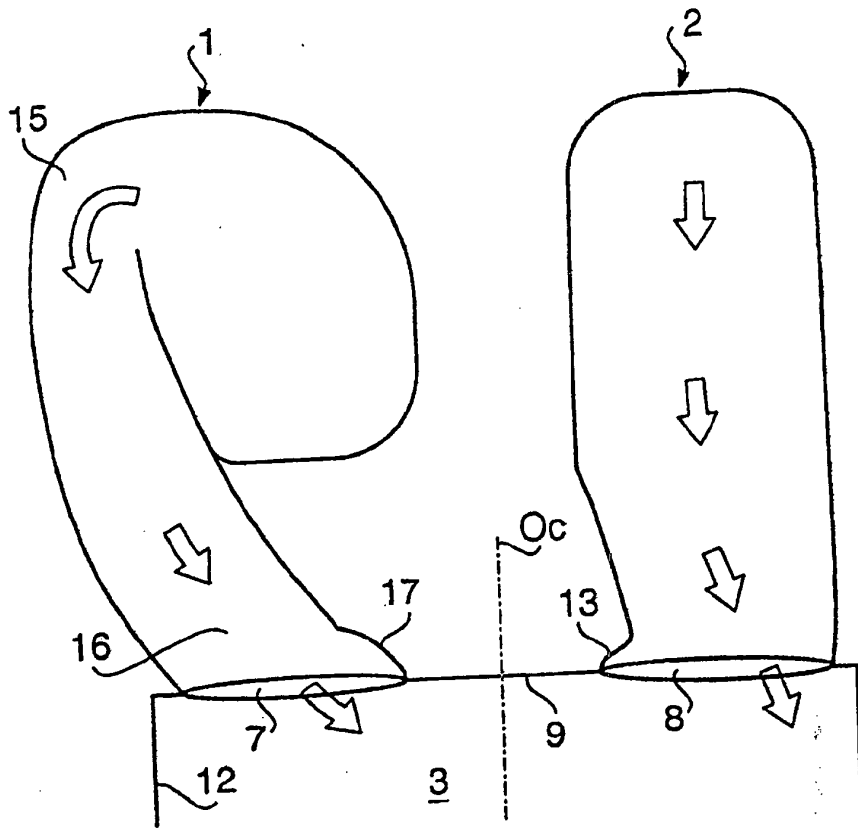


FIG. 13

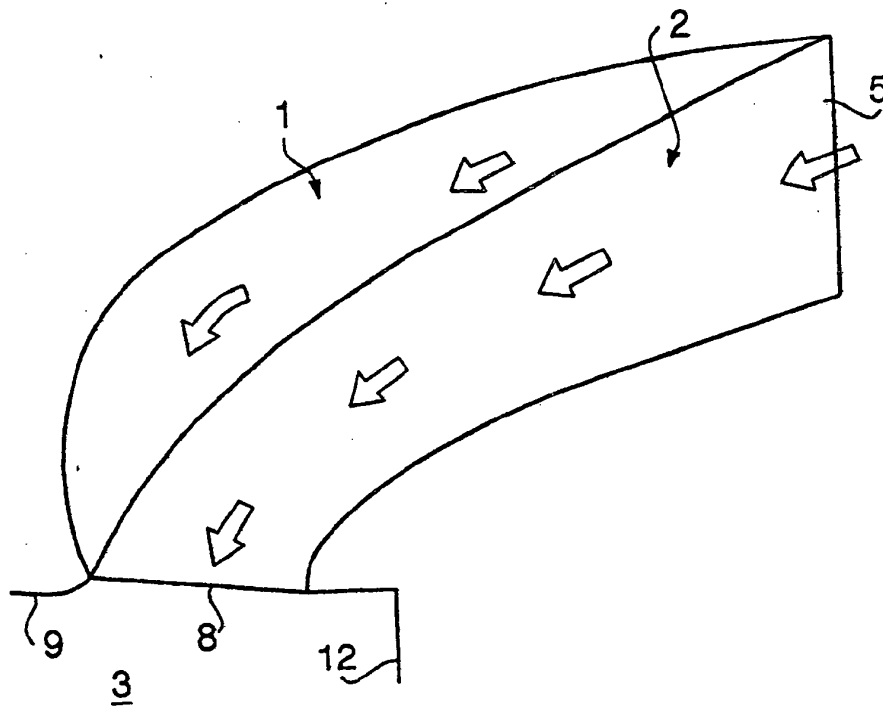


FIG. 14



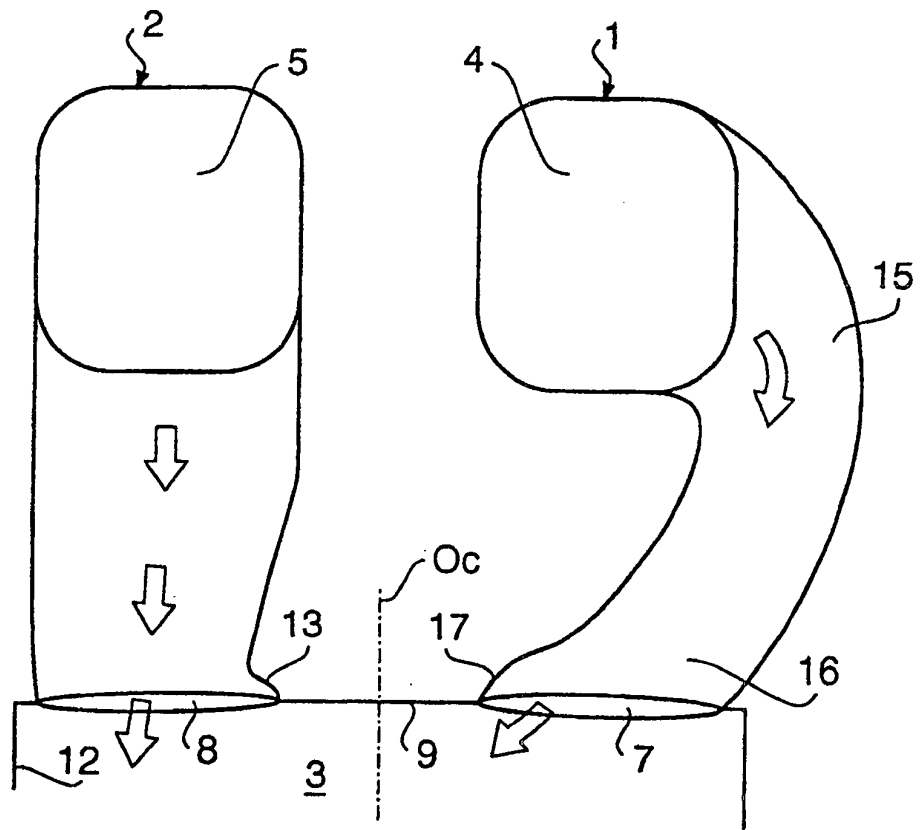


FIG. 15

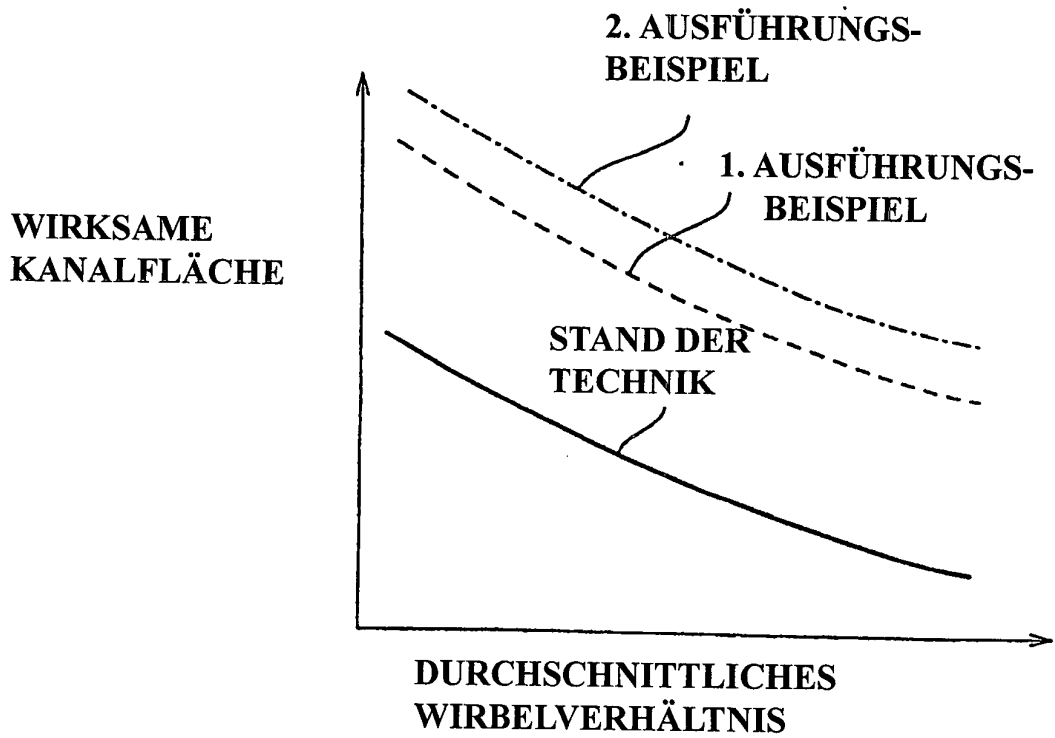


FIG. 16

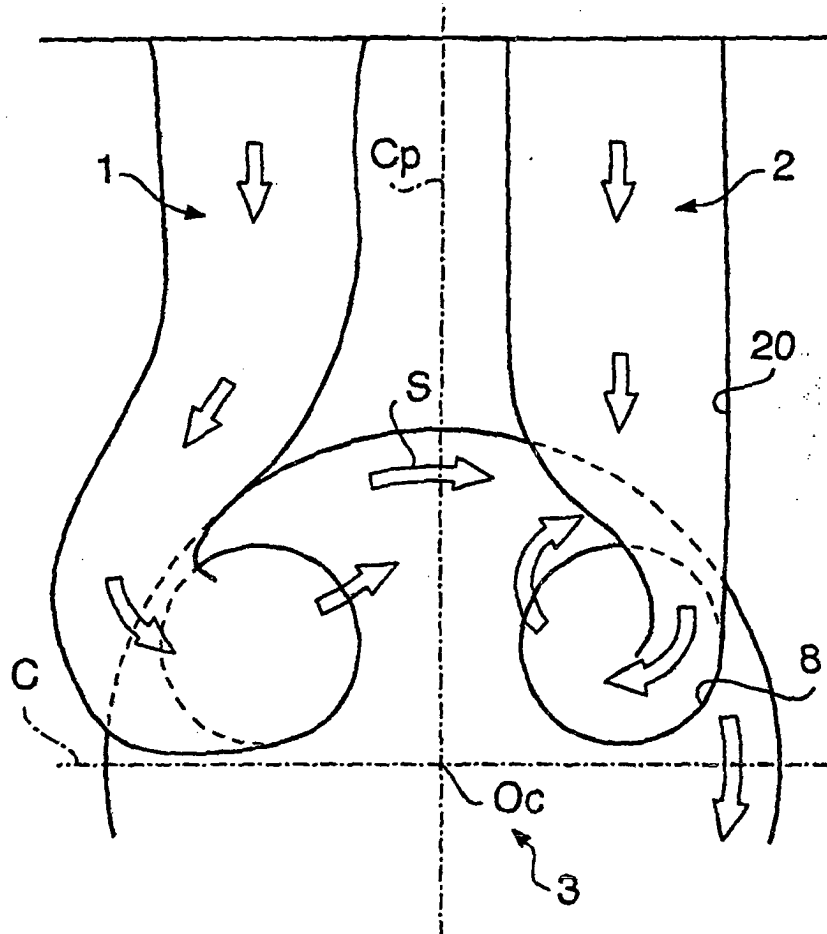


FIG. 17