



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/030319**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2013 000 183.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2013/004832**
(86) PCT-Anmeldetag: **12.08.2013**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **27.02.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **26.06.2014**

(51) Int Cl.: **F02B 23/10** (2006.01)
F02B 11/00 (2006.01)
F02B 23/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2012-185068 **24.08.2012** **JP**

(71) Anmelder:
Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP

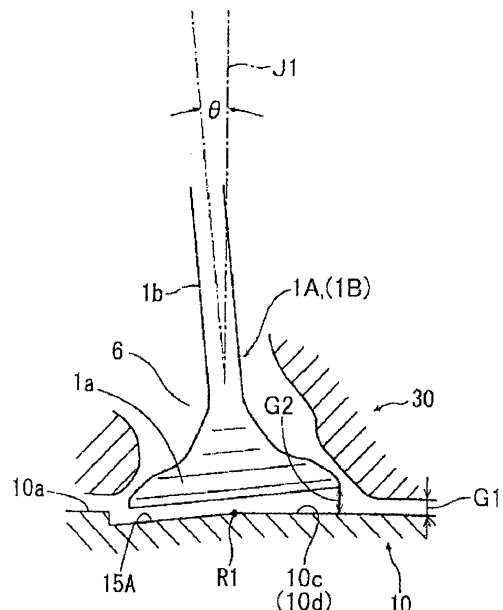
(74) Vertreter:
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538,
München, DE**

(72) Erfinder:
**Youso, Takashi, Hiroshima, JP; Hashiguchi,
Tadasu, Hiroshima, JP; Toda, Tadatomo,
Hiroshima, JP; Wasada, Mitsunori, Hiroshima, JP;
Nagatsu, Kazuhiro, Hiroshima, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennkammeraufbau für einen Motor**

(57) Zusammenfassung: Die Axialmittellinie des Einlassventils ist geneigt und der Abstand zwischen Kolbenbodenfläche und dem Bereich, der zumindest auf der der Kurbelwellenachse näheren Seite einen Teil der unteren Oberfläche des Ventilkopfes des Einlassventils bildet, vergrößert sich entsprechend der Annäherung der Kurbelwellenachse. Die Beziehung $G2 > G1$ ist erfüllt. Dabei steht $G1$ für den minimalen Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Zylinderkopfes, die zwischen dem Einlassventil und dem dem Einlassventil gegenüberliegenden Auslassventil mit dazwischenliegender Kurbelwellenachse angeordnet ist, und der Kolbenbodenfläche im oberen Totpunkt und $G2$ steht unter den verschiedenen Abständen zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfes der Einlassventile und der Kolbenbodenfläche für den kleinsten Abstand zur Kurbelwellenachse in der Taktmitte der Überlappung erfüllt wird, wenn Einlassventil und Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft den Brennkammeraufbau eines Motors mit Kompressionszündung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Motoren, die benzinhaltige Brennstoffe verwenden, arbeiten typischerweise mit einem Funkenzündsystem, in welchem ein Luft-Kraftstoff-Gemisch durch eine Zündkerze zwangsweise gezündet wird. Um signifikante Brennstoffeinsparungen zu erzielen, wurde kürzlich empfohlen, unter Verwendung eines benzinhaltigen Kraftstoffes die Kompressionszündung des Luft-Kraftstoff-Gemisches (Kompressionszündung des Vorgemisches) durch Erhöhung des geometrischen Verdichtungsverhältnisses des Motors auf ein hohes Kompressionsverhältnis von 15 oder höher zu erreichen.

[0003] Die Patentschrift 1 offenbart einen Motor mit einem Funkenzündsystem ohne Kompressionszündung, bei dem das geometrische Verdichtungsverhältnis allerdings trotzdem auf einen hohen Wert von 13 oder höher gesteigert wird. Dieser Motor verwendet eine einseitig abgeschrägte Brennkammer. Bei diesem Motor, bei dem Si1 die Querschnittsflächen der Brennkammer mit einer Vielzahl von zueinander parallel verlaufenden virtuellen Schnittebenen bezeichnet, die parallel zur linearen Pendelrichtung des Einlassventils und durch den Ventilkopf des Einlassventils verlaufen und Si2 die wirksame Öffnungsfläche (Schleieroberfläche) zwischen dem Ventilkopf und dem Ventilsitz bezeichnet, sind die Formen der Teile des Verbrennungsmotors so gestaltet, dass ein Verhältnis von $Si1 \geq Si2$ auf jeder virtuellen Schnittebene in der Taktmitte der Überlappung erfüllt ist, wenn Einlassventil und Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind. Demzufolge kann die vom umlaufenden Rand des Ventilkopfs in den Verbrennungsmotor zugeführte Ansaugluft reibungslos entlang der unteren Oberfläche des Ventilkopfes streichen. Daher werden Spülvermögen und Fülleffizienz erhöht.

[0004] Die Patentschrift 2 offenbart einen Zweitakt-Dieselmotor, in welchem die Ansaugluft aus einem Einlassventil eine Ringströmung entlang der Innenwandfläche eines Zylinders bildet, weil die Axialmittellinie des Einlassventils in Bezug auf die Zylinderachse geneigt ist.

[0005] Zur Auslösung der Kompressionszündung wird vorzugsweise ein möglichst homogenes Luft-Kraftstoff-Gemisch innerhalb des Zylinders gebildet werden. Zu diesem Zweck wird ein in der Mitte des Zylinders angeordnetes Kraftstoffeinspritzventil bevorzugt und gewünscht, dass der Kraftstoff vom Kraft-

stoffeinspritzventil gleichförmig in den gesamten Zylinder eingespritzt wird.

[0006] Es ist jedoch nicht leicht, eine ausreichende Menge eines homogenen Luft-Kraftstoff-Gemisches im Zylinder eines oben beschriebenen Motors mit sehr hohem geometrischen Kompressionsverhältnis zu bilden. Dies liegt daran, dass in einem Motor mit hohem geometrischen Kompressionsverhältnis der Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Zylinderkopfes und der Kolbenbodenfläche am oberen Totpunkt des Kolbens und in dessen Nähe extrem klein ist und sich der Spülvorgang während der Überlappung verschlechtert, wenn Einlassventil und Auslassventil geöffnet sind. Insbesondere ist der Spülvorgang im Hohlraum unzureichend, wenn ein Hohlraum in der Kolbenbodenfläche ausgebildet ist und es wird schwierig, genügend Ansaugluft in den Hohlraum zu liefern. Dies ist der Hauptgrund, warum die Fülleffizienz abnimmt und daher die Leistung abnimmt.
Patentschrift 1: Veröffentlichung der Japanischen Patentanmeldung Nr. 2009-162154
Patentschrift 2: Veröffentlichung der Japanischen Patentanmeldung Nr. H05-113120

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Die vorliegende Erfindung wurde in Anbetracht der vorstehenden Ausführungen entwickelt und ihr Ziel ist es, einen Brennkammeraufbau für einen Motor mit hohem Verdichtungsverhältnis bereitzustellen, in dem das geometrische Kompressionsverhältnis gleich oder größer 15 ist und der Brennkammeraufbau eine ausreichende Spülung des im Mittelteil der Kolbenbodenfläche gebildeten Hohlraums ermöglicht.

[0008] Um dieses Ziel zu erreichen, verwendet die vorliegende Erfindung einen wie nachstehend beschriebenen Brennkammeraufbau, in dem die Ansaugluft reibungslos in die Brennkammer eingeführt wird. Insbesondere wird die der Brennkammer zugeführte Ansaugluft in den Hohlraum aus dem umlaufenden Rand des Ventilkopfs der Einlassventile von einer Seite zugeführt, die weiter von der Zylinderachse entfernt ist.

[0009] Somit umfasst der Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung: einen Zylinderblock mit einem oder mehreren Zylindern; einen Zylinderkopf, der den Zylinder auf einer Seite in Richtung der Zylinderachse bedeckt; einen in den Zylinder pendelnd eingesetzten Kolben; zwei Einlassventile pro Zylinder auf einer Hälfte des Zylinders, die von der anderen durch die Kurbelwellenachse getrennt wird; und zwei Auslassventile pro Zylinder auf der anderen Hälfte des Zylinders, die von der ersten durch die Kurbelwellenachse getrennt wird und in einen Motor eingebaut ist, bei dem eine Kompressionszündung zumindest im Niedriglastbereich erfolgt.

Das geometrische Verdichtungsverhältnis des Zylinders ist auf 15 oder höher eingestellt und im Mittelteil der Kolbenbodenfläche ist ein Hohlraum ausgebildet. Ein Teil eines jeden Ventilkopfs der Einlassventile überlappt den Hohlraum in Richtung der Zylinderachse. Ventilvertiefungen zur Vermeidung von Kollisionen zwischen dem Kolben und den Ventilköpfen der Einlassventile sind in der Kolbenbodenfläche ausgebildet und so mit dem Hohlraum verbunden. Die Axialmittellinie des Einlassventils ist in Richtung der Zylinderachse so geneigt, dass sie mit zunehmendem Abstand vom Ventilkopf von der Zylinderachse zurückweicht und sich der Abstand zwischen Kolbenbodenfläche und dem Bereich entsprechend der Annäherung der Pleuellwellenachse vergrößert, der zumindest auf der der Pleuellwellenachse näheren Seite einen Teil der unteren Oberfläche des Ventilkopfes bildet. Die Beziehung $G2 > G1$ ist erfüllt, wobei $G1$ für den minimalen Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Pleuellkopfes, die zwischen dem Einlassventil und dem dem Einlassventil gegenüberliegenden Auslassventil mit dazwischenliegender Pleuellwellenachse angeordnet ist, und der Pleuellbodenfläche im oberen Totpunkt steht, und $G2$ für den kleinsten Abstand zur Pleuellwellenachse unter den verschiedenen Abständen zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfes der Einlassventile und der Pleuellbodenfläche in der Pleuellmitte der Überlappung, wenn Einlassventil und Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind, steht.

[0010] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass in einem Motor mit hohem Verdichtungsverhältnis mit Selbstentzündung die Fülleffizienz durch ausreichende Spülung des Hohlraums wirksam erhöht werden kann.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0011] Fig. 1 ist eine schematische Schnittzeichnung eines spezifischen beispielhaften Motors mit einem Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung.

[0012] Fig. 2 ist eine schematische Draufsicht auf einen Zylinder von einer Seite in Richtung der Zylinderachse (Oberseite) und zeigt die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0013] Fig. 3 ist eine perspektivische Ansicht und zeigt eine spezifische Form des Pleuels zur Verwendung in der ersten Ausführungsform.

[0014] Fig. 4 ist eine Seitenansicht des in Fig. 3 gezeigten Pleuels von einer Seite in Richtung der Pleuellwelle.

[0015] Fig. 5 ist eine Draufsicht des in Fig. 3 gezeigten Pleuels von oben.

[0016] Fig. 6 ist eine schematische Draufsicht, welche die gemeinsame Anordnung der Einlassventile, der Auslassventile und des Hohlraums veranschaulicht.

[0017] Fig. 7 ist eine Schnittzeichnung entlang der Linie VII-VII in Fig. 2.

[0018] Fig. 8 ist eine Schnittzeichnung entlang der Linie VIII-VIII in Fig. 2.

[0019] Fig. 9 ist eine Schnittzeichnung entlang der Linie IX-IX in Fig. 5.

[0020] Fig. 10 ist eine Schnittzeichnung entlang der Linie X-X in Fig. 5.

[0021] Fig. 11 ist eine Schnittzeichnung entlang der Linie XI-XI in Fig. 2.

[0022] Fig. 12 ist ein Kennfeld und veranschaulicht eine beispielhafte Einstellung der Überlappung der Ein- und Auslassventile.

[0023] Fig. 13 ist eine Draufsicht und zeigt die Position (Schnittposition) einer virtuellen Schnittfläche zum Bestimmen der Schleieroberfläche des Einlassventils und der Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf des Einlassventils.

[0024] Fig. 14 ist eine perspektivische Schnittzeichnung und zeigt gleichzeitig die Schleieroberfläche und Spalt-Oberfläche unter dem Ventilkopf.

[0025] Fig. 15 ist ein Kennfeld und veranschaulicht beispielhaft eine spezifische Einstellung der Schleier- und Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf.

[0026] Fig. 16 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt den Bereich der Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S-12.

[0027] Fig. 17 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt den Bereich der Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S-8.

[0028] Fig. 18 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt den Bereich der Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S-4.

[0029] Fig. 19 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt den Bereich der Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S0.

[0030] Fig. 20 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt den Bereich der Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S4.

[0031] Fig. 21 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt den Bereich der Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S8.

[0032] Fig. 22 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt die Spalt-Oberfläche unter dem Ventilkopf am Querschnittspunkt S0.

[0033] Fig. 23 ist eine Hauptdraufsicht und zeigt die Spalt-Oberfläche unter dem Ventilkopf am Querschnittspunkt S8.

[0034] Fig. 24 ist eine Draufsicht entsprechend Fig. 5 und zeigt einen Kolben für den Einsatz in der zweiten Ausführungsform.

[0035] Fig. 25 ist eine perspektivische Ansicht entsprechend Fig. 3 und zeigt einen Kolben für den Einsatz in der zweiten Ausführungsform.

[0036] Fig. 26 ist eine Schnittzeichnung entsprechend Fig. 11 und veranschaulicht die zweite Ausführungsform.

[0037] Fig. 27 ist eine Draufsicht entsprechend Fig. 5 und zeigt einen Kolben für den Einsatz in der dritten Ausführungsform.

[0038] Fig. 28 ist eine Schnittzeichnung entsprechend Fig. 11 und veranschaulicht die dritte Ausführungsform.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0039] Fig. 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Motors mit einem Brennkammeraufbau entsprechend der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der in der Figur gezeigte Motor ist ein Mehrzylinderreihenottomotor für ein Kraftfahrzeug und weist einen Zylinderblock **20** mit einer Vielzahl von Zylindern **5** auf (nur einer davon ist in Fig. 1 dargestellt), die rechtwinkelig zur Zeichnung nebeneinander angeordnet sind, einen auf dem Zylinderblock **20** befestigten Zylinderkopf **30**, der die obere Fläche der Zylinder **5** abgedeckt und einen in jedem Zylinder **5** pendelnd eingesetzten Kolben **10**. Eine Brennkammer mit einem sich entsprechend der vertikalen Position des Kolbens **10** verändernden Volumens wird über dem Kolben **10** gebildet. Der Kolben **10** ist über eine Pleuelstange **8** mit einer Pleuelwelle **9** verbunden und die Pleuelwelle **9** dreht sich um eine Achse als Reaktion auf die Pendelbewegung des Kolbens **10**.

[0040] Das geometrische Verdichtungsverhältnis jedes Zylinders **5** ist gleich oder größer als 15, d. h. das Verhältnis des Brennkammervolumens mit dem Kolben **10** im oberen Totpunkt zum Brennkammervolumen mit dem Kolben **10** im unteren Totpunkt ist gleich oder größer als 15. Ein entsprechender Wert

kann für das geometrische Verdichtungsverhältnis entnommen werden, vorausgesetzt es ist gleich oder größer als 15, aber beispielsweise ist 18 ein bevorzugter Wert für das geometrische Verdichtungsverhältnis.

[0041] Fig. 2 ist eine Draufsicht auf einen Zylinder **5**. In den Fig. 1 und Fig. 2 bezeichnet das Bezugszeichen J eine Zylinderachse, d. h. die Mittellinie des Zylinders **5**, und das Bezugszeichen K bezeichnet eine Pleuelwellenachse, d. h. Mittellinie der Pleuelwelle **9**. Die Zylinderachse J und die Pleuelwellenachse K stehen rechtwinkelig zueinander.

[0042] Im Zylinderkopf **30** sind für einen Zylinder **5** zwei Einlassventile **1A** und **1B** und zwei Auslassventile **2a** und **2b** vorgesehen. Die Einlassventile **1A** und **1B** haben jeweils einen scheibenförmigen Ventilkopf **1a**, der den Einlasskanal **6** im Zylinderkopf **30** schließen kann und einen Ventilschaft **1b**, der sich vom Ventilkopf **1a** nach oben erstreckt. Ebenso haben die Auslassventile **2A** und **2B** jeweils einen scheibenförmigen Ventilkopf **2a**, der den Einlasskanal **7** im Zylinderkopf **30** schließen kann und einen Ventilschaft **2b**, der sich vom Ventilkopf **2a** nach oben erstreckt.

[0043] Von der (oberen) Seite der Zylinderachse J aus betrachtet, sind die Einlassventile **1A** und **1B** so ausgelegt, dass sie entlang der Pleuelwellenachse K auf einer Seite (der linken Seite in Fig. 1) angeordnet sind, wobei angenommen wird, dass der Zylinder **5** von der Pleuelwellenachse K halbiert wird. Ebenso sind die Einlassventile **2A** und **2B** so ausgelegt, dass sie entlang der Pleuelwellenachse K auf einer Seite (der rechten Seite in Fig. 1) angeordnet sind, wobei angenommen wird, dass der Zylinder **5** von der Pleuelwellenachse K halbiert wird. Das Einlassventil **1A** ist gegenüber dem Auslassventil **2a** auf der anderen Seite der Pleuelwellenachse K angeordnet und das Einlassventil **1B** gegenüber dem Auslassventil **2b** auf der anderen Seite der Pleuelwellenachse K.

[0044] Wie in Fig. 12 gezeigt, sind die Einlassventile **1A** und **1B** und die Auslassventile **2A** und **2B** für eine vorgegebene Überlappungsdauer T, einschließlich dem oberen Totpunkt, gleichzeitig geöffnet. Einer der Gründe für eine solche Überlappungsdauer T, in welcher die Ein- und Auslassventile geöffnet sind, ist das Entsorgen (d. h. Spülen) der verbrannten Gase aus der Brennkammer. Das Bezugszeichen Tc in der Figur bezeichnet die Taktmitte der Überlappungsdauer T. Im in Fig. 12 gezeigten Beispiel ist die Taktmitte Tc der Überlappungsdauer in Bezug auf den oberen Totpunkt des Kolbens etwas vorzeitig eingestellt.

[0045] Ein Kraftstoffeinspritzventil **3** und zwei Zündkerzen (erste und zweite Zündkerze) **4A** und **4B** sind für einen Zylinder **5** im Zylinderkopf **30** vorgesehen. Das Kraftstoffeinspritzventil **3** ist so angeordnet, dass es sich in der der Zylinderachse J entsprechenden

Richtung in jedem Zylinder **5** erstreckt. Die erste Zündkerze **4A** ist zwischen den zwei Einlassventilen **1A** und **1B** in jedem Zylinder **5** vorgesehen und die zweite Zündkerze **4B** ist zwischen den beiden Auslassventilen **2A** und **2B** in jedem Zylinder **5** vorgesehen.

[0046] Ein hauptsächlich aus Benzin bestehender Kraftstoff wird vom Kraftstoffeinspritzventil **3** genauso wie bei einem üblichen Ottomotor eingespritzt. Der Begriff „hauptsächlich aus Benzin bestehender Kraftstoff“ bedeutet, dass auch Kraftstoffe mit anderen Hilfskomponenten als Benzin verwendet werden können. Mit anderen Worten kann im Motor der vorliegenden Ausführungsform ein Kraftstoff mit einem Benzingeht von 100% und ein Kraftstoff mit nicht-Benzin-Hilfskomponenten, wie z. B. Ethanol, verwendet werden.

[0047] Im oben beschriebenen Motor erfolgt die Verbrennung durch Kompressionszündung, genauer gesagt die Verbrennung durch Kompressionszündung des Vorgemisches, auch HCCI genannt (Homogene Kompressionszündung), im Niederlastbereich des Motors.

[0048] Genauer gesagt wird der Kraftstoff im Niedriglastbereich, in dem die Kompressionszündung erfolgt, vom Kraftstoffeinspritzventil **3** lange genug vor dem oberen Totpunkt eingespritzt. Der eingespritzte Kraftstoff wird infolge der Kompressionswirkung des Kolbens **10** erwärmt, während er sich mit der der Brennkammer zugeführten Ansaugluft vermischt und erreicht dann den Selbstzündungszustand, wenn sich der Kolben **10** in der Nähe des oberen Totpunktes der Kompression befindet. Die aus der Kompressionszündung resultierende Verbrennung erfolgt in einer mageren Atmosphäre bei einem Gas-Luft-Kraftstoffverhältnis (dargestellt durch G/F) von gleich oder größer 20. Dabei steht G für die Gesamtgasmenge (Gewicht) aus neuer Luft und AGR-Gas und F steht für die Kraftstoffmenge (Gewicht).

[0049] In einem anderen Betriebsbereich (d. h. dem Hochlastbereich des Motors), in dem keine Kompressionszündung erfolgt, wird Funkenzündung durchgeführt. Dabei wird das Luft-Kraftstoff-Gemisch zwangsweise durch Funkenzündung der Zündkerzen **4A**, und **4B** verbrannt. Genauer gesagt wird der Kraftstoff im Hochlastbereich des Motors vom Kraftstoffeinspritzventil **3** unmittelbar vor dem oberen Totpunkt eingespritzt und danach wird Zündenergie durch Funkenzündung der beiden Zündkerzen **4A** und **4B** erzeugt. Das bei einer solchen Funkenzündung erreichte Luft-Kraftstoff-Verhältnis ist hinreichend fetter als das Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei einer Kompressionszündung, genauer gesagt wird ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder ein dem ähnliches mageres Luft-Kraftstoff-Verhältnis erreicht

[0050] Eine Last an der Grenze zwischen dem Betriebsbereich, in dem die Verbrennung durch Zündung oder durch Kompressionszündung erfolgt, wird auf die untere Lastseite eingestellt, wenn die Motordrehzahl zunimmt.

[0051] Fig. 3 bis Fig. 5 zeigen die Form des Kolbens **10**. Wie in den Figuren gezeigt, ist der Hohlraum **11** (auf der dem Zylinderkopf **30** entgegengesetzten Seite) im Mittelteil der Kolbenbodenfläche (obere Oberfläche) des Kolben **10** konkav nach unten ausgebildet. Der Hohlraum **11** ist in Richtung der Zylinderachse betrachtet im Wesentlichen rund und im Mittelteil des Hohlraums **11** ist ein gipfförmiger Vorsprung **11a** ausgebildet.

[0052] Die ebenen Oberflächen **10a**, **10b**, **10c** und **10d** erstrecken sich entlang der zur Zylinderachse J rechtwinklig verlaufenden Fläche und die Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** und die Senkungen **12A** und **12B**, die flacher sind als der Hohlraum **11**, sind in einem Bereich der Kolbenbodenfläche **10** außerhalb des Hohlraums **11** ausgebildet.

[0053] Genauer gesagt sind bei der vorliegenden Ausführungsform die Ventilvertiefungen **15A** und **15B** in den Bereichen der Kolbenbodenfläche **10** ausgebildet, die den Ventilköpfen **1a** der Einlassventile **1A** und **1B** zugewandt sind und die Ventilvertiefungen **16A** und **16B** sind in den Bereichen der Kolbenbodenfläche **10** ausgebildet, die den Ventilköpfen **2a** der Auslassventile **2A** und **2B** zugewandt sind. Ferner sind die Senkungen **12A** und **12B** so ausgebildet, dass sie mit dem Hohlraum **11** in der Kolbenbodenfläche **10** in den Bereichen verbunden sind, die den ersten und zweiten Zündkerzen **4A** und **4B** zugewandt sind. In der folgenden Erklärung, bei der die vier Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** voneinander zu unterscheiden sind, wird die Ventilvertiefung **15A** für das Einlassventil **1A** als die „erste Ventilvertiefung“, die Ventilvertiefung **15B** für das Einlassventil **1B** als die „zweite Ventilvertiefung“, die Ventilvertiefung **16A** für das Auslassventil **2A** als die „dritte Ventilvertiefung“ und die Ventilvertiefung **16B** für das Auslassventil **2B** als die „vierte Ventilvertiefung“ bezeichnet.

[0054] Die Abschnitte der Kolbenbodenfläche **10** außerhalb des Hohlraums **11**, der Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** und der Senkungen **12a**, **12b** werden als ebene Oberflächen (**10a** bis **10d**) angenommen. In der vorliegenden Ausführungsform wird die ebene Oberfläche zwischen der ersten Ventilvertiefung **15A** für das Einlassventil **1A** und der zweiten Ventilvertiefung **15B** für das Einlassventil **1B** durch **10a**, die ebene Oberfläche zwischen der dritten Ventilvertiefung **16A** für das Auslassventil **2A** und die vierte Ventilvertiefung **16B** für das Auslassventil **2B** durch **10b**, die ebene Oberfläche zwischen der ersten Ventilvertiefung **15A** für das Einlassventil **1A** und der

dritten Ventilvertiefung **16A** für das Auslassventil **2A** durch **10c** und die ebene Oberfläche zwischen der zweiten Ventilvertiefung **15B** für das Einlassventil **1B** und der vierten Ventilvertiefung **16B** für das Auslassventil **2B** als **10d** bezeichnet. Die Höhe dieser ebenen Oberflächen **10a**, **10b**, **10c** und **10d** ist gleich und diese ebenen Flächen sind höher als die Bodenfläche des Hohlraums **11**, die Bodenflächen der Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** und die Bodenflächen der Senkungen **12A** und **12B**.

[0055] Wie in **Fig. 6** gezeigt, sind die Einlassventile **1A** und **1B** und die Auslassventile **2A** und **2B** so ausgebildet, dass Teile der Ventilköpfe **1A** und **2A** den Hohlraum **11** des Kolbens **10** in Richtung der Zylinderachse überlappen.

[0056] Wie in den **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigt, wird das Kraftstoffeinspritzventil **3** so ausgebildet, dass es sich unmittelbar über dem vorstehenden Teil **11a** des Hohlraums **11** befindet. Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist die erste Zündkerze **4A** so vorgesehen, dass deren Spitze (Elektrodenenteil) in der Senkung **12A** aufgenommen wird und die zweite Zündkerze **4B** ist so vorgesehen, dass deren Spitze (Elektrodenenteil) in der Vertiefung **12B** aufgenommen wird.

[0057] Wie in den **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigt, handelt es sich bei den Teilen der unteren Oberfläche des Zylinderkopfs **30**, der den ebenen Flächen **10a**, **10b**, **10c** und **10d** des Kolbens **10** zugewandt ist, um ebene Flächen entlang der zur Zylinderachse J rechtwinkelig verlaufenden Fläche. Als Ergebnis wird ein gleichförmig kleiner Spalt zwischen dem Zylinderkopf **30** und den ebenen Flächen **10a** bis **10d** des Kolbens im oberen Totpunkt gebildet. Daher wird die Zunahme des geometrischen Kompressionsverhältnisses (der Übergang zu einem hohen Kompressionsverhältnis) und die Bildung einer Quetschströmung (Strömung von der umlaufenden Kante in die Mitte der Brennkammer) begünstigt. Wie bereits oben erwähnt, ist der Abstand in der Brennkammer über den ebenen Flächen **10a** bis **10d** klein. Daher wird das Volumen der Brennkammer, wenn sich der Kolben **10** im oberen Totpunkt befindet, vor allem durch den Hohlraum **11** aufgenommen.

[0058] In den **Fig. 3**, **Fig. 5** und **Fig. 11** bezeichnet das Bezugszeichen R1 die Grenzposition zwischen der ersten und zweiten Ventilvertiefung **15A** und **15B** für die Einlassventile **1a** und **1b** und den benachbarten ebenen Oberflächen **10c** und **10d**. Die Grenzposition R1 ist so eingestellt, dass sie sich parallel zur Kurbelwellenachse K an den Positionen vergrößert, die der Mitte des Ventilkopfs **1a** der Einlassventile **1A** und **1B** entsprechen (im Wesentlichen entsprechen diese der Mitte des Ventilkopfs **1a** in Richtung der Zylinderachse). Die ersten und zweiten Ventilvertiefungen **15A** und **15B** sind in der Bodenfläche des Kolbens **10** in den Bereichen ausgebildet, die den

Ventilköpfen **1a** der Einlassventile **1A** und **1B** in den Bereichen auf der Seite der Grenzposition R1 entsprechen, die weiter von der Kurbelwellenachse K entfernt sind. Wie in **Fig. 11** gezeigt, handelt es bei den Bodenflächen der ersten und zweiten Ventilvertiefung **15A** und **15B** insbesondere um Schrägen, die so geneigt sind, dass deren Höhe mit zunehmendem Abstand von der Kurbelwellenachse K abnimmt.

[0059] Die Kolbenbodenfläche **10** auf der Seite der Grenzposition R1, die näher an der Kurbelwellenachse K liegt, wird als die oben beschriebene ebene Fläche **10c** und **10d** verwendet. Mit anderen Worten sind die ersten und zweiten Ventilvertiefungen **15A** und **15B** stufenlos mit den ebenen Flächen **10c** und **10d** des Kolbens **10** an der Grenzposition R1 verbunden.

[0060] Die gleiche Bauform wird für die dritte und vierte Ventilvertiefung **16A** und **16B** für die Auslassventile **2A** und **2B** verwendet. Wird daher eine Grenzposition R2 eingenommen, die den Mitten der Ventilköpfe **2a** der Auslassventile **2A** und **2B** entspricht und parallel zur Kurbelwellenachse K liegt, wird die dritte und vierte Ventilvertiefung **16A** und **16B** in der Kolbenbodenfläche **10** in den Abschnitten, die den Ventilköpfen **2a** der Auslassventile **2A** und **2B** in den Bereichen auf der Seite der Grenzposition R2 zugewandt sind gebildet, die weiter von der Kurbelwellenachse K entfernt sind. Bei den Bodenflächen der dritten und vierten Ventilvertiefung **16A** und **16B** handelt es sich um Schrägen, die so geneigt sind, dass deren Höhe mit zunehmendem Abstand von der Kurbelwellenachse K abnimmt.

[0061] Die Kolbenbodenfläche **10** auf der Seite der Grenzposition R2, die näher an der Kurbelwellenachse K liegt, wird als die oben beschriebene ebene Fläche **10c** und **10d** verwendet. Mit anderen Worten sind die dritten und vierten Ventilvertiefungen **16A** und **16B** stufenlos mit den ebenen Flächen **10c** und **10d** des Kolbens **10** an der Grenzposition R2 verbunden.

[0062] Wie oben beschrieben, bilden sich in der vorliegenden Ausführungsform auf der Kolbenbodenfläche **10** zwischen den Grenzpositionen R1 und R2 die ebene Flächen **10c** und **10d** mit einer vergleichsweise großen Oberfläche, die sich entlang einer zur Kurbelwellenachse K rechtwinkelig verlaufenden Ebene erstrecken. Wenn sich diese ebenen Flächen **10c** und **10d** mit einer großen Oberfläche am umlaufenden Rand des Kolbens **10** bilden, nähern sich diese ebenen Flächen **10c** und **10d** dem Zylinderkopf **30**, wenn sich der Kolben **10** hebt. Dadurch kann sich in einem großen Bereich eine gute Quetschströmung bilden. Da es unwahrscheinlich ist, dass sich auf den ebenen Flächen **10c** und **10d** ein Ansaugluftstrom in Umfangsrichtung bildet, wird ein Ansaugluftstrom vom Einlassventil **1A** zum Auslassventil **2A** gehemmt und der Ansaugluftstrom vom Einlassventil **1B** zum Auslassventil **2B** wird ebenfalls gehemmt.

[0063] Die Beziehung zwischen dem Einlassventil **1A** und der ersten Ventilvertiefung **15A** wird nachstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 11** näher erläutert. Der Ventilschaft **1b** des Einlassventils **1A** liegt auf einer zur Kurbelwellenachse **K** rechtwinkelig verlaufenden Ebene und ist außerdem so ausgelegt, dass er in einem vorbestimmten Winkel θ (hier 5 Grad) zur Zylinderachse **J** liegt. Genauer gesagt ist die Mittelachse des Ventilschafts **1b** in Richtung der Kurbelwelle so geneigt, dass sie sich allmählich von der Zylinderachse **J** entfernt, je weiter sie sich vom Ventilkopf **1a** des Einlassventils **1A** (nach oben) entfernt. In **Fig. 11** wird die virtuelle Achsenlinie, die parallel zur Zylinderachse **J** verläuft, durch das Bezugszeichen **J1** dargestellt und der durch die virtuelle Achsenlinie **J1** und die Mittellinie des Ventilschaftes **1b** gebildete Winkel wird durch θ dargestellt.

[0064] Der Neigungswinkel der Bodenfläche der ersten Ventilvertiefung **15A** ist so gestaltet, dass er dem Neigungswinkel θ des Ventilschafts **1b** entspricht. Mit anderen Worten verlaufen die untere Fläche des Ventilkopfes **1a** des Einlassventils **1A** und die Bodenfläche der ersten Ventilvertiefung **15A** parallel zueinander. Da sich jedoch die Grenzposition **R1** der ersten Ventilvertiefung **15A** im Wesentlichen in der Mitte des Ventilkopfes **1a** auf der Seite der Grenzposition **R1** befindet, die näher an der Kurbelwellenachse **K** liegt, ist der Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfes **1a** und der ebenen Fläche **10c** des Kolbens **10** so eingestellt, dass er größer wird, wenn man sich die Kurbelwellenachse **K** nähert. Mit anderen Worten: Streicht die der Brennkammer vom umlaufenden Rand des Ventilkopfes **1a** (linke Endposition in **Fig. 11**) zugeführte Ansaugluft (in **Fig. 2** insbesondere der umlaufende Rand im unten beschriebenen dritten Quadranten **A** des Ventilkopfes **1a**) durch die untere Fläche des Ventilkopfes **1a**, kann die Ansaugluft reibungslos durch den Spalt strömen, der durch die oben beschriebene Einstellung der Neigungswinkel θ schrittweise erweitert wurde. Weil ein Teil der ersten Ventilvertiefung **15A** (einem Teil nahe der benachbarten zweiten Ventilvertiefung **15B**) mit dem Hohlraum **11** verbunden ist, kann die Ansaugluft insbesondere in der vorliegenden Ausführungsform, wie in **Fig. 5** gezeigt wird, problemlos durch die untere Oberfläche des Ventilkopfes **1a** in den Hohlraum **11** strömen.

[0065] Ferner ist in der vorliegenden Ausführungsform die ebene Fläche **10c** mit einer vergleichsweise großen Oberfläche zwischen der ersten Ventilvertiefung **15A** und der dritten Ventilvertiefung **16A** ausgebildet, und diese fördert auch die oben erwähnte Einführung der Ansaugluft in den Hohlraum **11**. Genauer gesagt werden in der vorliegenden Ausführungsform der minimale Spalt zwischen der unteren Oberfläche des Zylinderkopfes **30**, der zwischen dem Einlassventil **1A** und dem Auslassventil **2A** liegt und dem Einlassventil **1A** mit dazwischen liegender Kur-

belwellenachse **K** zugewandt ist, und die ebene Fläche **10c** des Kolbens **10**, welche der unteren Fläche zugewandt ist, als der in **Fig. 11** gezeigte Wert **G1** in der Taktmitte **Tc** der Überlappung verwendet. Wird der maximale Wert des Spaltes zwischen der ebenen Fläche **10c** und der unteren Fläche des Ventilkopfes **1a** des Einlassventils **1A** in der Taktmitte **Tc** der gleichen Überlappung als **G2** genommen, d. h. einem Spalt zwischen der ebenen Fläche **10c** und dem umlaufenden Rand (rechte Endposition in **Fig. 11**) auf der Seite der Ventilkopf **1a**, der am nächsten zur Kurbelwellenachse **K** liegt, dann wird die Beziehung zwischen dem maximalen Spalt **G2** und dem minimalen Spalt **G1** als $G2 > G1$ eingestellt. Als Folge ist die Strömung der Ansaugluft vom Einlassventil **1A** zum Auslassventil **2A** ungehindert. Daher wird die oben erwähnte Zufuhr der Ansaugluft in den Hohlraum **11** weiter begünstigt.

[0066] In diesem Fall wird der Ventilkopf **1a** des Einlassventils **1A** in Richtung der Zylinderachse virtuell in vier Regionen (Quadranten) unterteilt. Genauer gesagt und wie in **Fig. 2** gezeigt, wird die Richtung, die durch die Mitte des Ventilkopfes **1a** des Einlassventils **1A** und senkrecht zur Kurbelwellenachse **K** verläuft als X-Achse genommen und die Richtung, die durch die Mitte des Ventilkopfes **1a** des Einlassventils **1A** und parallel zur Kurbelwellenachse **K** verläuft als Y-Achse genommen. Von den vier Regionen, die man durch das Teilen des Ventilkopfes **1a** mit der X-Achse und Y-Achse erhält, wird die Region, die am weitesten von der Zylinderachse **J** entfernt ist, als dritter Quadrant **A** genommen. Die Region neben dem dritten Quadranten **A** in der X-Achsenrichtung wird als vierter Quadrant **B**, die Region neben dem dritten Quadranten **A** in der Y-Achsenrichtung als der zweite Quadrant **C** und die Region neben dem zweiten Quadranten **C** in X-Achsenrichtung wird als erster Quadrant **D** genommen.

[0067] Die vom umlaufenden Rand des dritten Quadranten **A** und dem vierten Quadranten **B** des Ventilkopfes **1a** in die Brennkammer zugeführte Ansaugluft strömt durch den oben beschriebenen Aufbau (Vergrößerung des Spaltes **G2** durch Einstellung des Neigungswinkels θ) hauptsächlich in Richtung des Hohlraums **11** und eine durch einen Pfeil α in **Fig. 2** gezeigte Strömung wird gebildet. In **Fig. 2** wird die Strömung der Ansaugluft vom dritten und vierten Quadranten **A** und **B** in Richtung des Auslassventils **2A** durch einen Pfeil β gezeigt. Weil der durch den Pfeil β gezeigte Ansaugluftstrom durch den oben beschriebenen Aufbau (Verringerung des Spaltes **G1**) blockiert wird, wird die Strömung in Richtung des Pfeils α entsprechend verstärkt. Als Ergebnis einer solchen Verstärkung der Strömung der Ansaugluft in Richtung des Pfeiles α wird die Zufuhr der Ansaugluft in den Hohlraum **11** begünstigt und das Innere des Hohlraums **11** wird ausreichend gespült.

[0068] Ferner wird in der vorliegenden Ausführungsform die folgende Anordnung in Bezug auf das Einlassventil **1A** verwendet, um die Strömung in Richtung des Pfeils α noch weiter zu intensivieren.

[0069] Zuerst wird, wie in **Fig. 13** gezeigt, in Richtung der Zylinderachse eine virtuelle Linie Z angenommen, welche die Zylinderachse J mit der Mitte des Ventilkopfs **1a** des Einlassventils **1A** verbindet. Dann wird angenommen, dass der Ventilkopf **1a** durch willkürliche Querschnitt geteilt wird, die senkrecht zur virtuellen Linie Z und parallel zur Axialmittellinie (Mittelachse des Ventilschafts **1b**) des Einlassventils **1** verlaufen. Die Querschnittspunkte werden in diesem Fall mit S_i bezeichnet. Das „ i “ im Querschnittspunkt S_i repräsentiert den Abstand (mm) von der Mitte (Ventilmitte) des Ventilkopfs **1a** zur Zylinderachse J auf der virtuellen Linie Z . Daher ist „ i “ gleich 0 ist, wenn der Querschnittspunkt durch die Ventilmitte verläuft, hat einen negativen Wert, wenn sich der Querschnittspunkt (auf der Seite der Zylinderlaufbuchse) bei Zylinder **5** von der Ventilmitte radial nach außen verschiebt und einen positiven Wert, wenn sich der Querschnittspunkt (auf der Seite der Zylinderachse J) bei Zylinders **5** von der Ventilmitte radial nach innen verschiebt. **Fig. 13** zeigt S-12, S-8, S-4, S0, S4 und S8 beispielhaft dafür, wenn Querschnittspunkte dieser Regel folgen. Beispielsweise ist S-12 ein Querschnittspunkt mit einem Abstand zur Ventilmitte von -12 mm radial nach außen, S0 ein Querschnittspunkt, der durch die Ventilmitte verläuft und S8 ist ein Querschnittspunkt mit einem Abstand zur Ventilmitte von 8 mm radial nach innen.

[0070] Ferner zeigt **Fig. 14** in der vorliegenden Ausführungsform eine Schleieroberfläche S_i^{A1} für den Ventilkopf **1a** und eine Spaltoberfläche S_i^{A2} unter dem Ventilkopf **1a** als Kenngrößen des Einlassventils **1a** an willkürlichen Querschnittspunkten S_i . Beispielsweise ist die Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S-12 gleich $S-12^{A1}$, die Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S0 gleich $S-0^{A1}$ und die Schleieroberfläche am Querschnittspunkt S8 gleich $S-8^{A1}$. Ferner ist die Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf **1a** am Querschnittspunkt S-12 gleich $S-12^{A2}$, die Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf **1a** am Querschnittspunkt S0 gleich $S0^{A2}$ und die Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf **1a** am Querschnittspunkt S8 gleich $S8^{A2}$.

[0071] Wie in den **Fig. 14** und **Fig. 16 bis Fig. 21** gezeigt, ist die hier bezeichnete „Schleieroberfläche S_i^{A1} am Querschnittspunkt S_i “ definiert als der kürzeste Abstand d (**Fig. 14**) zwischen der Ventilsitzfläche und dem Ventilkopf **1a**, die auf dieser in der Taktmitte T_c der Überlappung zum Sitzen kommt und die Länge W (**Fig. 16 bis Fig. 21**) in Umfangsrichtung, die in Bezug auf die Schnittstelle S_i bestimmt wird, genauer gesagt ein Wert, der sich durch Integration des kürzesten Abstands d über den Bereich der Länge W in Umfangsrichtung ergibt. Wie hier verwendet ent-

spricht die Länge W in Umfangsrichtung der Länge des umlaufenden Randes im überlappenden Teil des Bereichs auf der Seite der Querschnittspunkte S_i , die weiter von der Zylinderachse J und dem dritten Quadranten A und dem vierten Quadranten B des Ventilkopfs **1a** entfernt ist. In den **Fig. 16 bis Fig. 21** wird die Schleieroberfläche S_i^{A1} als kreisbogenförmiger weißer Bereich dargestellt.

[0072] Wie in **Fig. 14** gezeigt, ist die hier bezeichnete „Spaltoberfläche S_i^{A2} unter dem Ventilkopf **1a** am Querschnittspunkt S_i “ eine Fläche, die definiert wird als die Länge L der Unterseite der Querschnittsfläche des Ventilkopfs **1a**, wenn der Ventilkopf **1a** am Querschnittspunkt S_i in der Taktmitte T_c der Überlappung geschnitten wird und der Abstand h von dieser Unterseite bis zur Kolbenbodenfläche **10**, genauer gesagt ein Wert, der sich durch Integrieren des Abstands h über den Bereich der Länge L der Unterseite ergibt.

[0073] **Fig. 15** ist ein Diagramm, das beispielhaft einen spezifischen numerischen Werte der Schleieroberfläche S_i^{A1} und der Spaltoberfläche S_i^{A2} unter dem Ventilkopf **1a** veranschaulicht. Wie in der Figur in der vorliegenden Ausführungsform gezeigt, ist die Spaltoberfläche S_i^{A2} unter dem Ventilkopf **1a** an jedem Querschnittspunkt S-12 bis S8 größer als die Schleieroberfläche S_i^{A1} , mit anderen Worten wird die Beziehung $S_i^{A2} \geq S_i^{A1}$ an allen Schnittstellen S_i erfüllt.

[0074] Die Schleieroberfläche S_i^{A1} wird in der vorliegenden Ausführungsform aus folgendem Grund nur über den dritten Quadranten A und den vierten Quadranten B des Ventilkopfes **1a** angegeben. Praktisch die gesamte Ansaugluft, die der Brennkammer aus anderen Regionen als dem dritten und vierten Quadranten A und B des Ventilkopfs **1a** zugeführt wird, mit anderen Worten vom umlaufenden Rand des ersten Quadranten D oder des zweiten Quadranten C des Ventilkopfes **1a**, strömt offensichtlich durch den Brennkammerspalt außerhalb des ersten und zweiten Quadranten C und D und wird vergleichsweise problemlos in den Hohlraum **11** zugeführt, ohne unter dem Ventilkopf **1a** zu fließen. Im Gegensatz dazu kann die Ansaugluft, die der Brennkammer vom umlaufenden Rand des dritten und vierten Quadranten A und B des Ventilkopfs **1a** zugeführt wird, nicht problemlos in den Hohlraum **11** eindringen, es sei denn sie fließt unter dem Ventilkopf **1a**. Daher ist die Beziehung $S_i^{A2} \geq S_i^{A1}$ erfüllt, um die Zufuhr der Ansaugluft vom dritten und vierten Quadranten A und B unter dem Ventilkopf **1a** zu erleichtern.

[0075] Oben werden die Beziehung zwischen dem Einlassventil **1A** und der ersten Ventilvertiefung **15A** und die Beziehung zwischen der Schleieroberfläche S_i^{A1} des Einlassventils **1A** und dem Ansaugquerschnitt S_i^{A2} unter dem Ventilkopf **1a** erläutert, aber

diese Merkmale des Einlassventils **1A** werden ebenfalls beim anderen Einlassventil **1B** verwendet.

[0076] Daher ist die Axialmittellinie des Einlassventils **1B** in einem vorbestimmten Winkel θ (in diesem Fall 5 Grad) zur Zylinderachse J geneigt. Auf der Seite der Grenzposition R1 der Ventilvertiefung **15B**, die dem Einlassventil **1B** entspricht, das näher an der Kurbelwellenachse K liegt, ist der Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfes **1a** und der ebenen Fläche **10d** des Kolbens **10** so eingestellt, dass er größer wird, wenn man sich die Kurbelwellenachse K nähert. Ferner ist der maximale Wert (entspricht G2 in Fig. 11) dieses Spaltes größer als der maximale Spalt (entspricht G1 in Fig. 11) oberhalb der ebenen Fläche **10d**. Ferner wird die Spaltoberfläche (entspricht Si^2 in Fig. 14) unter dem Ventilkopf **1a** des Einlassventils **1B** an einem beliebigen Querschnittspunkt parallel zur Axialmittellinie des Einlassventils **1B** und rechtwinkelig zu einer virtuellen Verbindungslinie zwischen der Mitte des Ventilkopfes **1a** des Einlassventils **1B** und der Zylinderachse J auf einen Wert eingestellt, der gleich oder größer der Schleieroberfläche ist (entspricht Si^1 in Fig. 14).

[0077] Ferner werden die Merkmale der Einlassventile **1a** und **1b** ebenfalls bei den Auslassventilen **2A** und **2B** verwendet.

[0078] Fig. 24 bis Fig. 26 veranschaulichen die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Dabei werden die gleichen Bestandteile wie bei der oben beschriebenen Ausführungsform mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und auf eine redundante Erläuterung derselben wird hier verzichtet.

[0079] Bei der zweiten Ausführungsform sind die Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** so ausgebildet, dass sie fast alle Teile der Ventilköpfe **1a** und **2a** der Ein- und Auslassventile aufnehmen können, genauer gesagt, alle Teile mit Ausnahme der Teile der Ventilköpfe **1a** und **2a**, die den Hohlraum **11** überlappen. Speziell sind alle Bodenflächen der Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** eben ausgebildet, und die Höhe desselben wird als Ganzes etwas kleiner (beispielsweise um 1 mm) ausgebildet als die ebenen Flächen **10a** bis **10d** auf der Kolbenbodenfläche **10**.

[0080] Fig. 26 zeigt die Querschnittsform des Einlassventils **1A** und der entsprechenden Ventilvertiefung **15A**. Wie aus Fig. 26 folgt, ist der Ventilkopf **1a** des Einlassventils **1A** so ausgebildet, dass er die erste Ventilvertiefung **15A** vollständig bedeckt und ein Spalt zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfes **1a** und der ersten Ventilvertiefung **15A** vergrößert sich schrittweise über die gesamte Oberfläche, wenn man sich der Kurbelwellenachse K nähert. Eine Stufe P ist zwischen der ersten Ventilvertiefung **15A** und der ebenen Fläche **10c** auf Seite des Aus-

lassventils **2A** ausgebildet. Die Beziehung zwischen dem anderen Einlassventil **1B** und der Ventilvertiefung **15B** und die Beziehungen zwischen den Auslassventilen **2A** und **2B** und den Ventilvertiefungen **16A** und **16B** werden in der gleichen Weise hergestellt.

[0081] Durch diese Bauform wird die Strömung der Ansaugluft durch die Stufe P blockiert, die über die ebene Fläche **10c** (**10d**) verläuft und in Richtung der Auslassventile **2A** und **2B** strömt. Daher wird die Zufuhr der Ansaugluft in den Hohlraum **11** begünstigt. Ferner wird die Ausbildung der Ventilvertiefung **15A** (**15B**, **16A**, **16B**) erleichtert.

[0082] Fig. 27 bis Fig. 28 veranschaulichen die dritte Ausführungsform (eine beispielhafte Variation der zweiten Ausführungsform) der vorliegenden Erfindung. In der dritten Ausführungsform werden auf die gleiche Weise, wie dies in den Fig. 24 bis Fig. 26 für die zweite Ausführungsform gezeigt wurde, die Höhe der Bodenflächen der Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** als Ganzes kleiner festgelegt als die ebenen Flächen **10a**, **10b**, **10c** und **10d** des Kolbens **10**. Im Gegensatz zur zweiten Ausführungsform ist in der dritten Ausführungsform ein Teil der Bodenflächen der Ventilvertiefungen **15A**, **15B**, **16A** und **16B** jedoch geneigt.

[0083] Speziell sind die Bodenflächen der Ventilvertiefungen **15A** (**15B**, **16A**, **16B**) in eine ebene Fläche und eine geneigte Fläche unterteilt, für die eine Grenzposition R1' (R2', R3', R4') entsprechend der Mitte des Ventilkopfes **1a** als Grenze dient. Beispielsweise wird wie in Fig. 28 gezeigt, für die Ventilvertiefung **15A** die geneigte Fläche mit abnehmender Höhe bei zunehmendem Abstand von der Kurbelwellenachse K in dem Bereich auf der Seite der Grenzposition R1' ausgebildet, der weiter von der Kurbelwellenachse K entfernt ist. Dagegen ist die Oberfläche im Bereich auf der Seite der Grenzposition R1', der näher an der Kurbelwellenachse K ist, eben. Die Stufe P ist zwischen der ebenen Fläche der Ventilvertiefung **15A** und der ebenen Fläche **10c** des Kolbens **10** auf Seite des Auslassventils **2A** ausgebildet.

[0084] Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden vorstehend erläutert, aber die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt und kann gegebenenfalls geändert werden, ohne vom Umfang der Patentansprüche abzuweichen.

[0085] Beispielsweise kann nur die Axialmittellinie (die Mittellinie jedes Ventilschafts **1b**) der Einlassventile **1A** und **1B** in Bezug zur Zylinderachse J geneigt werden und die Axialmittellinien der Auslassventile **2** können parallel zur Zylinderachse J eingestellt werden. Als Ergebnis kann eine flachere Brennkammer erreicht werden. Ferner können die Axialmittellinien

der Einlassventile **1a** und **1b** in Richtung (Pfeilrichtung **6** in **Fig. 24**) einer virtuellen Linie geneigt werden, die die Mitte des Ventilkopfs **1a** des Einlassventils **1** mit der Zylinderachse **J** in Richtung der Zylinderachse verbindet. In diesem Fall sind die Bodenflächen der Ventilvertiefungen **15A** und **15B** so ausgebildet, dass deren Höhe radial nach außen von Zylinder **5** abnimmt.

[0086] Ferner wird in den Ausführungsformen ein Beispiel erläutert, bei dem der Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung in einem Mehrzylinder-Reihenmotor (ein Motor, bei dem eine Vielzahl von Zylindern **5** entlang der Kurbelwellenachse **K** angeordnet sind) für ein Automobil verwendet wird, aber der Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung ist nicht auf Automotoren beschränkt und kann auch in Motoren für andere geeignete Anwendungen verwendet werden. Die Anzahl der Zylinder im Motor und die Anordnung der Zylinder unterliegen keinen besonderen Beschränkungen. Daher kann der Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung auch bei Motoren anderer geeigneter Systeme verwendet werden, beispielsweise Mehrzylinder-V-Motoren oder Einzylindermotoren.

[0087] Ferner wird in den Ausführungsformen ein Beispiel erläutert, bei dem der Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung in einem Motor verwendet wird, in dem die Kompressionszündung nur im Niedriglastbereich erfolgt, aber der Brennkammeraufbau entsprechend der vorliegenden Erfindung kann vorteilhafterweise auch in einem Motor verwendet werden, in dem die Kompressionszündung auch in einem anderen Betriebsbereich als dem Niedriglastbereich erfolgt, z. B. in einem Motor, bei dem die Kompressionszündung im gesamten Bereich in Lastrichtung erfolgt.

Zusammenfassung der Ausführungsformen

[0088] In den Ausführungsformen offenbarte besondere Merkmale und darauf basierende Betriebseffekte werden nachstehend zusammengefasst.

[0089] Der Brennkammeraufbau der Ausführungsformen umfasst: einen Zylinderblock mit einem oder mehreren Zylindern; einen Zylinderkopf, der den Zylinder auf einer Seite in Richtung der Zylinderachse bedeckt; einen in den Zylinder pendelnd eingesetzten Kolben; zwei Einlassventile pro Zylinder auf einer Hälfte des Zylinders, die von der anderen durch die Kurbelwellenachse getrennt wird; und zwei Auslassventile pro Zylinder auf der anderen Hälfte des Zylinders, die von der ersten durch die Kurbelwellenachse getrennt wird und in einen Motor eingebaut ist, bei dem eine Kompressionszündung zumindest im Niedriglastbereich erfolgt. Das geometrische Verdichtungsverhältnis des Zylinders ist auf 15 oder

höher eingestellt und im Mittelteil der Kolbenbodenfläche ist ein Hohlraum ausgebildet. Ein Teil eines jeden Ventilkopfs der Einlassventile überlappt den Hohlraum in Richtung der Zylinderachse. Ventilvertiefungen zur Vermeidung von Kollisionen zwischen dem Kolben und den Ventilköpfen der Einlassventile sind in der Kolbenbodenfläche ausgebildet und so mit dem Hohlraum verbunden. Die Axialmittellinie des Einlassventils ist in Richtung der Zylinderachse so geneigt, dass sie mit zunehmendem Abstand vom Ventilkopf von der Zylinderachse zurückweicht und sich der Abstand zwischen Kolbenbodenfläche und dem Bereich entsprechend der Annäherung der Kurbelwellenachse vergrößert, der zumindest auf der der Kurbelwellenachse näheren Seite einen Teil der unteren Oberfläche des Ventilkopfes bildet. Die Beziehung $G2 > G1$ ist erfüllt. Dabei steht $G1$ für den minimalen Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Zylinderkopfes, die zwischen dem Einlassventil und dem dem Einlassventil gegenüberliegenden Auslassventil mit dazwischenliegender Kurbelwellenachse angeordnet ist, und der Kolbenbodenfläche im oberen Totpunkt und $G2$ steht unter den verschiedenen Abständen zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfs der Einlassventile und der Kolbenbodenfläche für den kleinsten Abstand zur Kurbelwellenachse in der Taktmitte der Überlappung erfüllt wird, wenn Einlassventil und Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind.

[0090] Bei einer solchen Bauform wird die Ansaugluft, die in die Brennkammer vom umlaufenden Rand des Bereichs im Ventilkopf des Einlassventils auf der Seite zugeführt wird, die weiter von der Zylinderachse entfernt ist, in den Hohlraum über eine Zone unter dem Ventilkopf des geneigten Einlassventils zugeführt. Daher wird die Zufuhr der Ansaugluft in den Hohlraum gefördert und das Innere des Hohlraums kann ausreichend gespült werden.

[0091] Im Brennkammeraufbau wird bei der Ventilvertiefung eine erste Ventilvertiefung und eine zweite Ventilvertiefung bevorzugt, die entsprechend den zwei Einlassventilen individuell ausgeführt werden und es wird eine ebene Fläche mit einer Höhe bevorzugt, die größer ist als die Bodenflächen der zwei Ventilvertiefungen im umlaufenden Rand der Kolbenbodenfläche, die zwischen den ersten und zweiten Ventilvertiefungen vorgesehen ist.

[0092] Bei einer solchen Bauform wird die Spülung des Hohlraums weiter gefördert, während eine ausreichende Erhöhung des geometrischen Verdichtungsverhältnisses (Übergang zu einem höheren Kompressionsverhältnis) sichergestellt wird.

[0093] Ein Brennkammeraufbau ist bevorzugt, der ein Verhältnis von $S_i^2 > S_i^1$ unter der Annahme erfüllt, dass der Ventilkopf des Einlassventils durch beliebige Querschnitte geschnitten wird, die senkrecht

zu einer virtuellen Verbindungslinie zwischen Zylinderachse und der Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils und parallel zur Axialmittellinie des Einlassventils liegen, wobei jeder Querschnittspunkt mit S_i , die Schleieroberfläche des Einlassventils am Querschnittspunkt mit S_i^1 und eine Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf am Querschnittspunkt S_i mit S_i^2 bezeichnet werden. Dabei wird die hierin bezeichnete „Schleieroberfläche S_i^1 im Querschnittspunkt S_i “ als eine Fläche definiert, die bestimmt wird durch den kürzesten Abstand zwischen einer Ventilsitzfläche und einem Ventilkopf, der zur Taktmitte der Überlappung darauf zum Sitzen kommt und der Länge in Umfangsrichtung eines überlappenden Teilabschnittes auf einer Seite des Querschnittspunkts S_i , der weiter von der Zylinderachse und einem dritten Quadranten und einem vierten Quadranten des Ventilkopfes entfernt ist; die hierin bezeichnete „Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf am Querschnittspunkt S_i “ ist eine Fläche, die bestimmt wird durch die Länge der Unterseite der Querschnittsfläche eines Ventilkopfes, wenn der Ventilkopf am Querschnittspunkt S_i in der Taktmitte der Überlappung geschnitten wird und dem Abstand von dieser Unterseite zur dieser zugewandten Kolbenbodenfläche; und der hierin bezeichnete „dritte Quadrant des Ventilkopfes“ ist ein Bereich mit dem größten Abstand zur Zylinderachse, wenn der Ventilkopf in vier Regionen geteilt wird, indem eine X-Achse durch die Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils und rechtwinklig zur Kurbelwellenachse und eine Y Achse durch die Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils und parallel zur Kurbelwellenachse in Richtung der Zylinderachse verläuft; und der hierin bezeichnete „vierte Quadrant des Ventilkopfes“ ist ein angrenzender Bereich neben dem dritten Quadranten in Richtung der X-Achse.

[0094] Bei einer solchen Bauform strömt die Ansaugluft, die der Brennkammer vom umlaufenden Rand des Ventilkopfes des Einlassventils zugeführt wird, problemlos in den Hohlraum, wenn sie entlang der unteren Oberfläche des Ventilkopfes fließt. Daher wird die vorgenannte Spülung des Hohlraums weiter gefördert.

[0095] Im Brennkammeraufbau ist es bevorzugt, dass nahezu der gesamte Abschnitt der Kolbenbodenfläche mit Ausnahme der Ventilvertiefungen und des Hohlraums eine ebene Fläche bildet, die sich entlang einer Ebene erstreckt, die senkrecht zur Zylinderachse steht und dass der Abschnitt der unteren Oberfläche des Zylinderkopfes, welcher der ebenen Fläche der Kolbenbodenfläche gegenüber steht, eine ebene Fläche bildet, die sich entlang einer senkrecht zur Zylinderachse stehenden Ebene erstreckt.

[0096] Mit einer solchen Bauform kann eine ebene Oberfläche mit einer großen Fläche an den meisten Teilen des umlaufenden Rand des Kolbens sichergestellt werden. Deshalb kann eine homogene

Quetschströmung erzeugt und eine homogene Verbrennung realisiert werden.

[0097] Bei dieser Bauform wird weiterhin bevorzugt, dass die Bodenfläche der Ventilvertiefungen eine geneigte Fläche bilden, deren Höhe mit zunehmendem Abstand zur Kurbelwellenachse allmählich abnimmt, und zwar in einem Bereich auf einer Seite einer Grenzposition, die der Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils entspricht und weiter von der Kurbelwellenachse entfernt ist und dass die untere Oberfläche des Ventilkopfes des Einlassventils und die geneigte Oberfläche der Ventilvertiefung parallel zueinander stehen.

[0098] Bei dieser Bauform ist zumindest ein Teil der Bodenfläche der Ventilvertiefung eine geneigte Fläche, die parallel zur unteren Fläche des Ventilkopfes des Einlassventils steht. Dies wird aus Sicht des Erhaltens eines hohen geometrischen Kompressionsverhältnisses bevorzugt.

[0099] Bei dieser Bauform wird weiterhin bevorzugt, dass die Ventilvertiefung mit der ebenen Fläche der Kolbenbodenfläche an einer Grenzposition entsprechend der Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils stufenlos verbunden ist.

[0100] Eine solche Bauform wird aus Sicht der Gewährleistung einer ausreichenden Quetschfläche und der Erzielung eines hohen geometrischen Kompressionsverhältnisses bevorzugt.

[0101] In einer anderen Bauform kann ein Teil der Kolbenbodenfläche, die der unteren Fläche des Zylinderkopfes zugewandt ist und zwischen dem Einlassventil und dem gegenüberliegenden, dem Einlassventil zugewandten Auslassventil mit dazwischenliegender Kurbelwellenachse angeordnet ist, kann eine ebene Fläche ausgebildet sein und die Bodenfläche der Ventilvertiefung kann als Ganzes niedriger als die ebene Fläche ausgebildet werden.

[0102] Bei dieser Bauform gibt es eine Stufe zwischen der Ventilvertiefung und der ebenen Fläche. Daher kann wirksam verhindert werden, dass die der Brennkammer über den umlaufenden Rand des Ventilkopfes des Einlassventils zugeführte Ansaugluft direkt auf die Seite des Auslassventils strömt.

[0103] Im Brennkammeraufbau ist es bevorzugt, dass eine Zündkerze zwischen den zwei Einlassventilen vorgesehen ist.

[0104] Wird somit eine Zündkerze zwischen den beiden Einlassventilen angeordnet, wenn beispielsweise eine Verbrennung durch Funkenzündung im Hochlastbereich des Motors durchgeführt wird, kann die Verbrennungsgeschwindigkeit erhöht werden.

[0105] Bei dieser Bauform wird es bevorzugt, dass eine Zündkerze zwischen den zwei Auslassventilen vorgesehen ist.

[0106] Bei dieser Bauform kann die Verbrennungsgeschwindigkeit bei der oben erwähnten Verbrennung durch Zündung weiter erhöht werden.

[0107] Bei dieser Bauform wird es weiterhin bevorzugt, dass eine mit dem Hohlraum verbundene Vertiefung unter der Zündkerze zwischen den beiden Einlassventilen und unter der Zündkerze zwischen den beiden Auslassventilen in der Kolbenbodenfläche vorgesehen ist.

[0108] Bei dieser Bauform kann die Ansaugluft, die der Brennkammer vom umlaufenden Rand der Ventilköpfe der beiden Einlassventile zugeführt wird, leicht in den Hohlraum über die Vertiefungen für die Zündkerzen zugeführt werden und die oben erwähnte Spülung des Hohlraums wird weiter gefördert.

Industrielle Anwendungsmöglichkeit

[0109] Die vorliegende Erfindung kann beispielsweise im Bereich der Kraffahrzeugmotoren besonders vorteilhaft verwendet werden.

Patentansprüche

1. Brennkammeraufbau für einen Motor umfassend: einen Zylinderblock mit einem oder mehreren Zylindern; einen Zylinderkopf, der den Zylinder auf einer Seite in Richtung der Zylinderachse bedeckt; einen in den Zylinder pendelnd eingesetzten Kolben; zwei Einlassventile pro Zylinder auf einer Hälfte des Zylinders, die von der anderen durch die Kurbelwellenachse getrennt wird; und zwei Auslassventile pro Zylinder auf der anderen Hälfte des Zylinders, die von der ersten durch die Kurbelwellenachse getrennt wird und in einen Motor eingebaut ist, bei dem eine Kompressionszündung zumindest im Niedriglastbereich erfolgt, wobei ein geometrisches Verdichtungsverhältnis des Zylinders auf 15 oder höher festgelegt wird; im Mittelteil der Kolbenbodenfläche ein Hohlraum ausgebildet ist; ein Teil eines jeden Ventilkopfs der Einlassventile den Hohlraum in Richtung der Zylinderachse überlappt; Ventilvertiefungen zur Vermeidung von Kollisionen zwischen dem Kolben und den Ventilköpfen der Einlassventile in der Kolbenbodenfläche ausgebildet und so mit dem Hohlraum verbunden sind; die Axialmittellinie des Einlassventils in Richtung der Zylinderachse so geneigt ist, dass sie mit zunehmendem Abstand vom Ventilkopf von der Zylinderachse zurückweicht und sich der Abstand zwischen Kolbenbodenfläche und dem Bereich entsprechend der Annäherung der Kurbelwellenachse vergrößert, der zumindest auf der der Kurbelwellenachse näheren Sei-

te einen Teil der unteren Oberfläche des Ventilkopfes bildet; und

eine Beziehung $G2 > G1$ erfüllt ist, wobei $G1$ für den minimalen Abstand zwischen der unteren Oberfläche des Zylinderkopfs, die zwischen dem Einlassventil und dem dem Einlassventil gegenüberliegenden Auslassventil mit dazwischenliegender Kurbelwellenachse angeordnet ist, und der Kolbenbodenfläche im oberen Totpunkt steht, und $G2$ für den kleinsten Abstand zur Kurbelwellenachse unter den verschiedenen Abständen zwischen der unteren Oberfläche des Ventilkopfs der Einlassventile und der Kolbenbodenfläche in der Taktmitte der Überlappung, wenn Einlassventil und Auslassventil gleichzeitig geöffnet sind, steht.

2. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 1, wobei die Ventilvertiefung eine erste Ventilvertiefung und eine zweite Ventilvertiefung ist, die entsprechend den zwei Einlassventilen individuell ausgeführt werden, und eine ebene Fläche eine Höhe aufweist, die größer ist als die Bodenflächen der zwei Ventilvertiefungen im umlaufenden Rand der Kolbenbodenfläche und zwischen den ersten und zweiten Ventilvertiefungen vorgesehen ist.

3. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Verhältnis von $S_i^{i2} \geq S_i^{i1}$ unter der Annahme erfüllt ist, dass der Ventilkopf des Einlassventils durch beliebige Querschnitte geschnitten wird, die senkrecht zu einer virtuellen Verbindungslinie zwischen Zylinderachse und der Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils und parallel zur Axialmittellinie des Einlassventils liegen, wobei jeder Querschnittspunkt mit S_i , die Schleieroberfläche des Einlassventils am Querschnittspunkt mit S_i^{i1} und eine Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf am Querschnittspunkt S_i mit S_i^{i2} bezeichnet werden, wobei die hierin bezeichnete „Schleieroberfläche S_i^{i1} im Querschnittspunkt S_i “ als eine Fläche definiert wird, die sich bestimmt durch den kürzesten Abstand zwischen einer Ventilsitzfläche und einem Ventilkopf, der zur Taktmitte der Überlappung darauf zum Sitzen kommt und der Länge in Umfangsrichtung eines überlappenden Teilabschnittes auf einer Seite des Querschnittspunkts S_i , der weiter von der Zylinderachse und einem dritten Quadranten und einem vierten Quadranten des Ventilkopfes entfernt ist; die hier bezeichnete „Spaltoberfläche unter dem Ventilkopf am Querschnittspunkt S_i “ ist eine Fläche, die definiert wird als die Länge der Unterseite der Querschnittsfläche des Ventilkopfs, wenn der Ventilkopf am Querschnittspunkt S_i in der Taktmitte der Überlappung geschnitten wird und dem Abstand von dieser Unterseite bis zur dieser zugewandten Kolbenbodenfläche **10**; der hierin bezeichnete „dritte Quadrant des Ventilkopfes“ ist ein Bereich mit dem größten Abstand zur Zylinderachse, wenn der Ventilkopf in vier Regio-

nen geteilt wird, indem eine X-Achse durch die Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils und rechtwinkelig zur Kurbelwellenachse und eine Y-Achse durch die Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils und parallel zur Kurbelwellenachse in Richtung der Zylinderachse verläuft; und
 der hierin bezeichnete „vierte Quadrant des Ventilkopfs“ ist ein angrenzender Bereich neben dem dritten Quadranten in Richtung der X-Achse.

4. Brennkammeraufbau für einen Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
 nahezu der gesamte Abschnitt der Kolbenbodenfläche mit Ausnahme der Ventilvertiefungen und des Hohlraums eine ebene Fläche bildet, die sich entlang einer Ebene erstreckt, die senkrecht zur Zylinderachse steht; und
 ein Abschnitt der unteren Oberfläche des Zylinderkopfs, welcher der ebenen Fläche der Kolbenbodenfläche gegenüber steht, eine ebene Fläche bildet, die sich entlang einer senkrecht zur Zylinderachse stehenden Ebene erstreckt.

5. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 4, wobei
 die Bodenfläche der Ventilvertiefungen eine geneigte Fläche bilden, deren Höhe mit zunehmendem Abstand zur Kurbelwellenachse allmählich abnimmt, und zwar in einem Bereich auf einer Seite einer Grenzposition, die der Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils entspricht und weiter von der Kurbelwellenachse entfernt ist; und
 die untere Oberfläche des Ventilkopfes des Einlassventils und die geneigte Oberfläche der Ventilvertiefung parallel zueinander stehen.

6. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 5, wobei die Ventilvertiefung mit der ebenen Fläche der Kolbenbodenfläche an einer Grenzposition entsprechend der Mitte des Ventilkopfes des Einlassventils stufenlos verbunden ist.

7. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 4, wobei
 ein Teil der Kolbenbodenfläche, die der unteren Fläche des Zylinderkopfs zugewandt ist und zwischen dem Einlassventil und dem gegenüberliegenden, dem Einlassventil zugewandten Auslassventil mit dazwischenliegender Kurbelwellenachse angeordnet ist, kann als ebene Fläche ausgebildet sein und
 die Bodenfläche der Ventilvertiefung kann als Ganzes niedriger als die ebene Fläche ausgebildet werden.

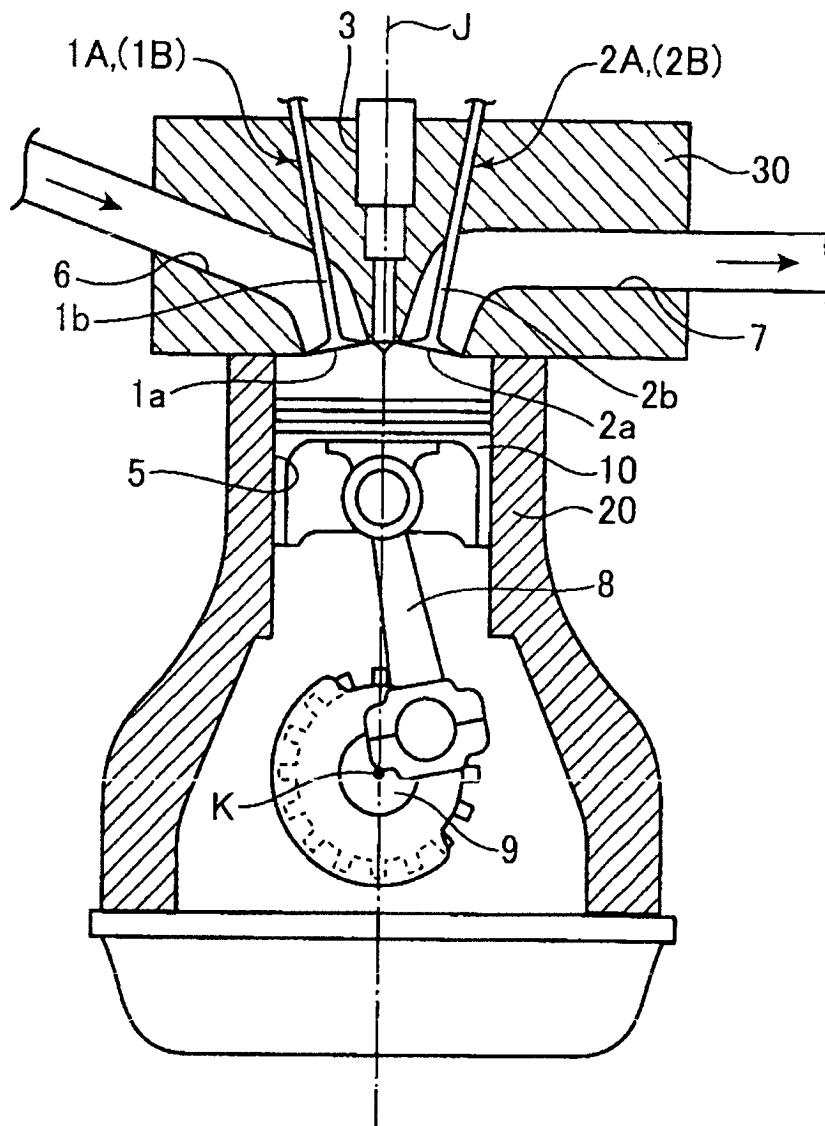
8. Brennkammeraufbau für einen Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine Zündkerze zwischen den zwei Einlassventilen vorgesehen ist.

9. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 8, wobei eine Zündkerze zwischen den zwei Auslassventilen vorgesehen ist.

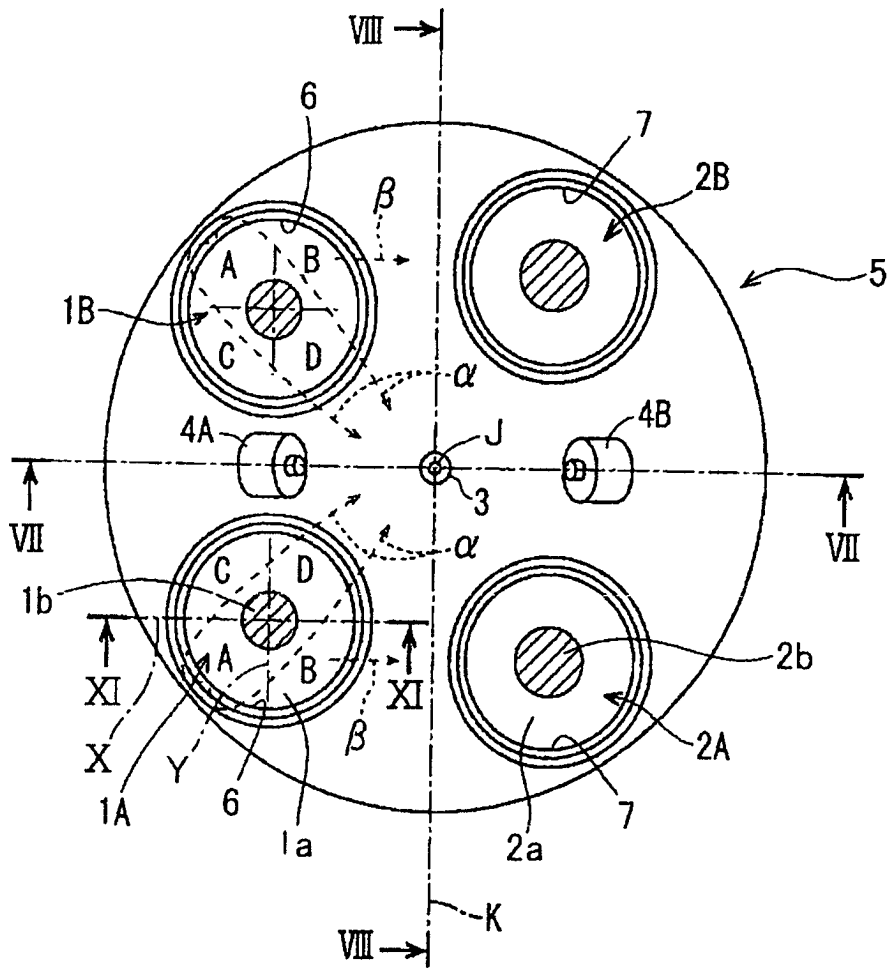
10. Brennkammeraufbau für einen Motor nach Anspruch 9, wobei eine mit dem Hohlraum verbundene Vertiefung unter der Zündkerze zwischen den beiden Einlassventilen und unter der Zündkerze zwischen den beiden Auslassventilen in der Kolbenbodenfläche vorgesehen ist.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

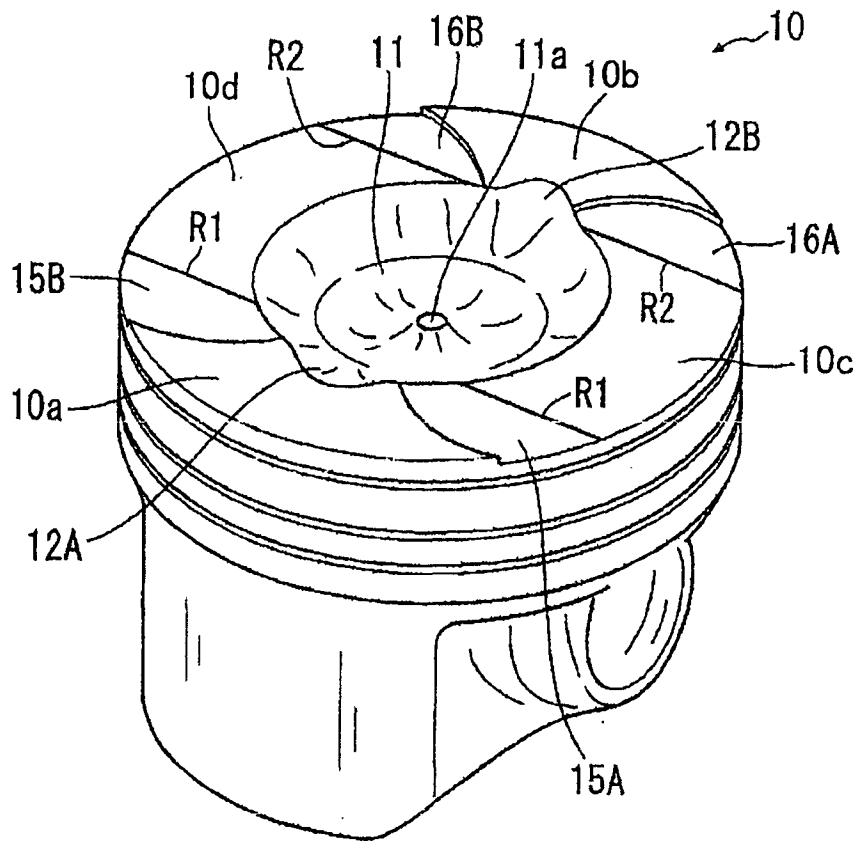
FIGUR 1



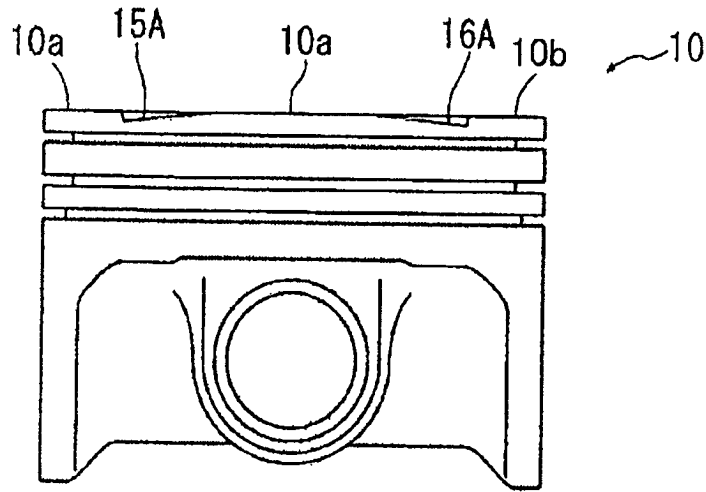
FIGUR 2



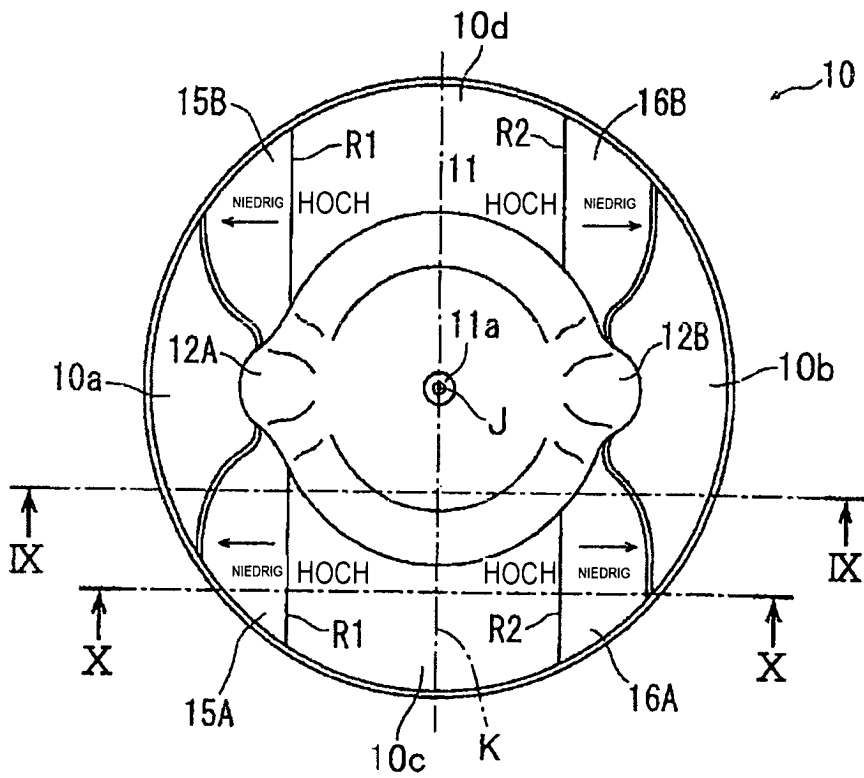
FIGUR 3



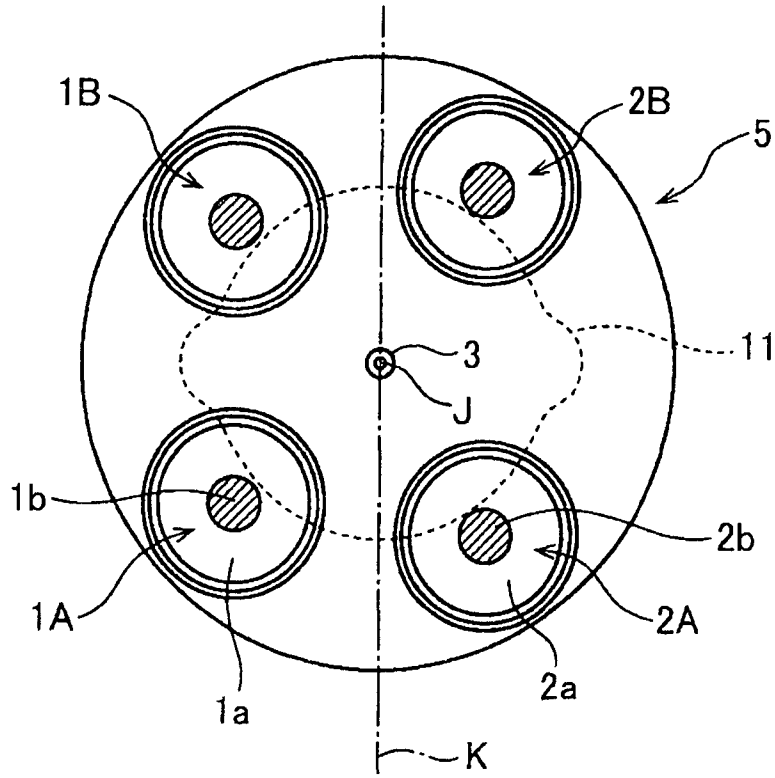
FIGUR 4



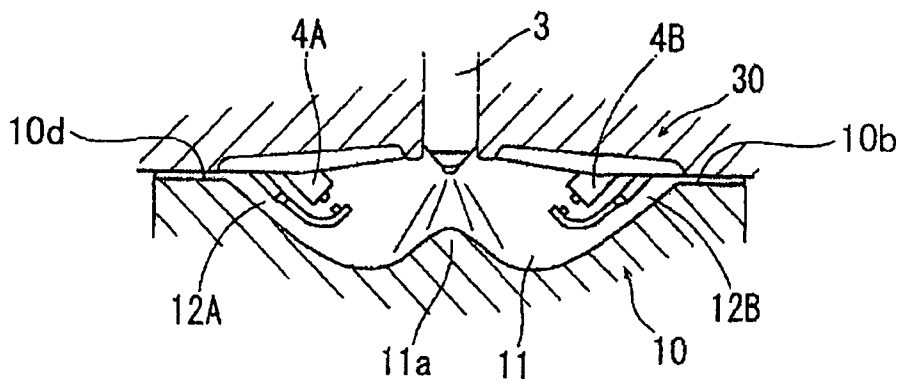
FIGUR 5



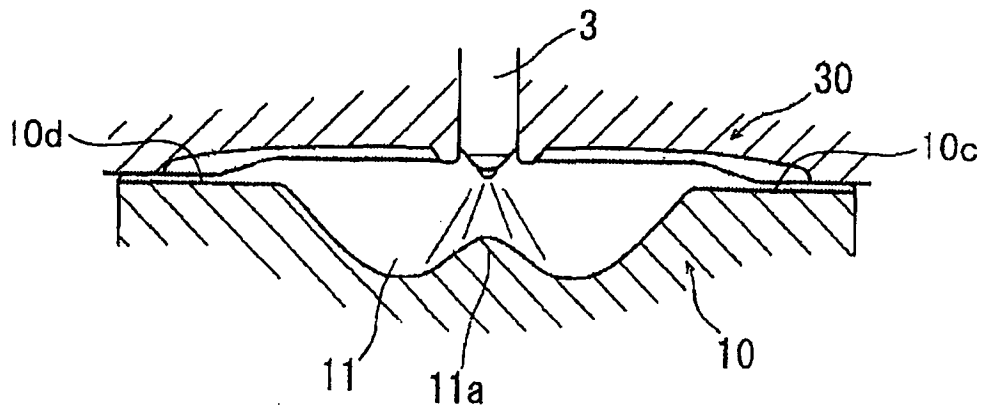
FIGUR 6



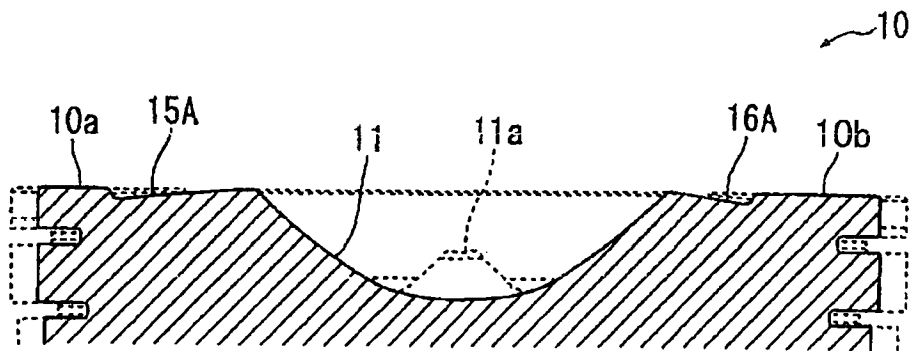
FIGUR 7



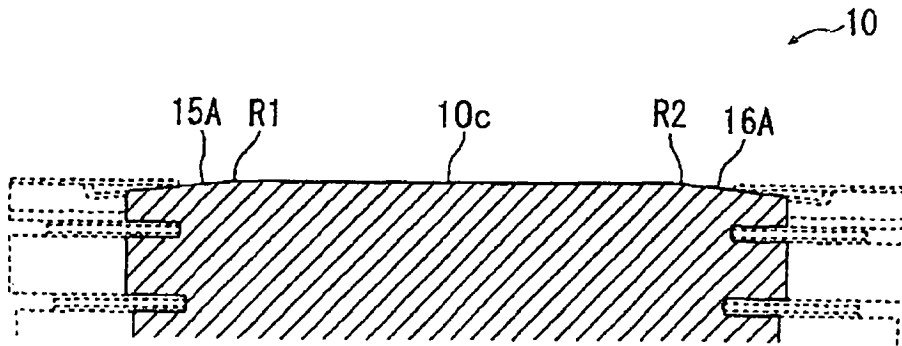
FIGUR 8



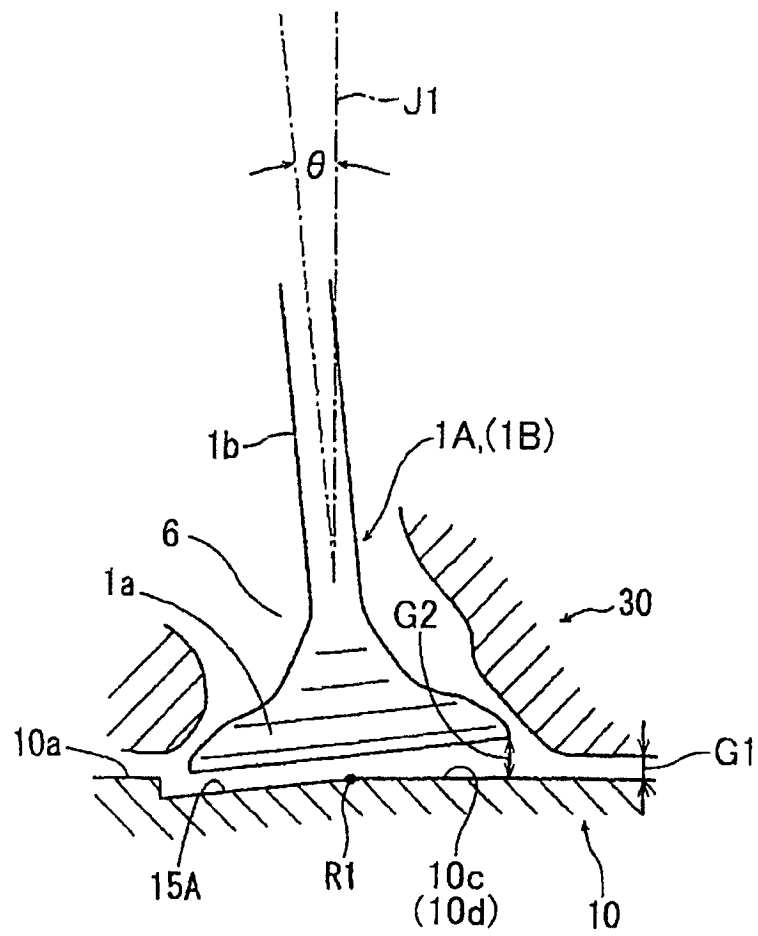
FIGUR 9



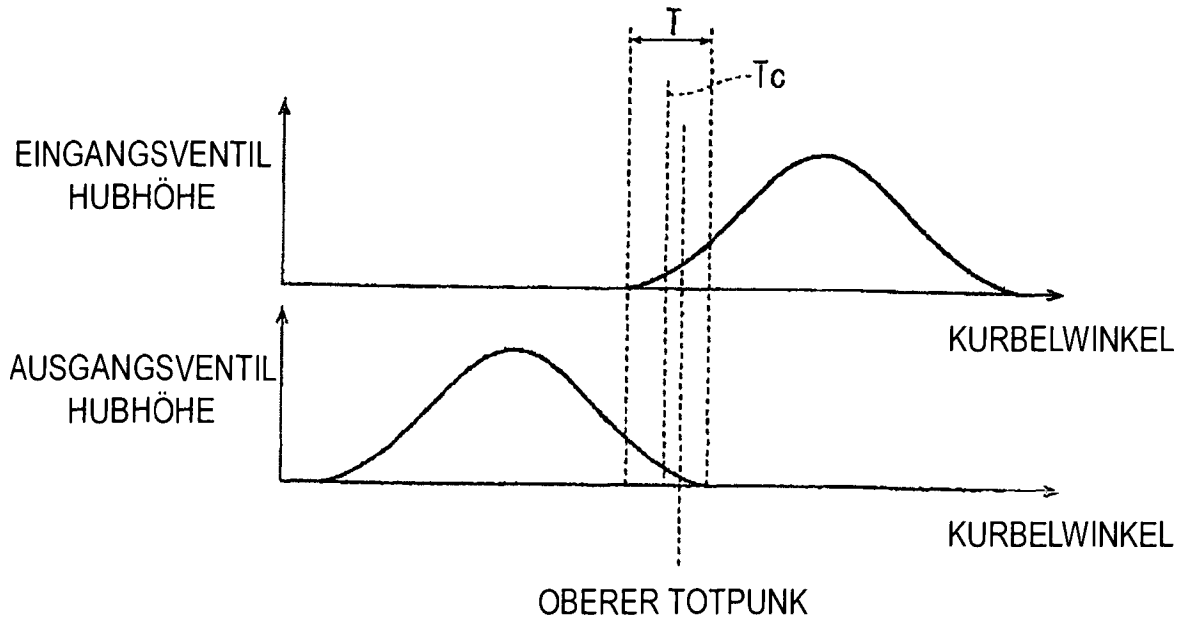
FIGUR 10



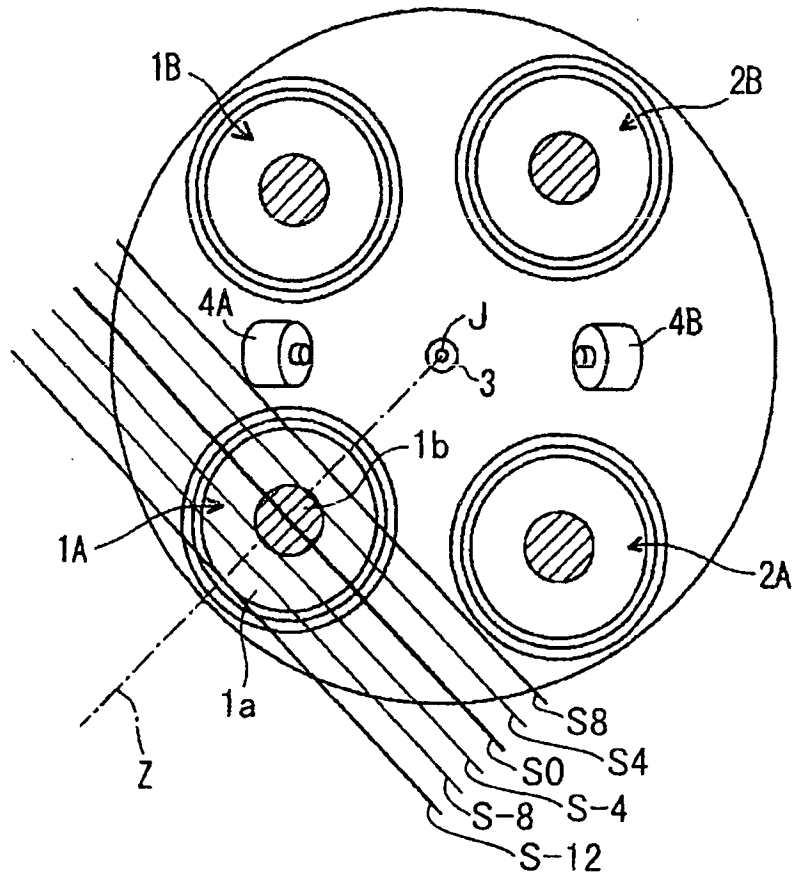
FIGUR 11



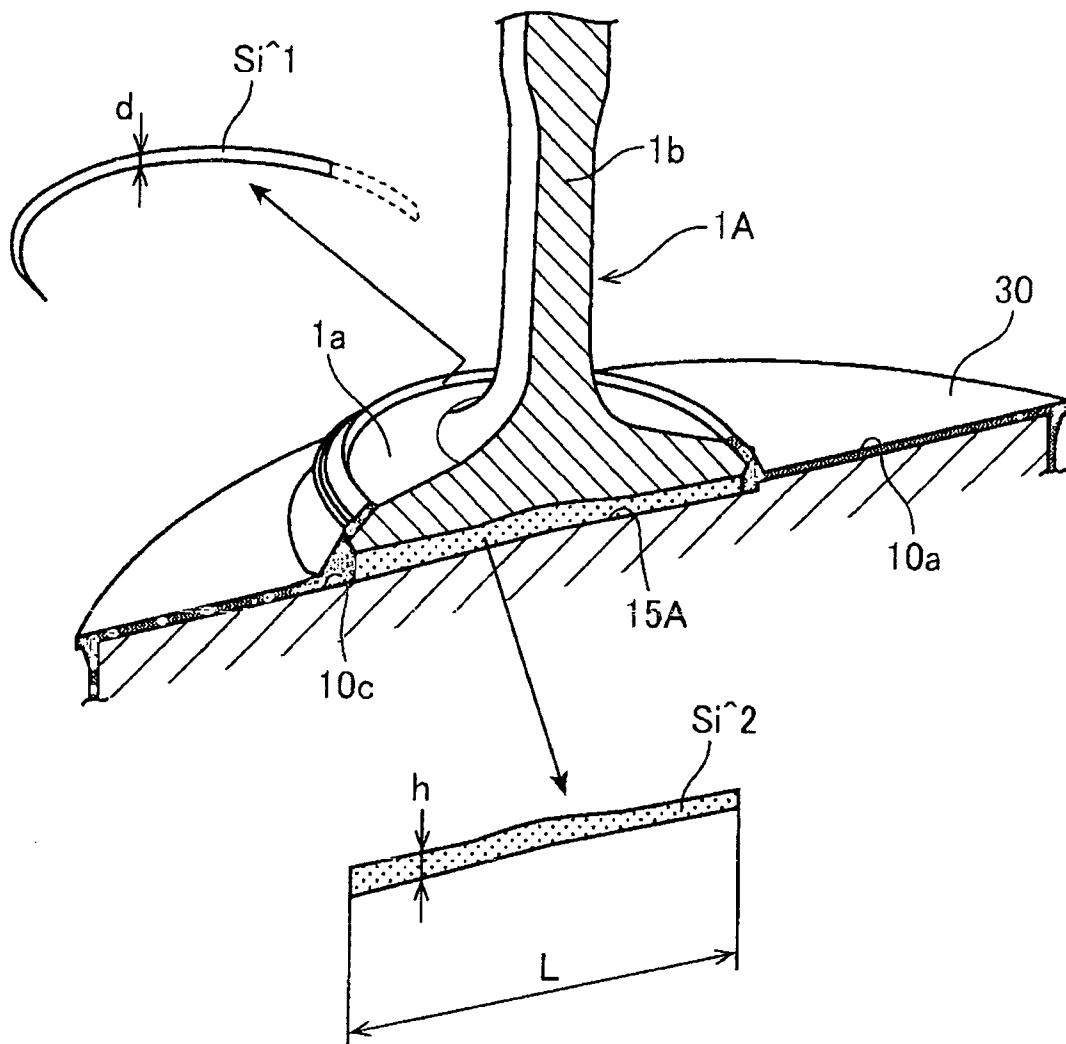
FIGUR 12



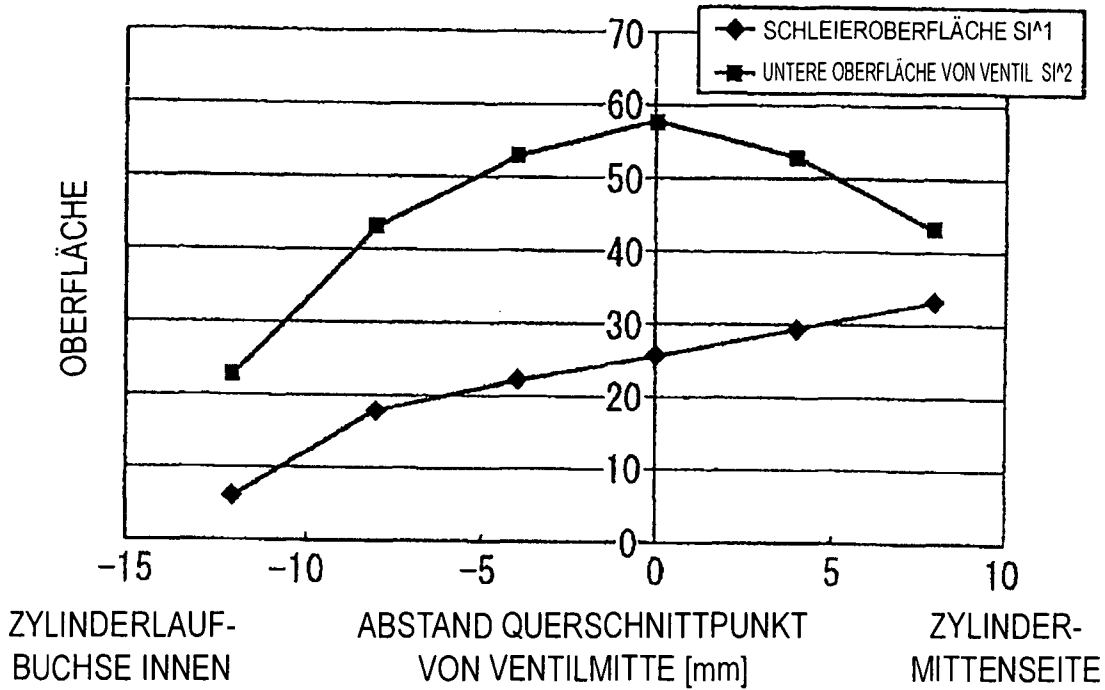
FIGUR 13



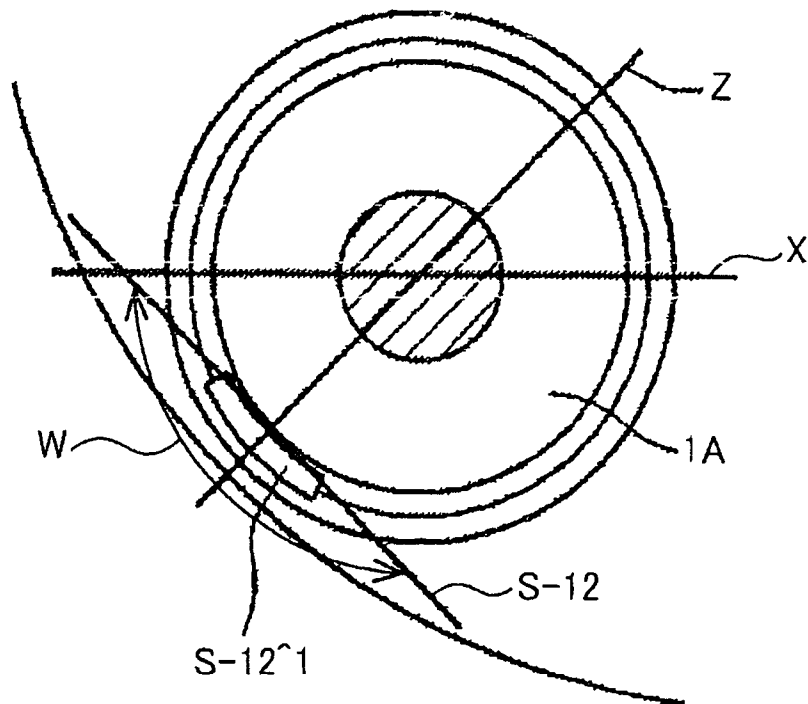
FIGUR 14



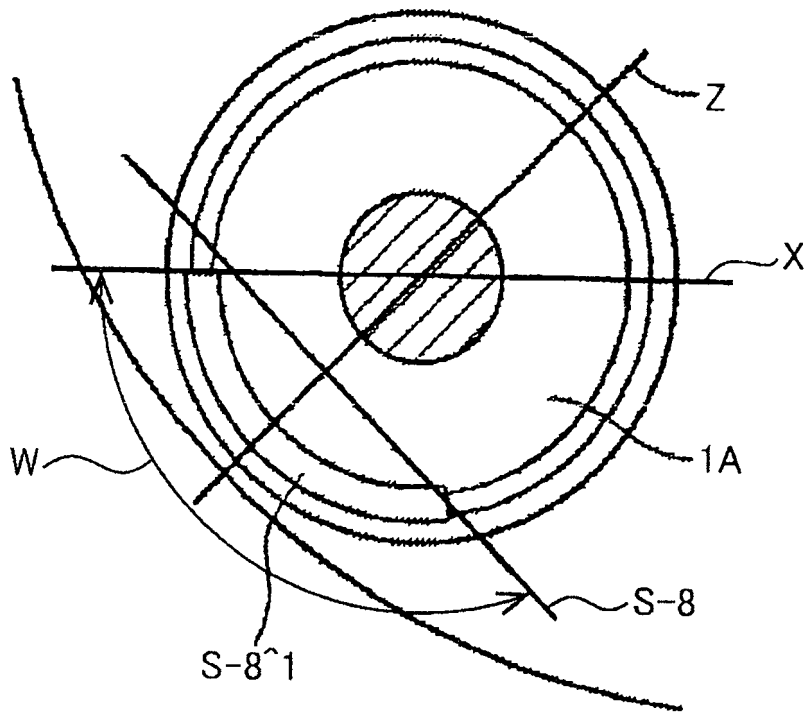
FIGUR 15



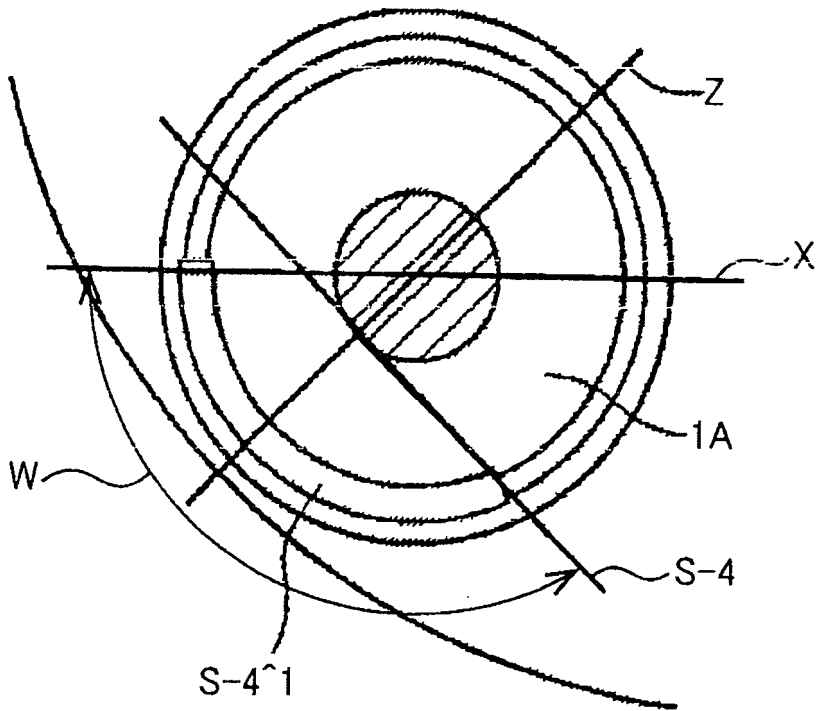
FIGUR 16



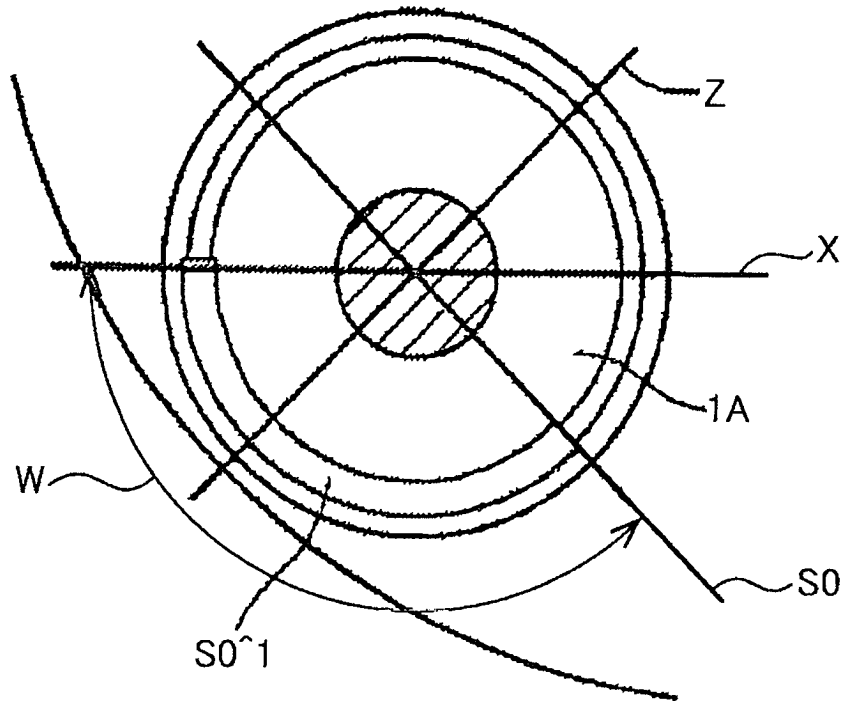
FIGUR 17



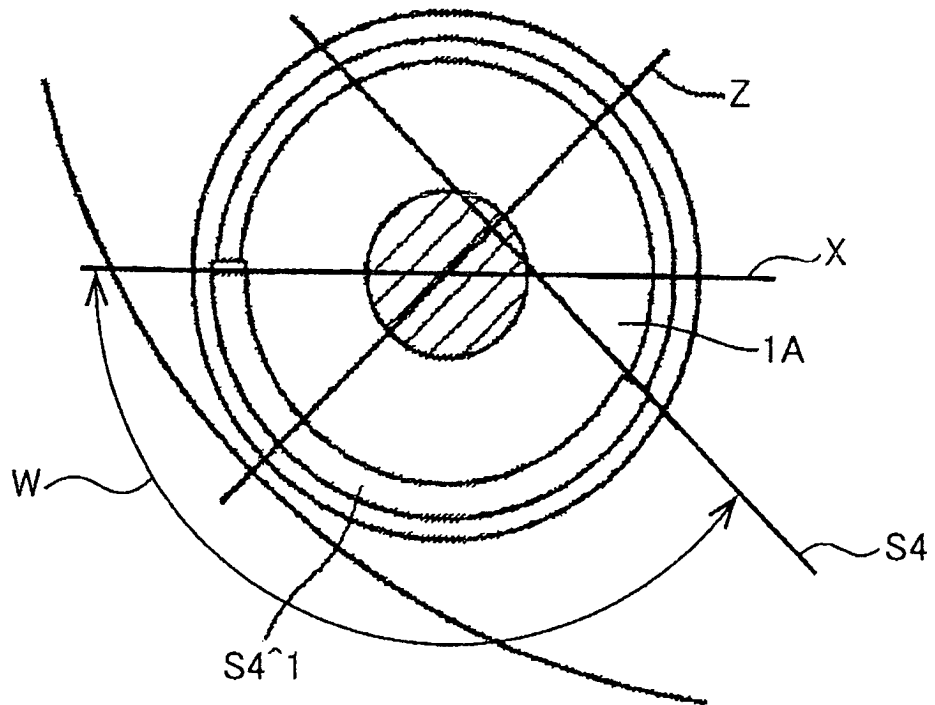
FIGUR 18



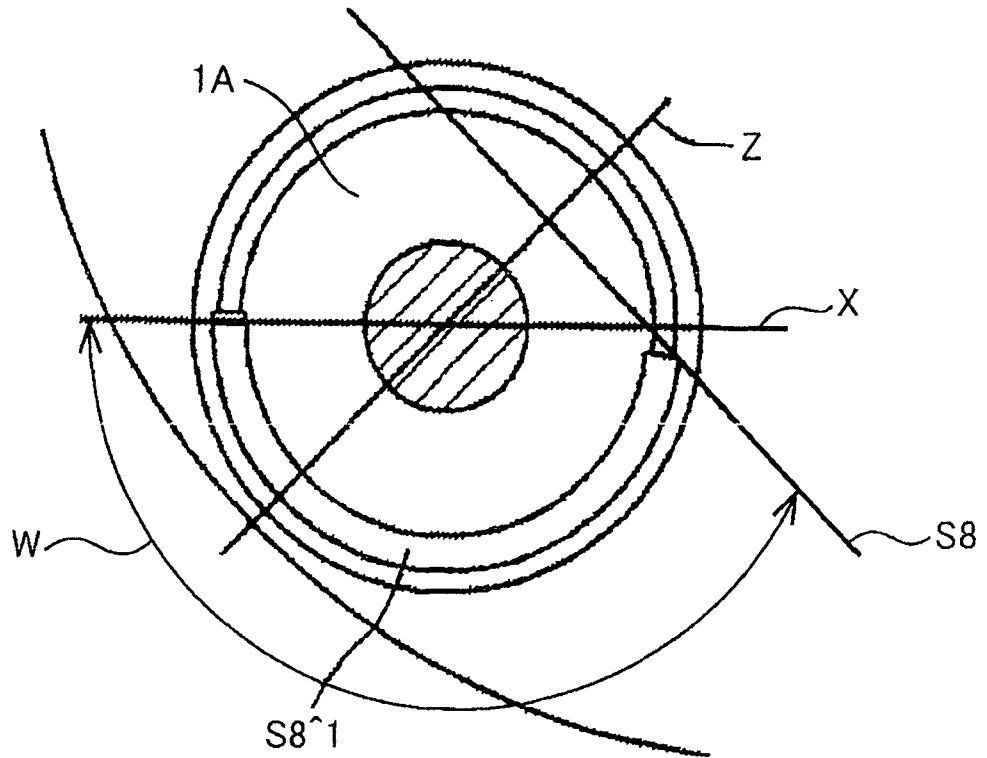
FIGUR 19



FIGUR 20

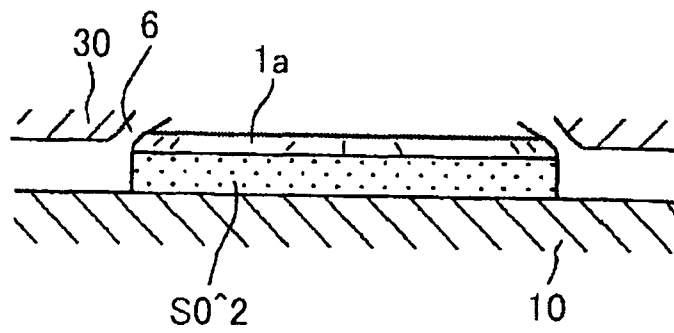


FIGUR 21



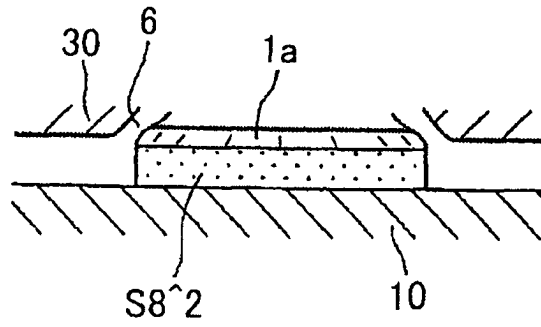
FIGUR 22

QUERSCHNITTPUNKT S0

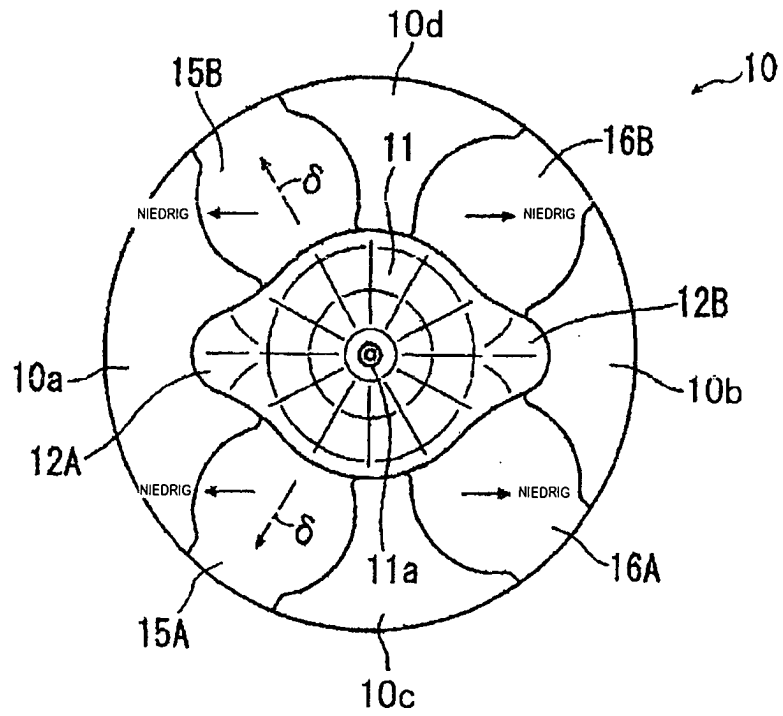


FIGUR 23

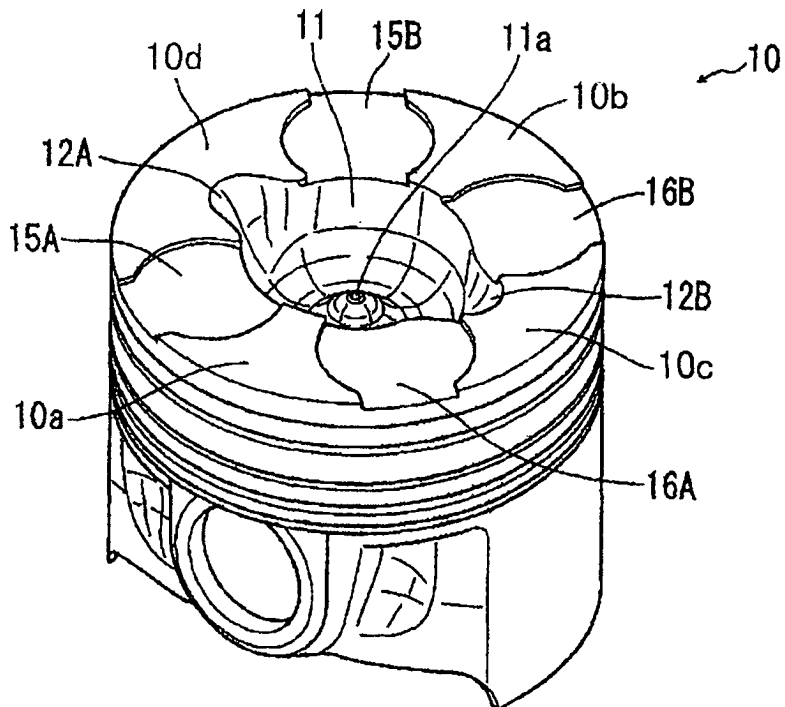
QUERSCHNITTPUNKT S8



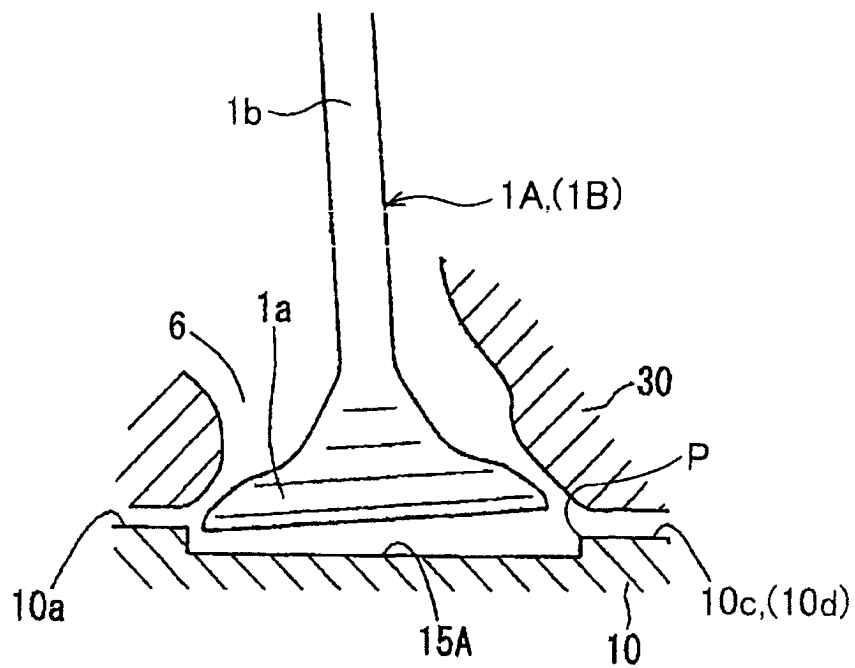
FIGUR 24



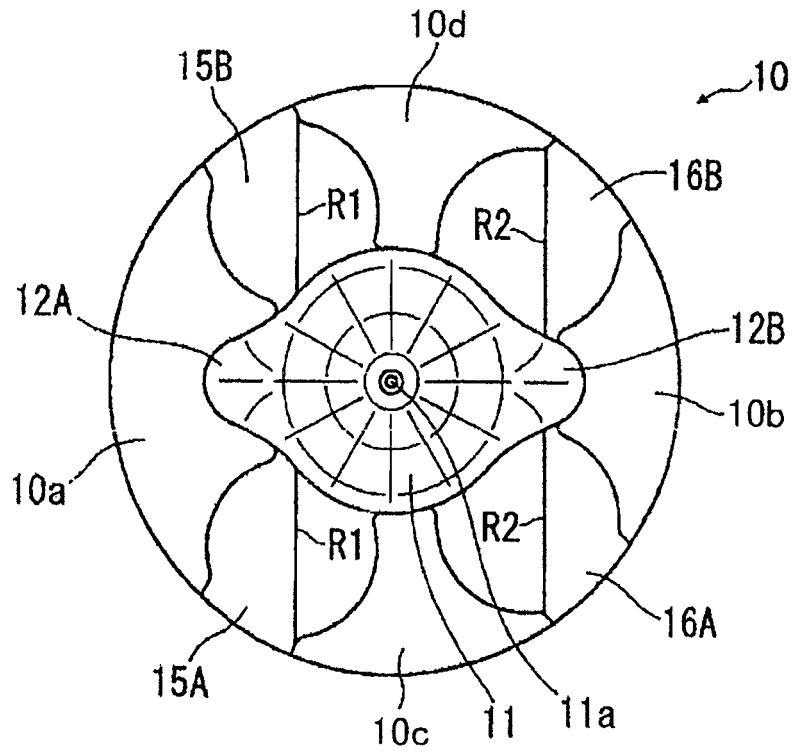
FIGUR 25



FIGUR 26



FIGUR 27



FIGUR 28

