



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 008 269 T2 2007.12.20**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 633 956 B1**

(51) Int Cl.⁸: **F01C 3/02 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 008 269.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB2004/002483**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 736 841.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/113683**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.06.2004**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.12.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.03.2006**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.08.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.12.2007**

(30) Unionspriorität:
0314035 17.06.2003 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR**

(73) Patentinhaber:
**Turnstile Technology Ltd., Turnbridge Wells, Kent,
GB**

(72) Erfinder:
See, Richard, Sevenoaks Kent TN13 1XX, GB

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Wallach, Koch & Partner, 80339
München**

(54) Bezeichnung: **DREHKOLBENMASCHINE**

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] Diese Erfindung bezieht sich auf Drehkolben-Maschinen.

[0002] Die Kompression oder Expansion von Gasen erfolgt in einer großen Vielzahl von Vorrichtungen. Gut bekannte Beispiele schließen Pumpen, Kompressoren, Gebläse, Absauggebläse und rotierende und hydraulische Maschinen ein, die alle irgendeine Form von Vorrichtung einschließen, die zum Komprimieren oder Expandieren von Gasen verwendet wird.

[0003] Wie dies oben erwähnt wurde, sind Kompressoren gut bekannte Geräte. Eine Art von Kompressor ist der Hubkolben-Kompressor. Hubkolben-Kompressoren haben den Vorteil, dass sie in der Lage sind, bei hohen Drücken zu arbeiten. Hubkolben-Kompressoren haben jedoch eine große Anzahl von sich bewegenden Teilen, und sie sind daher relativ komplexe Geräte. Eine andere Art von Kompressor, der Roots-Kompressor, hat eine Drehbewegung anstelle einer Hin- und Herbewegung, und seine resultierende Einfachheit bedeutet, dass er wenige sich bewegende Teile hat und zuverlässig ist. Dennoch hat diese Art von Kompressor ihre Nachteile. Ein derartiger Nachteil besteht darin, dass der Kompressor auf einer „Gegen-Kompression“ beruht, um den Druck der gepumpten Gase zu erhöhen. Dies bedeutet, dass keine Kompression an den einen niedrigen Druck aufweisenden Eintrittsgasen ausgeführt wird, bevor sie nicht in Kontakt mit den einen höheren Druck aufweisenden Gasen innerhalb des Kompressors kommen und sich mit diesen mischen. Dieser irreversible Prozess ist wenig wirkungsvoll und führt zu einem höheren Antriebsleistungsbedarf und erhöht die Auslasstemperaturen.

[0004] Eine andere Art von Drehkolben-Kompressor, der Lysholm-Kompressor, verwendet eine interne Kompression, um die durch die „Gegen-Kompression“ hervorgerufenen Probleme zu überwinden. Typischerweise sind diese Kompressoren beträchtlich wirkungsvoller. Ihre Betriebsleistung hängt jedoch in großem Ausmaß davon ab, dass ein sehr kleines Spiel zwischen den sich bewegenden Elementen aufrecht erhalten wird, so dass sich beträchtliche Herstellungsprobleme ergeben. Eine nicht perfekte Abdichtung zwischen den Elementen führt zu einem Zurücklecken des Gases, wodurch die Drücke beschränkt werden, die unter Verwendung eines einzelnen Kompressors erreicht werden können.

[0005] Kompressoren der vorstehend beschriebenen Arten werden in Verbrennungsmotoren verwendet. Insbesondere werden Drehkolben-Kompressoren des Roots-, Einzelschrauben- oder Lysholm-Typs in Drehkolbenmotoren verwendet, zusammen mit einem entsprechenden Expansions-Mechanismus, der es ermöglicht, dass Arbeit während der Expansion

der heißen unter Druck stehenden Gase abgeleitet wird. Drehkolben-Motoren können ähnlich wie Drehkolben-Kompressoren weniger sich bewegende Teile aufweisen und sind daher zuverlässiger als ihre entsprechenden Hubkolben-Äquivalente. Die Produktions- und Wartungskosten sind ebenfalls möglicherweise niedriger. Typischerweise erzeugen Drehkolben-Maschinen auch weniger Geräusche und erzielen mehr Verbrennungs-Zyklen pro Sekunde verglichen mit Hubkolben-Maschinen, was zu einem überlegenen Leistungs-/Gewichtsverhältnis führt.

[0006] Der idealisierte Zyklus, dem sich die meisten Drehkolben-Verbrennungsmaschinen annähern, ist der Otto-Zyklus. Ein Nachteil des Otto-Zyklus ist, dass die Menge an Arbeit, die von dem heißen Druck beaufschlagten Gas abgeleitet werden kann, aufgrund der Tatsache beschränkt ist, dass das Expansionsverhältnis des Motors nicht sein Kompressionsverhältnis übersteigen kann. Die Gase an dem Ende des isentropischen Expansions-schrittes des Otto-Zyklus könnten mehr Arbeit verrichten, wenn eine weitere Expansion auf den Umgebungsdruck zugelassen würde. Dieser Nachteil wird in einem idealisierten Zyklus überwunden, der als der Atkinson-Miller-Zyklus bekannt ist. Der Atkinson-Miller-Zyklus ermöglicht eine isentropische Expansion auf den Umgebungsdruck, und damit Kompressions- und Expansionsverhältnisse, die unterschiedlich sein können. Es wurde eine Anzahl von Drehkolben-Verbrennungsmotoren unter Verwendung des Atkinson-Miller-Zyklus vorgeschlagen. Diese Motoren-Konstruktionen haben jedoch typischerweise viele sich bewegende Teile, oder sie verwenden Teile, die schwierig herzustellen sind. Vorteilhafte Drehkolben-Maschinen-Konstruktionen sind zu hohen Kompressionsverhältnissen fähig, so dass sie in Kompressionszündung-Maschinen, wie z.B. Diesel-Maschinen verwendet werden können. Die Ausgangsleistung eines Drehkolben-Motors sollte sanft und gleichförmig mit minimaler Vibration sein. Geräusche und mechanische Abnutzung sollten minimal sein.

[0007] Es sind verschiedene Einzelschrauben-Drehkolben-Maschinen bekannt, bei denen die Kompression und Expansion im schraubenlinig geformten Kanälen auftritt, die in der Oberfläche eines in Drehung versetzbaren Blockes ausgebildet sind. Getrennte Arbeitskammern werden durch den schraubenlinienförmigen Kanal, einen den drehbaren Block umgebende Oberfläche, die den schraubenlinienförmigen Kanal abdichtet, und Räder begrenzt, die Zähne oder Schaufeln haben, die mit dem schraubenlinienförmigen Kanal kämmen. Beispielsweise beschreibt die GB 653 185 eine Drehkolben-Maschine, bei der die Kompression und Expansion durch die Schaffung eines schraubenlinienförmigen Kanals mit sich ändernder Tiefe erzielt wird, wobei sich ändernde Bruchteile der Radzähne oder Schaufeln die Arbeitskammern bilden. In der Maschine nach der GB

653 185 bleibt die Spitze eines Zahns oder einer Schaufel innerhalb des Kanals, und der Zahn oder die Schaufel steht immer in Kontakt mit dem Gas in der Arbeitskammer. Zusätzlich beeinflusst die Form der Radzähne oder Schaufeln nicht wesentlich das Kompressions- oder Expansionsverhältnis der Maschine, und die Kompression und Expansion werden in unterschiedlichen Teilen der Maschine ausgeführt.

[0008] Die US 3862623 und die US 3897756 beschreiben Drehkolben-Maschinen, bei denen ein in Drehung versetzbarer Block sich um seine Achse lediglich um einen Bruchteil einer Umdrehung während jedes Zyklus dreht, wobei die Kompression und Expansion gegen die Zähne oder Schaufeln eines rotierenden Rades erfolgt. Bei diesen Maschinen ändert sich die Tiefe des Kanals nicht, so dass zwei unterschiedliche Arbeitskammern für die Kompression bzw. Expansion verwendet werden müssen.

[0009] Die US 4003348, US 4005682 und US 4013046 beschreiben Drehkolben-Maschinen mit unterschiedlichen Kompressions- und Expansionsverhältnissen. Um die Strömungen von Treibstoff und Luft zu kontrollieren, haben sie jedoch Kanäle mit komplexer Form, die erhebliche Herstellungsprobleme ergeben. Die US 4013046 beschreibt eine Drehkolben-Maschine, bei der Ventile sich während jedes Zyklus öffnen und schließen, um die Strömung von Gasen zu kontrollieren.

[0010] Die US 2674982, US 3208437, US 3060910, US 3221717 und US 3205874 beschreiben Drehkolben-Maschinen, bei denen die Arbeitskammern durch miteinander kämmende verzahnte oder mit Schaufeln versehene Räder gebildet sind. Bei diesen Maschinen wird die Arbeitskammer jedoch zunächst durch ein Rad und dann das andere Rad gebildet, so dass mehr als ein rotierendes Teil abdichtet werden muss.

[0011] Gemäß einem Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird eine Drehkolben-Maschine zur Verwendung mit komprimierbaren Strömungsmedien geschaffen, wobei die Maschine Folgendes umfasst: ein erstes Rotationselement, das für eine Drehung um eine erste Achse befestigt ist; ein Gehäuse, das eine Oberfläche aufweist, die zumindest einen Teil des ersten Rotationselementes umschließt, einen langgestreckten Hohlraum mit sich ändernder Querschnittsfläche, der zwischen einer Oberfläche des ersten Rotationselementes und der Gehäuse-Oberfläche gebildet ist und sich um die erste Achse in Abhängigkeit von dem Radius des ersten Rotationselementes ändert, und eine Anzahl von zweiten Rotationselementen, die für eine Drehung um jeweils unterschiedliche zweite Achsen befestigt sind, wobei jedes zweite Rotationselement so befestigt ist, dass es durch einen Schlitz in der Gehäuse-Oberfläche hindurch vorspringt und mit der Oberfläche des ersten

Rotationselementes zusammenwirkt, um den Hohlraum in benachbarte Arbeits-Abschnitte zu unterteilen, wobei jedes zweite Rotationselement eine Anzahl von vorspringenden Teilen mit jeweiligen unterschiedlichen Radien um die zweite Achse herum umfasst, wobei die unterschiedlichen Radien bewirken, dass die vorspringenden Teile in dem Hohlraum über jeweilige unterschiedliche Ausmaße vorspringen, so dass die Volumina der Arbeitsabschnitte sich ändern, während sich die ersten und zweiten Rotationselemente drehen, wobei im Betrieb Strömungsmedien in einem Arbeits-Abschnitt eine Kompression, Verbrennung und Expansion als ein geschlossenes Volumen durchlaufen, wobei das geschlossene Volumen während der Kompression, Verbrennung und Expansion durch die gleichen zwei benachbarten zweiten Rotationselemente begrenzt ist.

[0012] Das erste Rotationselement und jedes der zweiten Rotationselemente haben einen veränderlichen Radius. Die Gehäuse-Oberfläche, die einen konstanten Radius aufweist, und die Oberfläche des ersten Rotationselementes begrenzen daher einen Hohlraum, der sich um die erste Achse herum erstreckt. Während sich das erste Rotationselement um die erste Achse dreht, dreht sich der Hohlraum außerdem um die erste Achse. Jedes der zweiten Rotationselemente springt durch die Gehäuse-Oberfläche vor. Während sich jedes der zweiten Rotationselemente dreht, ändert sich das Ausmaß, in dem sie durch die Gehäuse-Oberfläche hindurch vorspringen. Tatsächlich wird die Drehung des ersten Rotationselementes und jedes der zweiten Rotationselemente derart koordiniert, dass sie miteinander kämmen, um eine Abdichtung zu ergeben. Jedes der zweiten Rotationselemente definiert somit eine Anzahl von Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes. Arbeits-Abschnitte können auch durch das erste Rotationselement dort begrenzt werden, wo der Radius ein Maximum ist, indem eine Abdichtung mit dem Gehäuse geschaffen wird. Während sich der Hohlraum um die erste Achse dreht, ändern sich die Volumina der Arbeits-Abschnitte des Hohlraumes, so dass sich eine Kompression oder Expansion eines Strömungsmediums in diesen ergibt.

[0013] Es kann somit eine rotierende Maschine verwirklicht werden, die eine Anzahl von wünschenswerten Qualitäten hat, während sie gleichzeitig einfach in der Herstellung und im Gebrauch ist. Die Drehkolben-Maschine beruht auf einer internen Kompression, wodurch die Nachteile vermieden werden, die mit der „Gegen-Kompression“ verbunden sind, wie z.B. die Ineffizienz. Gleichzeitig ermöglicht die Einfachheit der Konstruktion eine effektive Abdichtung zwischen den verschiedenen Elementen der Drehkolben-Maschine, wodurch die Herstellungs-Komplexität und andere Probleme vermieden werden, die mit anderen Drehkolben-Maschinen mit interner Kompression verbunden sind.

[0014] Vorzugsweise umfassen die ersten und zweiten Rotationselemente jeweils eine Anzahl von einstückigen Segmenten, die jeweils unterschiedliche Radien haben. Für die zweiten Rotationselemente sind diese Segmente die vorspringenden Teile.

[0015] Vorzugsweise sind die zweiten Rotationselemente um die Gehäuse-Oberfläche herum verteilt, wobei jedes zweite Rotationselement für eine Drehung um eine jeweilige Achse befestigt ist, die unter einem rechten Winkel sowohl zu der ersten Achse als auch dem Radius der Gehäuse-Oberfläche steht. Auf diese Weise kann eine Anzahl von Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes gebildet werden, und ein Kompressions- und/oder Expansions-Prozess kann gleichzeitig in jedem ausgeführt werden.

[0016] Das erste Rotationselement kann sich innerhalb der Gehäuse-Oberfläche befinden, wobei die Anzahl von zweiten Rotationselementen außerhalb der Gehäuse-Oberfläche angeordnet ist. In diesem Fall ist das erste Rotationselement im Wesentlichen zylindrisch. Alternativ kann das erste Rotationselement außerhalb der Gehäuse-Oberfläche angeordnet sein, wobei die Anzahl von zweiten Rotationselementen innerhalb der Gehäuse-Oberfläche angeordnet ist. In diesem Fall nimmt das erste Rotationselement im Wesentlichen die Form eines Ringes an.

[0017] Die Drehkolben-Maschine führt eine Kompression gefolgt von einer Expansion aus. Die Drehung des ersten Rotationselementes und jedes der Anzahl von zweiten Rotationselementen bewirkt, dass sich das Volumen der Arbeits-Abschnitte des Hohlraumes während jedes Zyklus verringert und dann vergrößert. Weil die Kompression und Expansion durch unterschiedliche Teile der Oberfläche des ersten Rotationselementes ausgeführt wird, kann eine Maschine mit unterschiedlichen Kompressions- und Expansionsverhältnissen verwirklicht werden.

[0018] Vorzugsweise umfasst die Drehkolben-Maschine weiterhin Zündeinrichtungen zur Zündung eines komprimierten Strömungsmediums vor der Expansion. Beispielsweise kann die Zündeinrichtung eine Zündkerze umfassen. Auf diese Weise kann, wenn Gase innerhalb eines Arbeitsabschnittes des Hohlraumes einen maximalen Druck aufweisen, ein plötzlicher weiterer Druckanstieg hervorgerufen werden. Wenn beispielsweise die Gase eine Brennstoff- und Sauerstoff-Mischung sind, kann eine Zündkerze eine Verbrennung hervorrufen, wie bei einem üblichen Benzin-Motor. Alternativ kann, wenn die Gase hoch verdichteten Sauerstoff einschließen, das Einspritzen von Brennstoff selbst die Verbrennung hervorrufen, wie bei einem konventionellen Diesel-Motor. Andere Einrichtungen zum Bewirken eines plötzlichen weiteren Druckanstiegs können verwendet werden, wie z.B. die Injektion eines kleinen Volumens eines hohen Druck und eine niedrige Tempera-

tur aufweisenden Gases. Der plötzliche Anstieg des Druckes ermöglicht es, dass mehr Arbeit während der Expansion abgeleitet wird, als sie zur Kompression verwendet wurde, wodurch die Maschine mit Leistung versorgt wird.

[0019] Vorzugsweise umfasst das erste Rotationselement weiterhin zumindest einen Kanal für einen Strömungsmedium-Einlass oder Strömungsmedium-Auslass. Das erste Rotationselement kann sogar Kanäle sowohl für den Strömungsmedium-Einlass und den Strömungsmedium-Auslass umfassen. Auf diese Weise können Strömungsmedien in die Arbeits-Abschnitte des Hohlraumes angesaugt oder gedrückt werden, oder sie können aus den Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes ausströmen oder abgelassen werden.

[0020] Das Gehäuse kann weiterhin zumindest ein Seitenventil umfassen, wobei zumindest eines der Seitenventile ausschließlich als ein Strömungsmedium-Einlass oder ein Strömungsmedium-Auslass betreibbar ist, wenn es sich benachbart zu einem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes befindet, wobei sich jedes der zumindest einen Seitenventile benachbart zu einem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes für einen Bruchteil eines Zyklus der Vorrichtung befindet. Die Drehkolben-Maschine kann daher so ausgelegt werden, dass der Bereich des Gehäuses, der lediglich ein Seitenventil enthält, eine Begrenzung eines Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes bildet, wenn ein Strömungsmedium-Einlass oder Strömungsmedium-Auslass erwünscht ist.

[0021] Vorzugsweise ist jedes der zumindest einen Seitenventile betreibbar, um die Strömungsrate des Strömungsmediums in den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes zu ändern, um den Druck des Strömungsmediums innerhalb des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes zu ändern, oder um ein Kompressions- oder Expansionsverhältnis der Drehkolben-Maschine zu ändern. Die Seitenventile können daher eine Möglichkeit zur Steuerung der Betriebsweise der Drehkolben-Maschine ergeben.

[0022] Vorzugsweise wird eine geschlossene Rückführungs-Regelung zur Steuerung der Betriebsweise jedes der zumindest einen Seitenventile verwendet, wobei die geschlossene Rückführungs-Schleifenregelung auf einem Betriebsparameter beruht, wie z.B. dem Strömungsmedium-Einlassdruck, dem Strömungsmedium-Auslassdruck oder der Drehgeschwindigkeit. Auf diese Weise kann eine Anzahl von Parametern in einem stetigen Zustand gehalten werden.

[0023] Diese Erfindung ergibt weiterhin eine Drehkolben-Maschine, die zwei der vorstehend beschriebenen rotierenden Einrichtungen umfasst. Auf diese Weise können die jeweiligen zweiten Rotationsele-

mente so angeordnet werden, dass die resultierenden Kräfte auf das erste Rotationselement zu einem Minimum gemacht werden. Beispielsweise könnte dies dadurch erreicht werden, dass ein zweites Rotationselement von jeder rotierenden Maschinen auf entgegengesetzten Seiten des einstückigen ersten Rotationselementes vorgesehen wird.

[0024] Die Erfindung wird nunmehr in Form eines Beispiels unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren beschrieben, in denen:

[0025] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) Querschnitte einer ersten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung in ersten bzw. zweiten Positionen zeigen;

[0026] [Fig. 3](#) ein Seitenprofil eines zweiten Rotationselementes der ersten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0027] [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) Querschnitte der ersten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung in dritten und vierten Positionen zeigen;

[0028] [Fig. 6](#) einen Querschnitt einer zweiten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0029] [Fig. 7](#) einen Querschnitt einer dritten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0030] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) Querschnitte einer vierten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigen;

[0031] [Fig. 10](#) bis [Fig. 14](#) Querschnitte einer fünften Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung in jeweiligen ersten bis fünften Positionen zeigen;

[0032] [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) die Oberfläche des ersten Rotationselementes der fünften Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung in sechsten bzw. siebten Positionen zeigen;

[0033] [Fig. 17](#) die Oberfläche des ersten Rotationselementes einer sechsten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0034] [Fig. 18](#) einen Querschnitt einer siebten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0035] [Fig. 19](#) einen Querschnitt einer achten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0036] [Fig. 20](#) bis [Fig. 27](#) Querschnitte der achten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung in jeweiligen ersten bis achten Positionen zeigen;

[0037] [Fig. 28](#) und [Fig. 29](#) Querschnitt einer neunten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung in ersten bzw. zweiten Positionen zeigen;

[0038] [Fig. 30](#) die Oberfläche des ersten Rotationselementes der neunten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0039] [Fig. 31](#) einen Querschnitt eines ersten Kompressors zeigt;

[0040] [Fig. 32](#) und [Fig. 33](#) die Oberfläche des ersten Rotationselementes des ersten Kompressors in jeweiligen ersten bis dritten Positionen zeigen;

[0041] [Fig. 34](#) die Oberfläche des ersten Rotationselementes eines zweiten Kompressors zeigt;

[0042] [Fig. 35](#) ein Querschnitt eines dritten Kompressors zeigt;

[0043] [Fig. 36](#) die Oberfläche des ersten Rotationselementes des dritten Kompressors zeigt;

[0044] [Fig. 37](#) einen Querschnitt einer zehnten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0045] [Fig. 38](#) und [Fig. 39](#) Querschnitte einer elften bzw. zwölften Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigen;

[0046] [Fig. 40](#) ein Seitenprofil eines zweiten Rotationselementes einer dreizehnten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0047] [Fig. 41](#) einen Querschnitt einer vierzehnten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung zeigt;

[0048] [Fig. 42](#), [Fig. 43](#), [Fig. 44](#) und [Fig. 45](#) Charakteristiken der zweiten Rotationselemente nach den [Fig. 1](#) bis [Fig. 41](#) zeigen; und

[0049] [Fig. 46](#) Charakteristiken der in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 41](#) gezeigten Vorrichtungen zeigt.

[0050] Es sei darauf hingewiesen, dass alle die Figuren schematisch sind und daher nicht maßstäblich sind. Beispielsweise können bestimmte Abmessungen im Interesse der Klarheit übertrieben dargestellt sein.

[0051] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) zeigen eine erste Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die erste Drehkolben-Maschine umfasst ein erstes Rotationselement **1**, ein Gehäuse **2**, drei zweite Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c**, drei Zündkerzen **8a**, **8b**, **8c** und eine (nicht gezeigte) Leistungs-Ausgangswelle.

[0052] Das erste Rotationselement **1** ist für eine Drehung um eine erste Achse **6** befestigt. Das erste Rotationselement **1** ist ein im Wesentlichen zylindrischer Block aus Material, der jedoch große Änderungen des Radius aufweist. Das erste Rotationselement **1** ist aus Stahl hergestellt, obwohl der Fach-

mann verstehen wird, dass es in vorteilhafter Weise aus anderen Materialien hergestellt sein kann.

[0053] Geeignete Materialien für die anderen beschriebenen Bauteile der ersten Drehkolben-Maschine sind ebenfalls dem Fachmann bekannt.

[0054] Das im Wesentlichen zylindrische erste Rotationselement **1** wird im Wesentlichen aus vier Segmenten gebildet, die jeweils einen unterschiedlichen Radius aufweisen: ein Dichtungs-Segment **1a**, ein Kompressions-Segment **1b**, ein Verbrennungs-Segment **1c** und ein Expansions-Segment **1d**. Das Dichtungs-Segment **1a** überspannt einen sehr kleinen Winkel um die erste Achse **6**, hat jedoch den größten Radius. Die Kompressions-, Verbrennungs- und Expansions-Segmente **1b**, **1c**, **1d** überspannen jeweils geringfügig weniger als 120° um die erste Achse herum. Während der Drehung folgt auf das Dichtungs-Segment **1a** das Kompressions-Segment **1b**, auf das das Verbrennungs-Segment **1c** folgt, auf das das Expansions-Segment **1d** folgt. Der Radius des Verbrennungs-Segmentes **1c** ist geringfügig kleiner als der Radius des Dichtungs-Segmentes **1a**. Der Radius des Kompressions-Segmentes **1b** ist kleiner als der des Verbrennungs-Segmentes **1c**. Der Radius des Expansions-Segmentes **1d** ist kleiner als der des Kompressions-Segmentes **1b**. Das erste Rotationselement **1** umfasst weiterhin einen Strömungsmedium-Einlasskanal **4** und einen Strömungsmedium-Auslasskanal **9** benachbart zu dem Dichtungs-Segment **1a**.

[0055] Das Gehäuse **2** schließt eine im Wesentlichen zylindrische Oberfläche mit konstantem Radius ein, die um die erste Achse **6** zentriert ist und teilweise das erste Rotationselement **1** umschließt. Das Gehäuse **2** weist weiterhin Endwände **2a** auf, die eine axiale Bewegung des ersten Rotationselementes **1** entlang der ersten Achse **6** verhindern. Die Endwände **2a** ergeben weiterhin eine Dichtung zwischen dem Gehäuse **2** und den Enden des ersten Rotationselementes **1**.

[0056] Ein Hohlraum **5a**, **5b**, **5c** ist zwischen dem ersten Rotationselement **1** und dem Gehäuse **2** gebildet. Die Querschnittsfläche des Hohlraumes **5a**, **5b**, **5c** ändert sich um die erste Achse **6** herum in Abhängigkeit von dem Radius des ersten Rotationselementes **1**. Beispielsweise ist die Querschnittsfläche des Hohlraumes klein, wenn sie sich benachbart zu dem Verbrennungs-Segment **1c** befindet, und die Querschnittsfläche des Hohlraumes ist groß, wenn sie sich benachbart zu dem Expansions-Segment **1d** befindet. Es gibt keinen Hohlraum benachbart zu dem Dichtungs-Segment **1a** des ersten Rotationselementes **1**. Das Dichtungs-Segment **1a** steht statt dessen in Kontakt mit dem Gehäuse **2**, um eine Abdichtung zu schaffen. Das Dichtungs-Segment **1a** bildet weiterhin den Anfang und das Ende des Hohlraumes **5a**,

5b, **5c**. Während der Drehung des ersten Rotationselementes **1** dreht sich auch der Hohlraum **5a**, **5b**, **5c**.

[0057] Die drei zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** sind jeweils um das Gehäuse **2** herum unter 120° -Intervallen um die erste Achse **6** befestigt. Die zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** sind alle in der gleichen axialen Entfernung von den Enden des Gehäuses **2** befestigt. Die zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** sind jeweils so befestigt, dass sie sich um jeweilige Achsen drehen, die unter einem rechten Winkel zu der ersten Achse **6** und einem Radius des ersten Rotationselementes **1** stehen. Während der Drehung der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** springen sie jeweils durch das Gehäuse **2** in den Hohlraum **5a**, **5b**, **5c** in sich änderndem Ausmaß vor. Eine Dichtung ist zwischen jedem der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** und dem Gehäuse **2** gebildet.

[0058] [Fig. 3](#) zeigt ein Seitenprofil eines der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** sowie die Achse **7**, um die es sich dreht. Die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen Querschnitte der Maschine senkrecht zu der Achse **7**. Die [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigen klar die Endwände **2a** des Gehäuses **2** sowie die zylindrische Oberfläche. Es ist aus [Fig. 3](#) zu erkennen, dass ebenso wie das erste Rotationselement **1** jedes zweite Rotationselement **3a**, **3b**, **3c** im Wesentlichen aus vier Segmenten gebildet ist, die jeweils einen unterschiedlichen Radius haben. Der Radius jedes der Segmente des zweiten Rotationselementes **3a**, **3b**, **3c** ist so ausgelegt, dass im Betrieb jedes der Segmente jedes der zweiten Rotationselemente mit einem unterschiedlichen Segment **1a**, **1b**, **1c**, **1d** des ersten Rotationselementes **1** zusammenwirkt, um eine Dichtung zu schaffen. Die zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** bilden daher drei oder vier Arbeits-Abschnitte des Hohlraumes.

[0059] Die zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** sind dünne ebene Bauteile. Es ist jedoch aus den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zu sehen und für den Fachmann verständlich, dass eine bestimmte Dicke erforderlich ist, um den Kräften zu widerstehen, die auf die zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** im Betrieb einwirken. Der Fachmann wird weiterhin verstehen, dass die Form der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** so ausgelegt sein muss, dass eine gute Abdichtung mit dem ersten Rotationselement **1** gebildet wird. Jedes der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** wird so angetrieben, dass es sich mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit dreht, wie das erste Rotationselement. Verschiedene Mechanismen zum Antrieb der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit wie das erste Rotationselement sind für den Fachmann gut bekannt. Beispielsweise können die Elemente über Zahnräder miteinander verbunden sein.

[0060] Die Zündkerzen **8a**, **8b**, **8c** sind jeweils in dem Gehäuse **2** unter Intervallen von 120° um die erste Achse **6** herum zwischen den zweiten Rotationselementen **3a**, **3b**, **3c** angeordnet. Die Zündkerzen **8a**, **8b**, **8c** schließen glatt mit der Gehäuse-Oberfläche ab, so dass sie nicht in den Hohlraum vorspringen. Einrichtungen (nicht gezeigt) zum Betrieb der Zündkerzen sind dem Fachmann bekannt.

[0061] Im Betrieb wird das erste Rotationselement um die erste Achse **6** gedreht. Gemäß den [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) werden, während sich das erste Rotationselement **1** dreht, Gase in Form von verdampftem Treibstoff und Sauerstoff in die erste Drehkolben-Maschine über den Strömungsmedium-Einlasskanal **4** eingesaugt. Die Gase werden in einem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes eingesaugt, der zwischen dem Dichtungselement **1a** des ersten Rotationselementes **1** und dem zweiten Rotationselement **3a** gebildet ist. Dieser Arbeits-Hohlraum expandiert, während sich das erste Rotationselement **1** dreht, wodurch ein Vakuum erzeugt wird, das die Gase ansaugt.

[0062] [Fig. 2](#) zeigt die erste Drehkolben-Maschine bei einer Drehung des ersten Rotationselementes **1** über 60° verglichen mit [Fig. 1](#). Das Dichtungs-Segment **1a** des ersten Rotationselementes **1** hat sich nunmehr zu dem zweiten Rotationselement **3c** gedreht. Der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes wird daher nunmehr zwischen den zweiten Rotationselementen **3a** und **3c** gebildet. Der Strömungsmittel-Einlasskanal **4** wird sich dann an dem zweiten Rotationselement **3c** vorbeidrehen, so dass bewirkt wird, dass die Gase, die in die Drehkolben-Maschine eingesaugt wurden, vollständig eingeschlossen sind.

[0063] Eine weitere Drehung des ersten Rotationselementes **1** bewirkt, dass sich das Verbrennungs-Segment **1c** in den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes zu drehen beginnt, der zwischen den zweiten Rotationselementen **3a** und **3c** gebildet ist. Der größere Radius des Verbrennungs-Segmentes **1c** verglichen mit dem Kompressions-Segment **1b** bewirkt eine Verringerung des Volumens des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes. Weil der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes vollständig eingeschlossen ist, steigt der Druck des Gases an. Der Druck der Gase setzt seinen Anstieg fort, bis das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes ein Minimum erreicht. Dieses minimale Volumen wird erreicht, wenn sich das Verbrennungs-Segment **1c** des ersten Rotationselementes **1** vollständig an dem zweiten Rotationselement **3a** vorbeidreht hat.

[0064] An dieser Position werden die komprimierten Gase in dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes durch die Zündkerze **8c** gezündet. Die Verbrennung der Gase ruft einen plötzlichen weiteren Druckanstieg hervor.

[0065] Eine weitere Drehung des ersten Rotationselementes **1** bewirkt, dass sich das Ausdehnungs-Segment **1d** in den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes zu drehen beginnt, der zwischen den zweiten Rotationselementen **3a** und **3c** gebildet ist. Der kleinere Radius des Ausdehnungs-Segmentes **1d** verglichen mit dem Verbrennungs-Segment **1c** bewirkt eine Vergrößerung des Volumens des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes. Die unter hohem Druck stehenden Gase leisten Arbeit, während sie sich expandieren, wodurch die Maschine angetrieben wird. Die Gase führen solange Arbeit aus, bis das Expansions-Segment **1d** des ersten Rotationselementes **1** sich vollständig an dem Rotationselement **3a** vorbeidreht hat. Weil die Kompressions- und Expansions-Segmente **1b**, **1d** des ersten Rotationselementes **1** unterschiedliche Radien haben, können die Kompressions- und Expansionsverhältnisse der ersten Drehkolben-Maschine unterschiedlich sein. Die Erfindung ermöglicht daher die Verwendung des effizienten Atkinson-Miller-Zyklus.

[0066] Schließlich beginnt sich das Dichtungselement **1a**, in den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes zu drehen, der zwischen den zweiten Rotationselementen **3a** und **3c** gebildet ist. Die ausgestoßenen Gase werden aus dem Strömungsmittel-Auslasskanal **9** herausgedrückt, und ein neuer Zyklus wird begonnen, während frische Gase in dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes über den Strömungsmedium-Einlasskanal angesaugt werden.

[0067] Während des Betriebs der Maschine wird der Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus, der vorstehend beschrieben wurde, auch gleichzeitig in den Arbeits-Hohlräumen ausgeführt, die zwischen den zweiten Rotationselementen **3a** und **3b** und **3b** und **3c** gebildet sind. Leistung kann von der ersten Drehkolben-Maschine über eine (nicht gezeigte) Ausgangsleistungs-Welle abgenommen werden, die mit dem ersten Rotationselement **1** gekoppelt ist.

[0068] [Fig. 6](#) zeigt eine zweite Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Bei dieser Drehkolben-Maschine sind Bauteile, die die gleiche Funktion wie die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) erfüllen, mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet. Die zweite Drehkolben-Maschine weist ein ringförmiges erste Rotationselement **1** auf, das außerhalb des Gehäuses **2** befestigt ist. Drei zweite Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** sind im Inneren des Gehäuses **2** befestigt. Die zweite Drehkolben-Maschine arbeitet in der gleichen Weise wie die erste Drehkolben-Maschine, mit einem Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus, der gleichzeitig in Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes ausgeführt wird, die zwischen benachbarten zweiten Rotationselementen gebildet sind.

[0069] [Fig. 7](#) zeigt eine dritte Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Bei der dritten Drehkolben-Ma-

schine ist das erste Rotationselement **1** im Wesentlichen zylindrisch. Die Dichtungs-, Kompressions-, Verbrennungs- und Expansions-Segmente **1a**, **1b**, **1c**, **1d** springen jedoch alle in einer Richtung parallel zu der ersten Achse **6** vor. Das Gehäuse **2** unter Einschluss der Endwände **2a** weist daher die Form eines Kreisringes auf, der sich um die erste Achse **6** mit einem kanalförmigen Querschnitt herum erstreckt. Dennoch arbeitet die dritte Drehkolben-Maschine in einer ähnlichen Weise wie die ersten und zweiten Drehkolben-Maschinen. In vorteilhafter Weise ermöglicht die dritte Drehkolben-Maschine außerdem die Integration von Kühlrippen in eine Seite des ersten Rotationselementes. Andere Anordnungen des ersten Rotationselementes sind für den Fachmann naheliegend.

[0070] Bei der dritten Drehkolben-Maschine sind die Endwände des Gehäuses **2** nicht parallel, und sie stehen unter einem Winkel von θ zueinander. Der Winkel θ ist der Winkel um den Mittelpunkt des zweiten Rotationselementes, der durch die Innenoberflächen der Gehäuse-Endwände **2a** gebildet wird. Wenn im Betrieb das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes ein Minimum aufweist, muss ein Segment jedes der zweiten Rotationselemente, die den Arbeits-Abschnitt bilden, gleichzeitig in das Gehäuse über zumindest den Winkel θ vorspringen. Bei der dritten Drehkolben-Maschine, die drei zweite Rotationselemente verwendet, ist jedes der zweiten Rotationselemente um einen Winkel von 120° phasenverschoben. Das Segment der zweiten Rotationselemente, das dem Verbrennungs-Segment des ersten Rotationselementes entspricht, muss daher einen Winkel von $120^\circ + \theta$ überspannen.

[0071] Die Endwände **2a** des in [Fig. 7](#) gezeigten Gehäuses **2** ergeben eine effizientere Anordnung als die, die in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt ist, weil der Winkel θ kleiner ist.

[0072] In den Drehkolben-Maschinen, die in den [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 7](#) gezeigt sind, muss der Winkel θ klein sein, damit, sobald ein Segment des zweiten Rotationselementes sich in das Gehäuse **2** über den Winkel θ gedreht hat, um eine Dichtung zu bilden und die zwei Arbeits-Abschnitte des Hohlraumes zu bilden, die Dichtung aufrecht erhalten wird, bis das Segment des ersten Rotationselementes **1**, mit dem es zusammenwirkt, sich vorbeigedreht hat. Dies begrenzt die Größe des Hohlraumes und damit die Leistung, die von der Maschine erzeugt werden kann.

[0073] Die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) zeigen eine vierte Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung, die das vorstehende Problem beseitigt. Der Winkel θ ist bei der vierten Drehkolben-Maschine größer als in den ersten bis dritten Drehkolben-Maschinen. Diese Vergrößerung des Winkels θ wird durch Modifizieren der Segmente erreicht, die das erste Rotationselement **1**

und jedes der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** bilden. Bei der vierten Drehkolben-Maschine überspannt das Segment jedes der zweiten Rotationselemente, die mit dem Verbrennungs-Segment **1c** des ersten Rotationselementes zusammenwirken, einen Winkel von $\theta + 120^\circ$. Dies stellt sicher, dass eine Abdichtung zwischen dem Verbrennungs-Segment **1c** des ersten Rotationselementes und dem betreffenden zweiten Rotationselement über eine ausreichende Dauer gebildet wird. Um diese zusätzliche Erstreckung zu ermöglichen, wird die Erstreckung der Segmente jedes der zweiten Rotationselemente, das mit dem Verbrennungs-Segment **1b** des ersten Rotationselementes **1** zusammenwirkt, verringert. Der Radius dieses Segmentes wird jedoch vergrößert, um diese Verringerung der Erstreckung zu kompensieren. Dies wird von einer entsprechenden Verringerung der Erstreckung und einer Verringerung des Radius des Kompressions-Segmentes **1b** des ersten Rotationselementes **1** begleitet.

[0074] Wenn Gase in die vierte Drehkolben-Maschine angesaugt werden, werden sie in einen Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes angesaugt, der benachbart zu dem Kompressions-Segment **1b** des ersten Rotationselementes **1** ist. Obwohl dieses Segment einen kleineren Winkel des ersten Rotationselementes **1** als bei den ersten bis dritten Drehkolben-Maschinen überspannt, ist das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes unmittelbar vor der Kompression ähnlich, weil der Radius des Kompressions-Segmentes **1b** kleiner ist, so dass sich eine größere Querschnittsfläche des Hohlraumes ergibt.

[0075] Die [Fig. 10](#) bis [Fig. 16](#) zeigen eine fünfte Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. In gleicher Weise wie die vierte Drehkolben-Maschine sind die Radien des Kompressions-Segmentes und des Ausdehnungs-Segmentes des ersten Rotationselementes **1** gleich. Das Kompressions-Segment und das Expansions-Segment überspannen auf unterschiedliche Winkel.

[0076] In [Fig. 10](#) hat sich das Ende des Dichtungs-Segmentes des ersten Rotationselementes **1** gerade an dem zweiten Rotationselement **3a** vorbeigedreht, so dass Gase beginnen, in den Arbeitsabschnitt des Hohlraumes über die Öffnung in der Nähe des Segmentes des zweiten Rotationselementes **3a** angesaugt zu werden, das mit dem Kompressions-Segment **1b** des ersten Rotationselementes **1** zusammenwirkt.

[0077] In [Fig. 10](#) hat sich die Maschine weiter gedreht. Gase werden immer noch in die Maschine angesaugt, obwohl dies nicht gezeigt ist. Das Segment des zweiten Rotationselementes **3a**, das mit dem Kompressions-Segment des ersten Rotationselementes **1** zusammenwirkt, hat sich nunmehr in das

erste Rotationselement gedreht, wodurch eine Abdichtung gebildet wird und zwei Arbeitsabschnitte des Hohlraumes gebildet werden.

[0078] In [Fig. 12](#) hat sich die Maschine nahezu so weit gedreht, dass sie mit dem Verbrennungs-Segment des ersten Rotationselementes **1** zusammenarbeitet.

[0079] In [Fig. 13](#) hat sich die Maschine um weitere 120° gedreht. An dem anderen Ende des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes befindet sich das Rotationselement in der in [Fig. 12](#) gezeigten Position. Die Gase weisen nunmehr ihre maximale Kompression auf, und die Verbrennung erfolgt.

[0080] In [Fig. 14](#) hat sich die Maschine weiter gedreht. Das zweite Rotationselement **3a** wirkt nunmehr mit dem Expansions-Segment des ersten Rotationselementes **1** zusammen. Die Gase leisten daher Arbeit, während sie expandieren.

[0081] Eine weitere Drehung der Maschine bewirkt, dass das zweite Rotationselement **3a** auf die in [Fig. 10](#) gezeigte Position zurückkehrt, wobei an diesem Punkt die Gase vollständig expandiert sind. Eine weitere Drehung der Maschine bewirkt, dass die Abgase aus der Maschine ausgestoßen werden, wie dies in [Fig. 11](#) gezeigt ist.

[0082] Die [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) zeigen die Oberfläche des ersten Rotationselementes **1** der fünften Drehkolben-Maschine. Die [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) zeigen weiterhin die Relativstellungen der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c**. In [Fig. 16](#) hat sich das erste Rotationselement **1** verglichen mit der [Fig. 15](#) um 60° gedreht. Die schraffierten Bereiche zeigen die Oberflächen des ersten Rotationselementes, die den Hohlraum bilden, und die zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c**.

[0083] [Fig. 17](#) zeigt die Oberfläche des ersten Rotationselementes **1** einer sechsten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die [Fig. 17](#) zeigt weiterhin die Relativstellungen der zweiten Rotationselemente **3**. Die sechste Drehkolben-Maschine hat sechs zweite Rotationselemente **3**, die den Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus in sechs Arbeits-Abschnitten der Kammer ausführen. Die Bereitstellung von sechs zweiten Rotationselementen **3** ermöglicht es, dass einzelne von diesen auf entgegengesetzten Seiten der ersten Achse **6** angeordnet werden, so dass die Kräfte ausgeglichen werden, die während der Verbrennung erzeugt werden. Dies macht die resultierenden Kräfte auf das erste Rotationselement **1** zu einem Minimum, und stellt sicher, dass der Massenmittelpunkt des ersten Rotationselementes **1** auf der ersten Achse **6** liegt.

[0084] [Fig. 18](#) zeigt einen Querschnitt einer siebten

Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die siebte Drehkolben-Maschine hat ebenfalls sechs zweite Rotationselemente **3**, die den Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus in sechs Arbeits-Abschnitten der Kammer ausführen. Während der Verbrennung erzeugte Kräfte werden durch die Anordnung zweiter Rotationselemente **3** auf entgegengesetzten Seiten des ersten Rotationselementes **1** ausgeglichen.

[0085] Die [Fig. 19](#) bis [Fig. 27](#) zeigen Querschnitte einer achten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die achte Drehkolben-Maschine umfasst eine große Anzahl von zweiten Rotationselementen **3**, die um das Gehäuse **2** herum verteilt sind. Jedes der zweiten Rotationselemente **3** schließt zwei Keulen mit ungleichförmiger Länge ein. Während sich die zweiten Rotationselemente **3** drehen, springen sie in einem Hohlraum vor, der zwischen den ersten Rotationselementen **1** und dem Gehäuse **2** gebildet ist. Im Gegensatz zu den ersten bis siebten Drehkolben-Maschinen ändert sich die Querschnittsfläche des Hohlraumes graduell um die erste Achse **6** herum.

[0086] Die [Fig. 20](#) bis [Fig. 27](#) zeigen die achte Drehkolben-Maschine bei verschiedenen Stufen des Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Prozesses. In [Fig. 20](#) hat sich das zweite Rotationselement **3** auf eine Position gedreht, in der es nicht in das erste Rotationselement **1** vorspringt. In dieser Position wird eine Abdichtung zwischen dem ersten Rotationselement **1** und dem Gehäuse **2** gebildet. Diese Dichtung begrenzt die zwei Enden des Hohlraumes, der sich um die erste Achse **6** herum erstreckt, und stellt sicher, dass sich frische Gase, die in den Hohlraum angesaugt werden, nicht mit Abgasen mischen.

[0087] In [Fig. 21](#) hat sich das erste Rotationselement **1** in den Hohlraum gedreht, der zwischen dem ersten Rotationselement **1** und dem Gehäuse **2** gebildet ist. Ein Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes ist nunmehr zwischen der Dichtung, die durch das erste Rotationselement **1** und das Gehäuse **2** gebildet ist, und dem zweiten Rotationselement **3** gebildet. Gase werden in den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes bei dessen Expansion über einen Strömungsmedium-Einlasskanal **4** angesaugt, wie dies durch den Pfeil angedeutet ist.

[0088] Die Maschine dreht sich weiter, und Gase werden in den Hohlraum eingesaugt, bis sich das zweite Rotationselement **3** auf die in [Fig. 22](#) gezeigte Position gedreht hat. In dieser Position ist der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes zwischen benachbarten zweiten Rotationselementen **3** gebildet. Der Strömungsmedium-Einlasskanal **4** hat sich von dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes fortbewegt, der nunmehr vollständig umschlossen ist.

[0089] Eine weitere Drehung der Maschine bewirkt, dass sich das zweite Rotationselement weiter dreht, wie dies in [Fig. 23](#) gezeigt ist. In dieser Position hat sich der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes verkleinert, wodurch die darin enthaltenen Gase komprimiert werden.

[0090] Der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes verkleinert sich weiter, bis das zweite Rotationselement **3** die in [Fig. 24](#) gezeigte Position erreicht. In dieser Position ist das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Volumens auf einem Minimum, und die darin enthaltenen Gase wurden komprimiert. Die Verbrennung der Gase wird dann eingeleitet, wodurch eine weitere Vergrößerung des Druckes der Gase hervorgerufen wird.

[0091] Eine fortgesetzte Drehung der Maschine bewirkt eine Ausdehnung des Hohlraumes, wie dies in [Fig. 25](#) gezeigt ist. Die Gase leisten bei ihrer Ausdehnung Arbeit, und Leistung wird von dem Motor über eine (nicht gezeigte) Ausgangsleistungswelle abgeleitet, die mit dem ersten Rotationselement gekoppelt ist.

[0092] Die Gase in dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes dehnen sich weiter aus, bis das zweite Rotationselement **3** die in [Fig. 26](#) gezeigte Position erreicht. In dieser Position weist das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes ein Maximum auf. Die Querschnittsfläche des Hohlraumes gemäß [Fig. 26](#) ist größer als die, die in [Fig. 22](#) gezeigt ist. Das Expansionsverhältnis der Maschine ist daher größer als ihr Kompressionsverhältnis. Unterschiedliche Expansions- und Kompressionsverhältnisse sind möglich, weil jedes der zweiten Rotationselemente **3** zwei Keulen mit unterschiedlicher Form einschließt. Eine der Keulen wird während der Kompression verwendet, während die andere während der Expansion verwendet wird.

[0093] Sobald die Gase vollständig expandiert wurden, dreht sich die Maschine weiter, so dass die Abgase ausgestoßen werden, wie dies in [Fig. 27](#) gezeigt ist. In dieser Position hat sich das zweite Rotationselement **3** weiter gedreht, so dass der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes sein Volumen verringert. Das erste Rotationselement **1** hat sich weiterhin so gedreht, dass der Strömungsmedium-Auslasskanal mit dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes verbunden ist. Während sich das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes verringert, werden die darin enthaltenen Gase aus der Maschine über den Strömungsmedium-Auslasskanal **9** ausgestoßen, wodurch ein Zyklus der Drehkolben-Maschine abgeschlossen wird.

[0094] Die [Fig. 28](#) bis [Fig. 30](#) zeigen eine neunte Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die neunte Drehkolben-Maschine verwendet Schieber-

ventile **10** zur Steuerung ihres Kompressionsverhältnisses. Die Schieberventile **11** befinden sich in einem Bereich der Gehäuse-Oberfläche, der den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes während der Kompression der Gase bildet, nicht jedoch während der Expansion der Gase. Dies wird dadurch erreicht, dass sichergestellt wird, dass das Segment jedes der zweiten Rotationselemente, das mit dem Kompressions-Segment des ersten Rotationselementes **1** zusammenwirkt, den größte Radius hat.

[0095] Um zu verhindern, dass Abgase durch die Schieberventile **10** ausströmen, ist der Strömungsmedium-Auslasskanal **9** innerhalb des ersten Rotationselementes **1** angeordnet, wie dies in [Fig. 29](#) gezeigt ist. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die neunte Drehkolben-Maschine von anderen Drehkolben-Maschinen gemäß der Erfindung, beispielsweise der fünften Maschine, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist. Die Konstruktion des Rotationselementes **1** gemäß [Fig. 29](#) ermöglicht es, dass Gase zwischen Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes, die auf entgegengesetzten Seiten des zweiten Rotationselementes **3a** gebildet werden, während des Ausstoßens strömen, so dass sich eine Austrittsrouten für die Gase ergibt, während sich das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes verkleinert.

[0096] [Fig. 30](#) zeigt die Oberfläche des ersten Rotationselementes **1** der neunten Drehkolben-Maschine zusammen mit einer Anzeige der relativen Positionen der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** und der Schieberventile **10**. Jedes der Ventile **10** weist eine gleitende Abdeckung **11** auf. [Fig. 30](#) zeigt die Position der gleitenden Abdeckungen, wenn die Schieberventile **10** vollständig offen sind.

[0097] Die Schieberventile **10** ermöglichen es, den Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus der Maschine zu modifizieren. Insbesondere kann der Zyklus so modifiziert werden, dass einige der komprimierten Gase aus dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes vor der Verbrennung abgelassen werden, wodurch das Kompressionsverhältnis der Maschine verringert wird. Vorzugsweise werden die abgelassenen Gase recycelt, um die Treibstoff-Ineffizienz zu verringern. Durch Ändern des Ausmaßes, in dem die Schieberventile **10** offen sind, kann der Druck der Gase und damit das Kompressionsverhältnis der Maschine, gesteuert werden. Auf diese Weise können die Schieberventile **10** zur Steuerung der Ausgangsleistung der Maschine verwendet werden.

[0098] Die Schieberventile **10** sind lediglich während der Kompression der Gase in Betrieb. Daher bleiben die Schieberventile **10** über den gesamten Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus in der gleichen Position. Die Positionen der Schieberventile **10** werden lediglich modifiziert, wenn eine Änderung des Kompressionsverhältnisses der Maschi-

ne erwünscht ist. Dieses Betriebsprinzip unterscheidet sich von einem konventionellen Verbrennungs-Motor, bei dem sich die Ventile bei jedem Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus öffnen und schließen.

[0099] Andere Ventil-Konfigurationen sind möglich, und diese sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise können zusätzliche Seitenventile vorgesehen sein, wobei die gleitenden Abdeckungen der Seitenventile in unterschiedlichen Richtungen zu denen in den Figuren gleiten können, und Seitenventile ohne gleitende Abdeckungen können anstelle der Schieberventile vorgesehen sein. Ventile können den ausschließlichen Stimmungsmedium-Einlass für die Drehkolben-Maschine bilden, oder sie können in Kombination mit einem oder mehreren Strömungsmedium-Einlasskanälen in dem ersten Rotationselement **1** vorgesehen sein. Wenn die Ventile einen Strömungsmedium-Einlass an die Drehkolben-Maschine bilden, so können sie zur Einstellung der Zeitlage verwendet werden, zu der Gase nicht mehr länger in die Maschine eingesaugt werden.

[0100] Die **Fig. 31** bis **Fig. 33** zeigen einen ersten Kompressor. Der erste Kompressor arbeitet in einer ähnlichen Weise wie die Drehkolben-Maschinen gemäß der Erfindung, die vorstehend beschrieben wurden. Der Fortfall der Verbrennungs- und Expansions-Stufen aus dem Betriebszyklus ermöglicht jedoch eine Vereinfachung. Der Kompressor umfasst ein einziges zweites Rotationselement **3**, das sich mit der halben Winkelgeschwindigkeit des ersten Rotationselementes **1** dreht. Gase werden in den Kompressor angesaugt, komprimiert und dann über ein Schieberventil **10** ausgelassen. Das Schieberventil **10** kann zur Steuerung des Ausmaßes verwendet werden, in dem die Gase durch den Kompressor komprimiert werden. Das erste Rotationselement **1** kann so ausgelegt werden, dass während der Freigabe der komprimierten Gase die Gase zwischen Arbeitsabschnitten des Hohlraumes strömen können, die auf entgegengesetzten Seiten des zweiten Rotationselementes **3** gebildet sind. Dies ergibt eine Austrittsrouten für die Gase, während sich das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes verringert.

[0101] **Fig. 18** zeigt einen Querschnitt einer siebten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die siebte Drehkolben-Maschine hat ebenfalls sechs zweite Rotationselemente **3**, die den Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus in sechs Arbeits-Abschnitten der Kammer ausführen. Während der Verbrennung erzeugte Kräfte werden durch die Anordnung zweiter Rotationselemente **3** auf entgegengesetzten Seiten des ersten Rotationselementes **1** ausgeglichen.

[0102] Die **Fig. 19** bis **Fig. 27** zeigen Querschnitte einer achten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfin-

dung. Die achte Drehkolben-Maschine umfasst eine große Anzahl von zweiten Rotationselementen **3**, die um das Gehäuse **2** herum verteilt sind. Jedes der zweiten Rotationselemente **3** schließt zwei Keulen mit ungleichförmiger Länge ein. Während sich die zweiten Rotationselemente **3** drehen, springen sie in einem Hohlraum vor, der zwischen den ersten Rotationselementen **1** und dem Gehäuse **2** gebildet ist. Im Gegensatz zu zu den ersten bis siebten Drehkolben-Maschinen ändert sich die Querschnittsfläche des Hohlraumes graduell um die erste Achse **6** herum.

[0103] Die **Fig. 20** bis **Fig. 27** zeigen die achte Drehkolben-Maschine bei verschiedenen Stufen des Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Prozesses. In **Fig. 20** hat sich das zweite Rotationselement **3** auf eine Position gedreht, in der es nicht in das erste Rotationselement **1** vorspringt. In dieser Position wird eine Abdichtung zwischen dem ersten Rotationselement **1** und dem Gehäuse **2** gebildet. Diese Dichtung begrenzt die zwei Enden des Hohlraumes, der sich um die erste Achse **6** herum erstreckt, und stellt sicher, dass sich frische Gase, die in den Hohlraum angesaugt werden, nicht mit Abgasen mischen.

[0104] In **Fig. 21** hat sich das erste Rotationselement **1** in den Hohlraum gedreht, der zwischen dem ersten Rotationselement **1** und dem Gehäuse **2** gebildet ist. Ein Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes ist nunmehr zwischen der Dichtung, die durch das erste Rotationselement **1** und das Gehäuse **2** gebildet ist, und dem zweiten Rotationselement **3** gebildet. Gase werden in den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes bei dessen Expansion über einen Strömungsmedium-Einlasskanal **4** angesaugt, wie dies durch den Pfeil angedeutet ist.

[0105] Die Maschine dreht sich weiter, und Gase werden in den Hohlraum eingesaugt, bis sich das zweite Rotationselement **3** auf die in **Fig. 22** gezeigte Position gedreht hat. In dieser Position ist der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes zwischen benachbarten zweiten Rotationselementen **3** gebildet. Der Strömungsmedium-Einlasskanal **4** hat sich von dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes fortbewegt, der nunmehr vollständig umschlossen ist.

[0106] Eine weitere Drehung der Maschine bewirkt, dass sich das zweite Rotationselement weiter dreht, wie dies in **Fig. 23** gezeigt ist. In dieser Position hat sich der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes verkleinert, wodurch die darin enthaltenen Gase komprimiert werden.

[0107] Der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes verkleinert sich weiter, bis das zweite Rotationselement **3** die in **Fig. 24** gezeigte Position erreicht. In dieser Position ist das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Volumens auf einem Minimum, und die darin enthal-

tenen Gase wurden komprimiert. Die Verbrennung der Gase wird dann eingeleitet, wodurch eine weitere Vergrößerung des Druckes der Gase hervorgerufen wird.

[0108] Eine fortgesetzte Drehung der Maschine bewirkt eine Ausdehnung des Hohlraumes, wie dies in [Fig. 25](#) gezeigt ist. Die Gase leisten bei ihrer Ausdehnung Arbeit, und Leistung wird von dem Motor über eine (nicht gezeigte) Ausgangsleistungswelle abgeleitet, die mit dem ersten Rotationselement gekoppelt ist.

[0109] Die Gase in dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes dehnen sich weiter aus, bis das zweite Rotationselement **3** die in [Fig. 26](#) gezeigte Position erreicht. In dieser Position weist das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes ein Maximum auf. Die Querschnittsfläche des Hohlraumes gemäß [Fig. 26](#) ist größer als die, die in [Fig. 22](#) gezeigt ist. Das Expansionsverhältnis der Maschine ist daher größer als ihr Kompressionsverhältnis. Unterschiedliche Expansions- und Kompressionsverhältnisse sind möglich, weil jedes der zweiten Rotationselemente **3** zwei Keulen mit unterschiedlicher Form einschließt. Eine der Keulen wird während der Kompression verwendet, während die andere während der Expansion verwendet wird.

[0110] Sobald die Gase vollständig expandiert wurden, dreht sich die Maschine weiter, so dass die Abgase ausgestoßen werden, wie dies in [Fig. 27](#) gezeigt ist. In dieser Position hat sich das zweite Rotationselement **3** weiter gedreht, so dass der Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes sein Volumen verringert. Das erste Rotationselement **1** hat sich weiterhin so gedreht, dass der Strömungsmittel-Auslasskanal mit dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes verbunden ist. Während sich das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes verringert, werden die darin enthaltenen Gase aus der Maschine über den Strömungsmittel-Auslasskanal **9** ausgestoßen, wodurch ein Zyklus der Drehkolben-Maschine abgeschlossen wird.

[0111] Die [Fig. 28](#) bis [Fig. 30](#) zeigen eine neunte Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die neunte Drehkolben-Maschine verwendet Schieberventile **10** zur Steuerung ihres Kompressionsverhältnisses. Die Schieberventile **11** befinden sich in einem Bereich der Gehäuse-Oberfläche, der den Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes während der Kompression der Gase bildet, nicht jedoch während der Expansion der Gase. Dies wird dadurch erreicht, dass sichergestellt wird, dass das Segment jedes der zweiten Rotationselemente, das mit dem Kompressions-Segment des ersten Rotationselementes **1** zusammenwirkt, den größten Radius hat.

[0112] Um zu verhindern, dass Abgase durch die

Schieberventile **10** ausströmen, ist der Strömungsmedium-Auslasskanal **9** innerhalb des ersten Rotationselementes **1** angeordnet, wie dies in [Fig. 29](#) gezeigt ist. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die neunte Drehkolben-Maschine von anderen Drehkolben-Maschinen gemäß der Erfindung, beispielsweise der fünften Maschine, die in [Fig. 11](#) gezeigt ist. Die Konstruktion des Rotationselementes **1** gemäß [Fig. 29](#) ermöglicht es, dass Gase zwischen Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes, die auf entgegengesetzten Seiten des zweiten Rotationselementes **3a** gebildet werden, während des Ausstoßens strömen, so dass sich eine Austrittsrouten für die Gase ergibt, während sich das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes verkleinert.

[0113] [Fig. 30](#) zeigt die Oberfläche des ersten Rotationselementes **1** der neunten Drehkolben-Maschine zusammen mit einer Anzeige der relativen Positionen der zweiten Rotationselemente **3a**, **3b**, **3c** und der Schieberventile **10**. Jedes der Ventile **10** weist eine gleitende Abdeckung **11** auf. [Fig. 30](#) zeigt die Position der gleitenden Abdeckungen, wenn die Schieberventile **10** vollständig offen sind.

[0114] Die Schieberventile **10** ermöglichen es, dass der Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus der Maschine modifiziert wird. Insbesondere kann der Zyklus so modifiziert werden, dass einige der komprimierten Gase aus dem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes vor der Verbrennung abgelassen werden, wodurch das Kompressionsverhältnis der Maschine verringert wird. Vorzugsweise werden die abgelassenen Gase recycelt, um die Treibstoff-Ineffizienz zu verringern. Durch Ändern des Ausmaßes, in dem die Schieberventile **10** offen sind, kann der Druck der Gase und damit das Kompressionsverhältnis der Maschine, gesteuert werden. Auf diese Weise können die Schieberventile **10** zur Steuerung der Ausgangsleistung der Maschine verwendet werden.

[0115] Die Schieberventile **10** sind lediglich während der Kompression der Gase in Betrieb. Daher bleiben die Schieberventile **10** über den gesamten Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus in der gleichen Position. Die Positionen der Schieberventile **10** werden lediglich modifiziert, wenn eine Änderung des Kompressionsverhältnisses der Maschine erwünscht ist. Dieses Betriebsprinzip unterscheidet sich von einem konventionellen Verbrennungsmotor, bei dem sich die Ventile bei jedem Kompressions-Verbrennungs-Expansions-Zyklus öffnen und schließen.

[0116] Andere Ventil-Konfigurationen sind möglich, und diese sind dem Fachman bekannt. Beispielsweise können zusätzliche Seitenventile vorgesehen sein, wobei die gleitenden Abdeckungen der Seitenventile in unterschiedlichen Richtungen zu denen in den Figuren gleiten können, und Seitenventile ohne

gleitende Abdeckungen können anstelle der Schieberventile vorgesehen sein. Ventile können den ausschließlichen Strömungsmedium-Einlass für die Drehkolben-Maschine bilden, oder sie können in Kombination mit einem oder mehreren Strömungsmedium-Einlasskanälen in dem ersten Rotationselement **1** vorgesehen sein. Wenn die Ventile einen Strömungsmedium-Einlass an die Drehkolben-Maschine bilden, so können sie zur Einstellung der Zeitlage verwendet werden, zu der Gase nicht mehr länger in die Maschine eingesaugt werden.

[0117] Die **Fig. 31** bis **Fig. 33** zeigen einen ersten Kompressor. Der erste Kompressor arbeitet in einer ähnlichen Weise wie die Drehkolben-Maschinen gemäß der Erfindung, die vorstehend beschrieben wurden. Der Fortfall der Verbrennungs- und Expansionsstufen aus dem Betriebszyklus ermöglicht jedoch eine Vereinfachung. Der Kompressor umfasst ein einziges zweites Rotationselement **3**, das sich mit der halben Winkelgeschwindigkeit des ersten Rotationselementes **1** dreht. Gase werden in den Kompressor angesaugt, komprimiert und dann über ein Schieberventil **10** ausgelassen. Das Schieberventil **10** kann zur Steuerung des Ausmaßes verwendet werden, in dem die Gase durch den Kompressor komprimiert werden. Das erste Rotationselement **1** kann so ausgelegt werden, dass während der Freigabe der komprimierten Gase die Gase zwischen Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes strömen können, die auf entgegengesetzten Seiten des zweiten Rotationselementes **3** gebildet sind. Dies ergibt eine Austrittsroute für die Gase, während sich das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes verringert.

[0118] Der Kompressor kann zwei zweite Rotationselemente zum Ausgleich der Kräfte auf das erste Rotationselement **1** umfassen. Dies kann unter Verwendung der Techniken erreicht werden, die in den **Fig. 17** und **Fig. 18** gezeigt und deren Beschreibung beschrieben wurden.

[0119] **Fig. 34** zeigt einen zweiten Kompressor. Bei diesem Kompressor ist das Volumen des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes größer als bei dem ersten Kompressor.

[0120] Die **Fig. 35** und **Fig. 36** zeigen einen dritten Kompressor. Bei diesem Kompressor werden Schieberventile **10** zur Steuerung des Einlasses von Gasen statt ihres Ausstoßens verwendet.

[0121] Die ersten, zweiten und dritten Kompressoren können als Expansions-Maschinen arbeiten. In diesem Fall werden komprimierte Gase in den Strömungsmedium-Auslass eingespeist, und die ersten und zweiten Rotationselemente werden in entgegengesetzten Richtungen zu den in den Figuren gezeigten angetrieben.

[0122] **Fig. 37** zeigt einen Querschnitt einer zehnten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Bei der zehnten Drehkolben-Maschine wurde eine Anzahl von kleinen Zähnen **12** zu den zweiten Rotationselementen **3** hinzugefügt. Auf diese Weise kann das erste Rotationselement direkt die zweiten Rotationselemente **3** mit der korrekten Winkelgeschwindigkeit antreiben. Vorzugsweise sollen die kleinen Zähne **12** und die Teile des ersten Rotationselementes **1**, mit dem sie kämmen, abgerundete Ecken haben.

[0123] Die **Fig. 38** und **Fig. 39** zeigen Querschnitte von elften bzw. zwölften Drehkolben-Maschinen gemäß der Erfindung. Die elfte Drehkolben-Maschine umfasst zweite Rotationselemente **3**, deren Schwerpunkt auf deren Drehachse liegt. Dies ergibt eine einfache Herstellung und wird dadurch erzielt, dass doppelt so viele Segmente vorgesehen werden, wie sie bei den zweiten Rotationselementen der anderen beschriebenen Drehkolben-Maschinen verwendet werden. Die Segmente der zweiten Rotationselemente **3** überspannen kleinere Winkel als bei den anderen beschriebenen Drehkolben-Maschinen, so dass die Hohlraum-Volumina der Arbeits-Abschnitte des Hohlraumes, die hierdurch gebildet werden, kleiner sind. Dies wird jedoch in einem gewissen Ausmaß bei der elften Drehkolben-Maschine dadurch kompensiert, dass Hohlräume auf jeder Seite des zweiten Rotationselementes **3** vorgesehen sind. Auf diese Weise kann die elfte Drehkolben-Maschine als eine Verbund-Maschine arbeiten.

[0124] Bei der zwölften Drehkolben-Maschine gemäß **Fig. 39** sind die zwei Hohlräume phasenverschoben angeordnet, so dass eine gleichförmigere Ausgangsleistung erzeugt wird. Überschüssiges Material wurde außerdem von dem ersten Rotationselement **1** der zwölften Drehkolben-Maschine entfernt. Dies macht das Gewicht der Maschine zu einem Minimum, macht die Kontaktfläche zwischen dem ersten Rotationselement **1** und dem Gehäuse **2** zu einem Minimum und ergibt eine verbesserte Belüftung für die Maschine.

[0125] Die Form der zweiten Rotationselemente entspricht der Querschnittsform des Hohlraumes. Weil die Kraft proportional zu einer Druckdifferenz multipliziert mit einer Fläche ist, kann eine sorgfältige Konstruktion der Form der zweiten Rotationselemente eine Maschine mit einer Ausgangsleistung ergeben, die über eine vollständige Umdrehung konstant ist. Für eine Maschine mit einem einzigen Hohlraum ist die Fläche des ersten Rotationselementes, auf der Arbeit ausgeführt wird, die Differenz zwischen der Fläche der zweiten Rotationselemente, die jedes Ende des Hohlraumes begrenzen. Das Volumen und somit der Druck von Gasen innerhalb eines Hohlraumes kann berechnet werden. Dieser Druck und das Volumen ermöglichen eine Berechnung der verfügbaren Energie als eine Funktion der Drehung des

ersten Rotationselementes, so dass eine Berechnung des Drehmomentes der Maschine ermöglicht wird. Das Drehmoment von jedem Hohlraum kann ermittelt werden. Es kann dann eine Form für die zweiten Rotationselemente gefunden werden, die eine Maschine ergibt, die einen gleichförmigen Drehmoment-Ausgang hat.

[0126] Die Form der zweiten Rotationselemente kann durch einen Radius als eine Funktion des Winkels spezifiziert werden. Die Spezifizierung eines Ziels, wie z.B. die „Maximierung des minimalen Drehmomentes“ ermöglicht die Verwendung von Rechenverfahren, die dem Fachmann bekannt sind, um eine Form eines zweiten Rotationselementes zu finden, das eine Maschine mit einem gleichförmigen Leistungsausgang ergibt.

[0127] Fig. 40 zeigt ein Beispiel einer Form eines zweiten Rotationselementes 3, die zur Schaffung einer Maschine mit einem gleichförmigeren Leistungsausgang verwendet werden kann. Die Spitze an der oberen linken Seite des zweiten Rotationselementes 3a verringert die Fläche, die eine Kompression der Gase ausführt, wenn der Druck hoch ist. In ähnlicher Weise ermöglicht die Spitze an der unteren rechten Seite des zweiten Rotationselementes 3a eine graduelle Expansion von Gasen, wenn der Druck hoch ist, und eine schnelle Expansion von Gasen, wenn der Druck niedriger ist, wodurch sich eine Maschine mit einem stetigen Leistungsausgang ergibt.

[0128] Fig. 41 zeigt einen Querschnitt einer vierzehnten Drehkolben-Maschine gemäß der Erfindung. Die vierzehnte Drehkolben-Maschine weist ein ringförmiges erstes Rotationselement 1 auf, das außerhalb des Gehäuses 2 befestigt ist. Zwei zweite Rotationselemente 3a, 3b sind innerhalb des Gehäuses 2 befestigt. Bei der vierzehnten Drehkolben-Maschine sind diese Elemente so befestigt, dass die Ebene der zweiten Rotationselemente die Achse des ersten Rotationselementes nicht schneidet. Dies ermöglicht es, dass die zweiten Rotationselemente einen maximalen Radius haben, der größer als der Innenradius des Gehäuses ist, was ein größeres Arbeitsvolumen für einen vorgegebenen Maschinenradius ermöglicht. Weiterhin hat die Maschine einen relativ kleinen Gehäuseradius, verglichen mit dem Außenradius des ersten Rotationselementes. Dies ergibt eine relativ kleine Reibungsfläche zwischen dem ersten Rotationselement und dem Gehäuse und eine relativ kleine Länge für das Auslecken zwischen dem Gehäuse und dem ersten Rotationselement. Diese Konfiguration ergibt außerdem die Vorteile sowohl für Kompressoren als auch Expansions-Maschinen.

[0129] Die Fig. 42 bis Fig. 46 zeigen einige der Charakteristiken der Vorrichtung gemäß der Erfindung, die sie von anderen Drehkolben-Vorrichtungen unterscheiden. Es sei bemerkt, dass die in diesen Fi-

guren gezeigten Teile bereits unter Bezugnahme auf vorhergehende Figuren beschrieben wurden, und dass die Fig. 42 bis Fig. 46 keine zusätzlichen Kenntnisse hinzufügen, die zum Bau der Maschine oder zum Verständnis ihrer Betriebsweise erforderlich sind.

[0130] Die Fig. 42 bis Fig. 44 zeigen zweite Rotationselemente 3, die so betrachtet werden können, als ob sie einen großen Zahn haben. Fig. 45 zeigt ein zweites Rotationselement, das so betrachtet werden kann, als ob es zwei große Zähne hat. Die Zähne sind die Teile des zweiten Rotationselementes, die in den Hohlraum vorspringen, der durch das Gehäuse und das erste Rotationselement an einen bestimmten Teil des Zyklus vorspringt. Die Zähne definieren einen „Zahnwinkel“ ϕ , gemessen um die Achse des Rotationselementes 3 herum. Typischerweise ist das zweite Rotationselement so ausgelegt, dass der Zahnwinkel gerade kleiner als $360^\circ/t$ ist, worin t die Anzahl der Zähne ist. In den Fig. 42 und Fig. 43 liegt der Zahnwinkel ϕ gerade unter 360° , und der einzelne Zahn umfasst drei einstückige Segmente oder vorspringende Teile. In Fig. 45 liegt der Zahnwinkel gerade unterhalb von 180° , und jeder Zahn umfasst drei einstückige Segmente oder vorspringende Abschnitte. Fig. 46 zeigt, dass das Gehäuse 2 so betrachtet werden kann, als ob es einen Schlitzwinkel ψ hat, der um die Achse des ersten Rotationselementes 3 gemessen wird und durch den Bereich definiert ist, an dem das zweite Rotationselement in den Hohlraum vorspringen kann. In den naheliegendsten Ausführungsformen der Vorrichtung ist der Zahnwinkel ϕ größer als der Schlitzwinkel ψ .

[0131] Die vorstehenden Ausführungsformen der Erfindung, die unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben wurden, sind lediglich bevorzugte Ausführungsbeispiele, und sie werden lediglich als Beispiel beschrieben. Es ist für den Fachmann zu erkennen, dass es viele andere Ausführungsformen der Erfindung gibt, die nicht beschrieben wurden, und dass der Schutzzumfang der Erfindung durch die Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Drehkolben-Maschine zur Verwendung mit kompressiblen Strömungsmedien, wobei die Maschine folgendes umfasst:
ein erstes Rotationselement (1), das für eine Drehung um eine erste Achse befestigt ist;
ein Gehäuse (2) mit einer Oberfläche, die zumindest einen Teil des ersten Rotationselementes umschließt, wobei ein langgestreckter Hohlraum mit sich ändernder Querschnittsfläche zwischen einer Oberfläche des ersten Rotationselementes und der Gehäuse-Oberfläche 2 gebildet wird und sich um die erste Achse in Abhängigkeit von dem Radius des ersten Rotationselementes ändert; und

eine Vielzahl von zweiten Rotationselementen (2), die für eine Drehung um jeweilige unterschiedliche zweite Achsen befestigt sind, wobei jedes zweite Rotationselement so befestigt ist, dass es durch einen Schlitz in der Gehäuse-Oberfläche vorspringt und mit der Oberfläche des ersten Rotationselementes zusammenwirkt, um den Hohlraum in benachbarte Arbeits-Abschnitte zu unterteilen, wobei jedes zweite Rotationselement eine Anzahl von vorspringenden Teilen aufweist, die jeweilige unterschiedliche Radien um die zweite Achse herum aufweisen, wobei die unterschiedlichen Radien bewirken, dass die vorspringenden Teile in den Hohlraum über jeweilige unterschiedliche Beträge vorspringen, sodass sich die Volumina der Arbeits-Abschnitte ändern, während sich die ersten und zweiten Rotationselemente drehen, wobei in Betrieb Strömungsmedien in einem Arbeits-Abschnitt eine Kompression, Verbrennung und Expansion als ein geschlossenes Volumen durchlaufen, wobei das geschlossene Volumen während der Kompression, Verbrennung und Expansion durch die gleichen zwei benachbarten zweiten Rotationselemente begrenzt ist.

2. Maschine nach Anspruch 1, bei der jeder vorspringende Abschnitt eines zweiten Rotationselementes einen Winkel um die jeweilige zweite Achse überspannt, wobei der Radius jedes vorspringenden Abschnittes konstant um die Achse herum ändert.

3. Maschine nach Anspruch 1, bei der jeder vorspringende Teil eines zweiten Rotationselementes einen Winkel um die jeweilige zweite Achse überspannt, wobei die Radien der vorspringenden Teile um die Achse herum abgestuft sind.

4. Maschine nach Anspruch 3, bei einer Anzahl der vorspringenden Teile jedes zweiten Rotationselementes lediglich teilweise durch einen jeweiligen Schlitz zu irgendeiner Zeit während der Drehung der ersten und zweiten Rotationselemente vorspringt.

5. Maschine nach Anspruch 4, bei der ein maximaler Winkel, der von einem Schlitz um eine jeweilige zweite Achse überspannt wird, kleiner als der Winkel ist, der von einer Anzahl der vorspringenden Teile jedes zweiten Rotationselementes überspannt wird.

6. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Oberfläche des ersten Rotationselementes eine zylindrische Oberfläche ist.

7. Maschine nach Anspruch 6, bei der sich das erste Rotationselement innerhalb der Gehäuse-Oberfläche befindet und die zweiten Rotationselemente außerhalb der Gehäuse-Oberfläche angeordnet sind.

8. Maschine nach Anspruch 6, bei der das erste

Rotationselement außerhalb der Gehäuse-Oberfläche angeordnet ist und die Anzahl der zweiten Rotationselemente innerhalb der Gehäuse-Oberfläche angeordnet ist.

9. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die erste Rotations-Oberfläche eine Endoberfläche ist.

10. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die weiterhin Zündeinrichtungen zum Zünden eines komprimierten Strömungsmediums vor der Expansion umfasst.

11. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das erste Rotationselement weiterhin zumindest einen Kanal für einen Strömungsmedium-Einlass und/oder Strömungsmedium-Auslass umfasst.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Gehäuse weiterhin eine Anzahl von Ventilen umfasst, wobei jedes Ventil als ein Strömungsmedium-Einlass oder ein Strömungsmedium-Auslass nur dann betreibbar ist, wenn es sich benachbart zu einem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes befindet; und wobei jedes Ventil nur während eines Bruchteils eines Zyklus der Maschine benachbart zu einem Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der im Betrieb jedes Ventil niemals benachbart zu einem ein geringstes Volumen aufweisenden Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes während eines Zyklus der Maschine angeordnet ist, wodurch ein Kontakt zwischen den Ventilen und den höchsten Druck aufweisenden Strömungsmedien vermieden wird.

14. Maschine nach Anspruch 12 oder 13, bei dem jedes der zumindest einen Ventile betreibbar ist, um die Strömungsrate eines Strömungsmediums in einen Arbeits-Abschnitt des Hohlraumes hinein zu ändern, um den Druck des Strömungsmediums innerhalb des Arbeits-Abschnittes des Hohlraumes zu ändern, oder um ein Kompressions- und/oder Expansions-Verhältnis der Maschine zu ändern.

15. Maschine nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei der eine in geschlossener Schleife betriebene Rückführungs-Regelung zur Steuerung der Betriebsweise jedes der zumindest einen Ventile verwendet wird, wobei die in geschlossener Schleife betriebene Rückführungs-Regelung auf zumindest einem Maschinen-Betriebsparameter beruht.

16. Maschine nach Anspruch 17, bei der der zumindest eine Maschinen-Betriebsparameter zumindest eines von Strömungsmedium-Einlassdruck, Strömungsmedium-Auslassdruck und Drehgeschwindigkeit umfasst.

17. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die zweiten Rotationselemente um das erste Rotationselement herum verteilt sind, wobei jedes zweite Rotationselement so befestigt ist, dass es sich um eine jeweilige zweite Achse herum dreht, die senkrecht zu der ersten Achse steht.

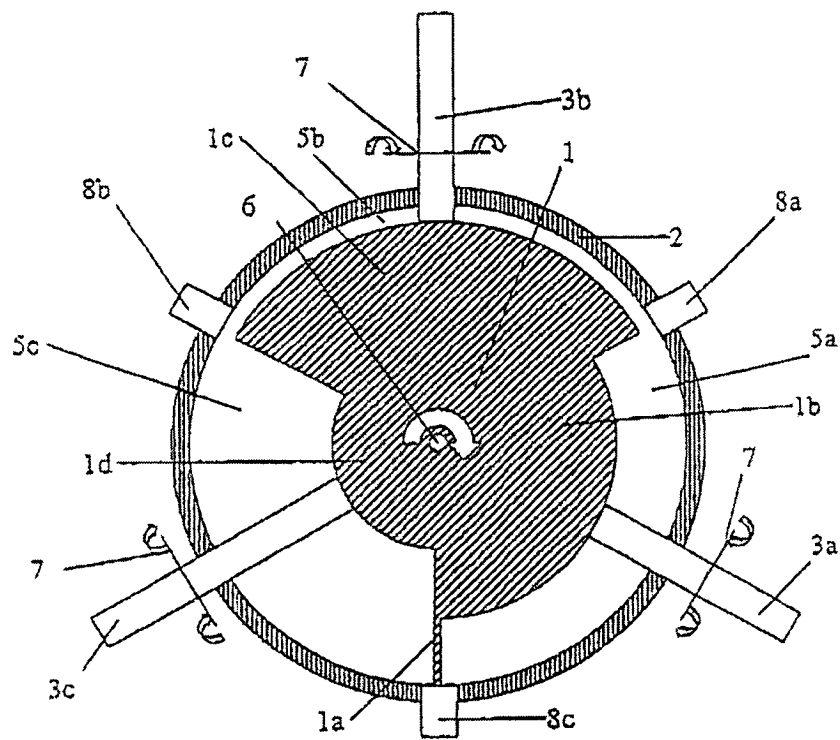
18. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Oberfläche des ersten Rotationselementes und die Gehäuse-Oberfläche weiterhin eine Dichtung zwischen den Arbeits-Abschnitten des Hohlraumes bilden.

19. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der im Betrieb ein Ausmaß des Vorspringens jedes der zweiten Rotationselemente in den Hohlraum auf ein erstes örtliches Maximum ansteigt, dann auf ein örtliches Minimum absinkt, das größer als Null ist, dann auf ein zweites örtliches Maximum ansteigt und dann auf Null absinkt.

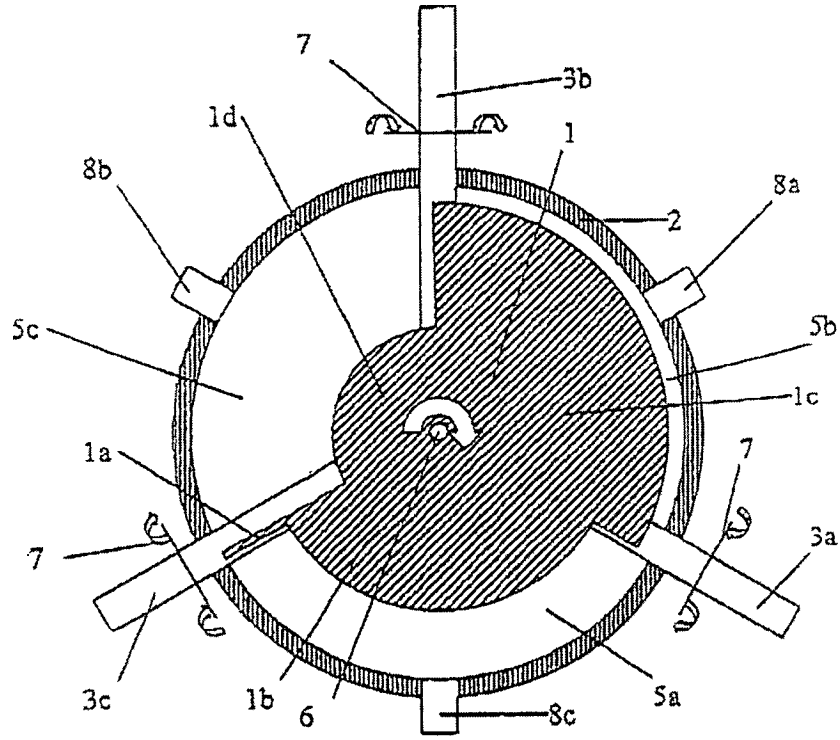
20. Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der im Betrieb Strömungsmedien in einem Arbeits-Abschnitte die Kompression, Verbrennung und Expansion innerhalb einer Umdrehung des ersten Rotationselementes durchlaufen.

Es folgen 24 Blatt Zeichnungen

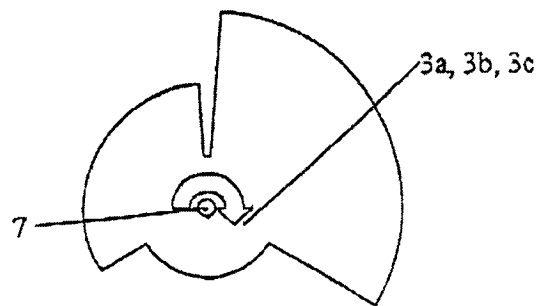
Anhängende Zeichnungen



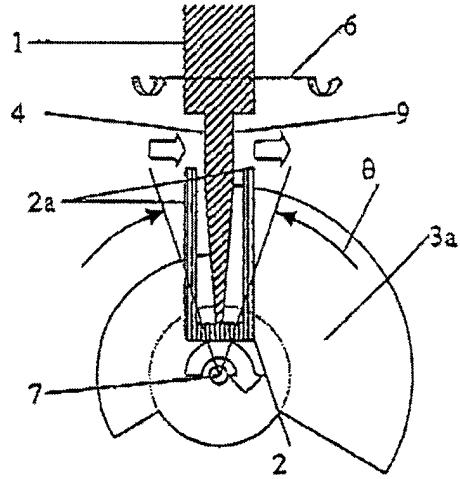
Figur 1



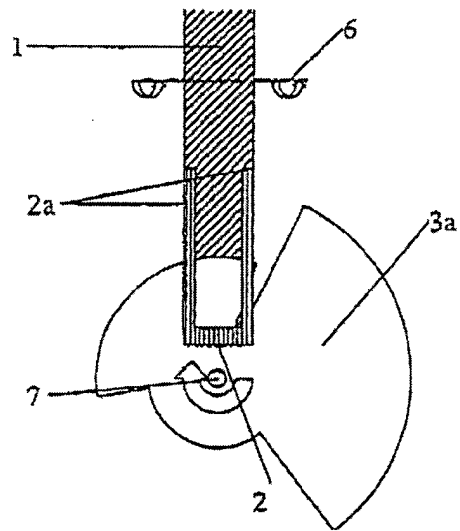
Figur 2



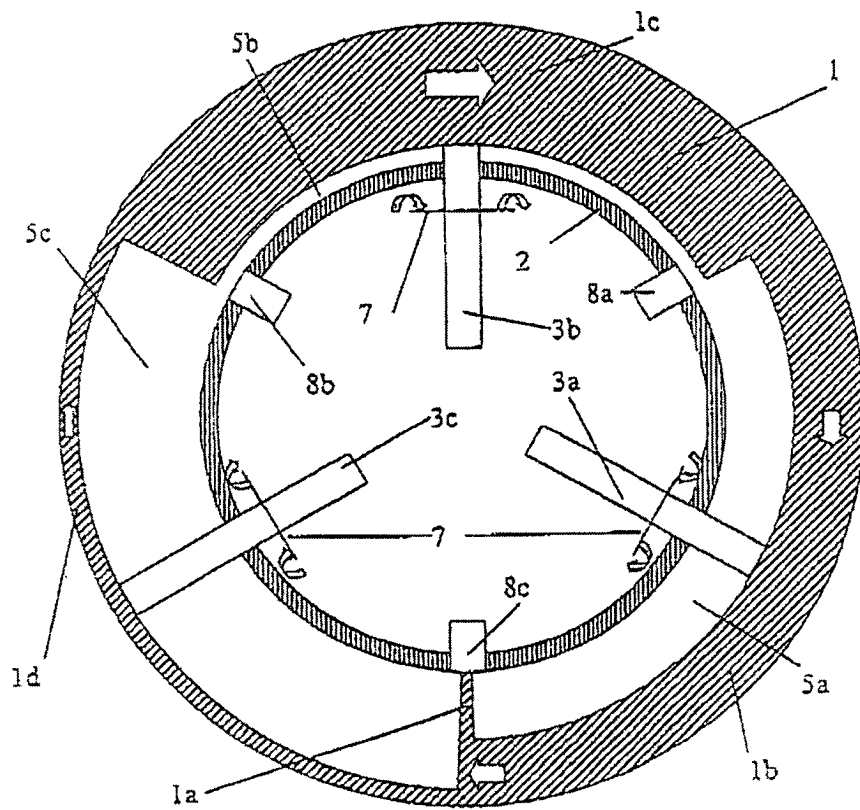
Figur 3



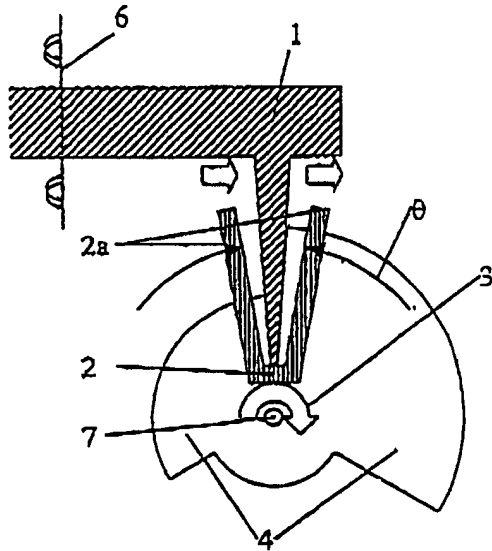
Figur 4



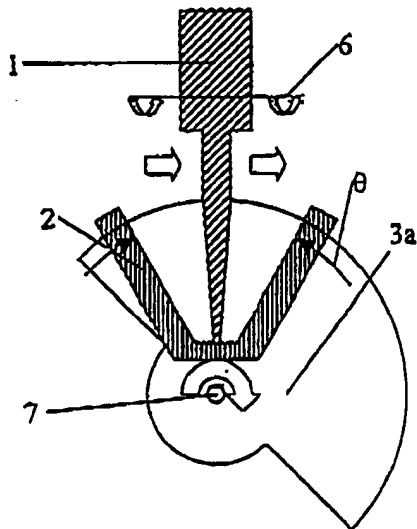
Figur 5



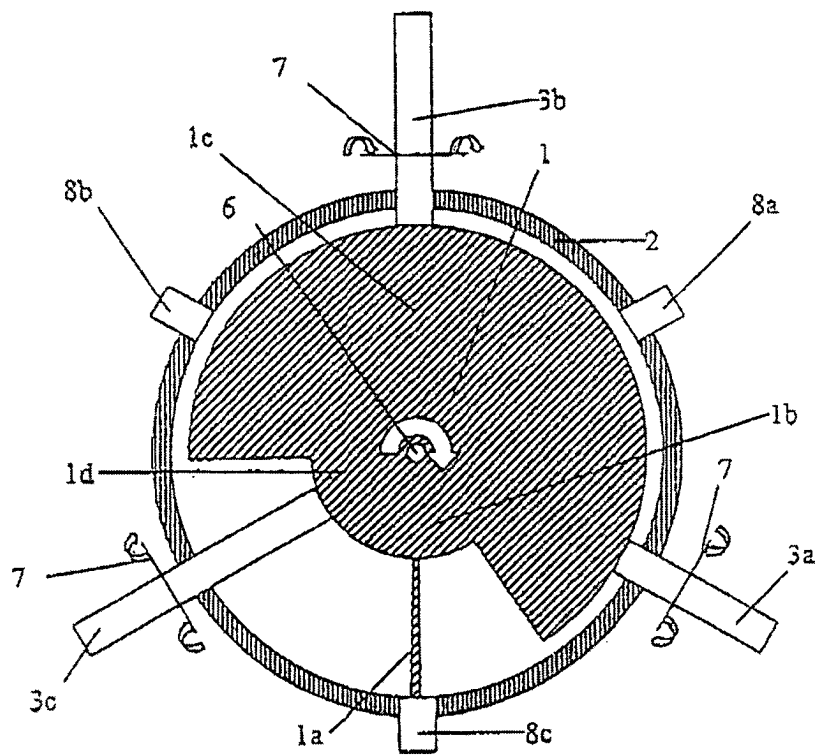
Figur 6



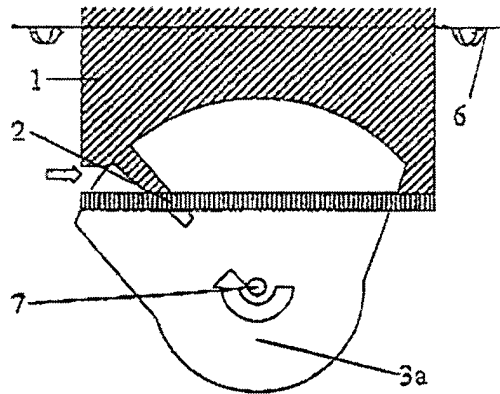
Figur 7



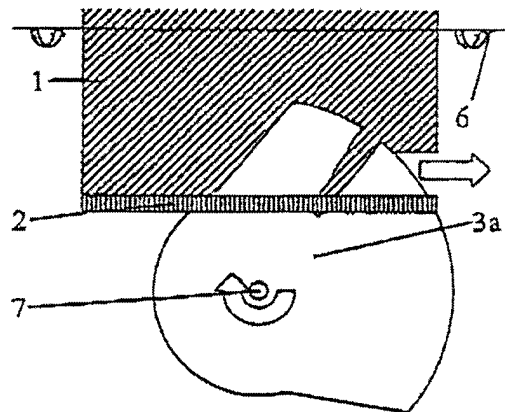
Figur 8



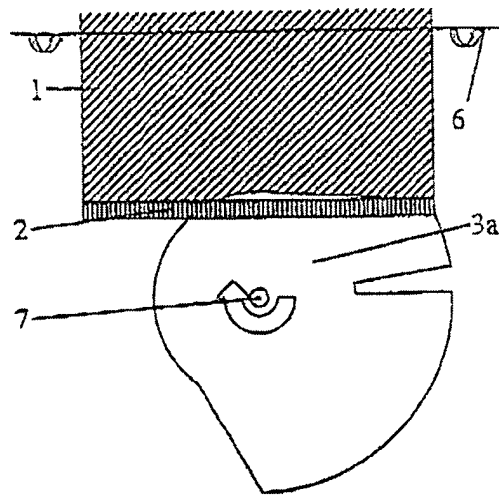
Figur 9



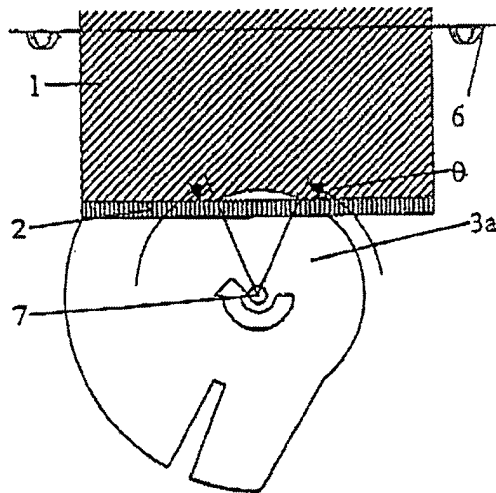
Figur 10



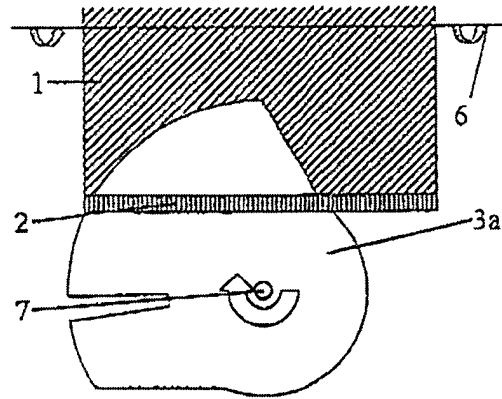
Figur 11



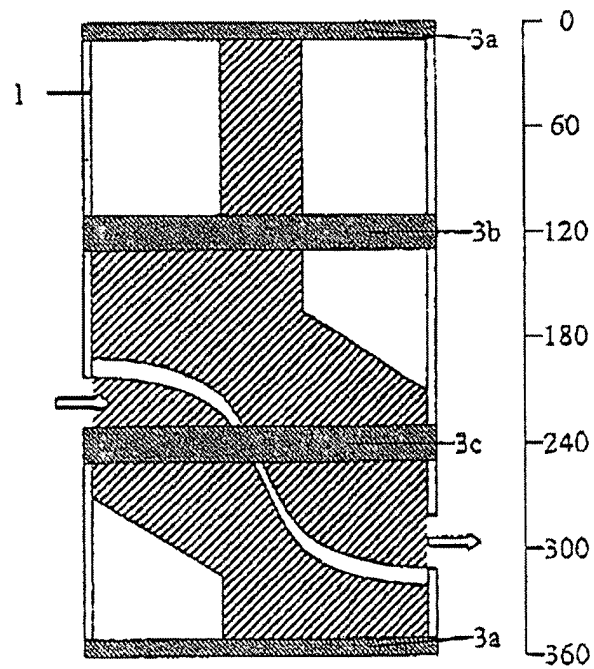
Figur 12



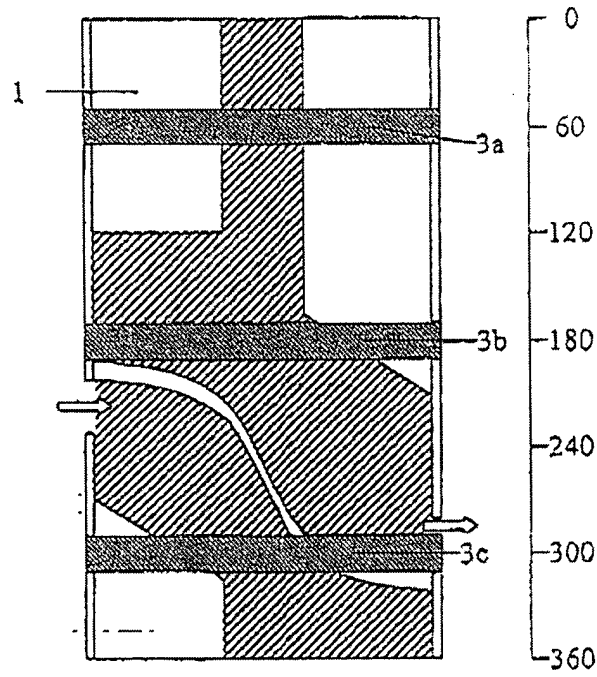
Figur 13



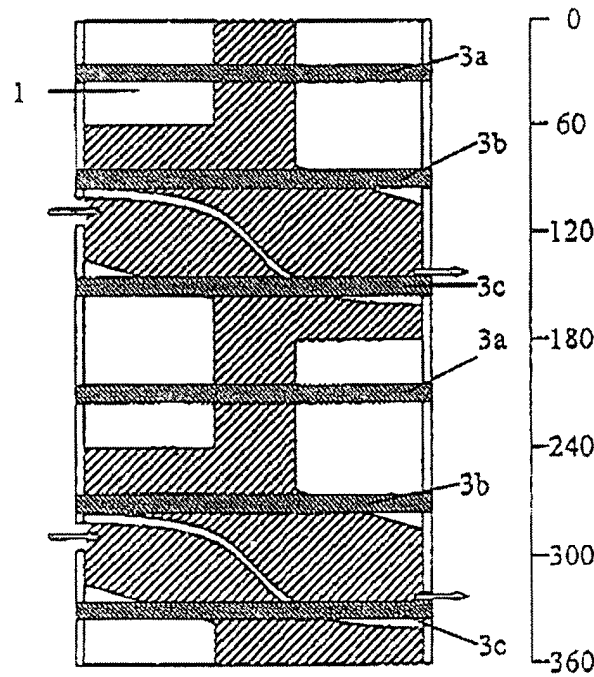
Figur 14



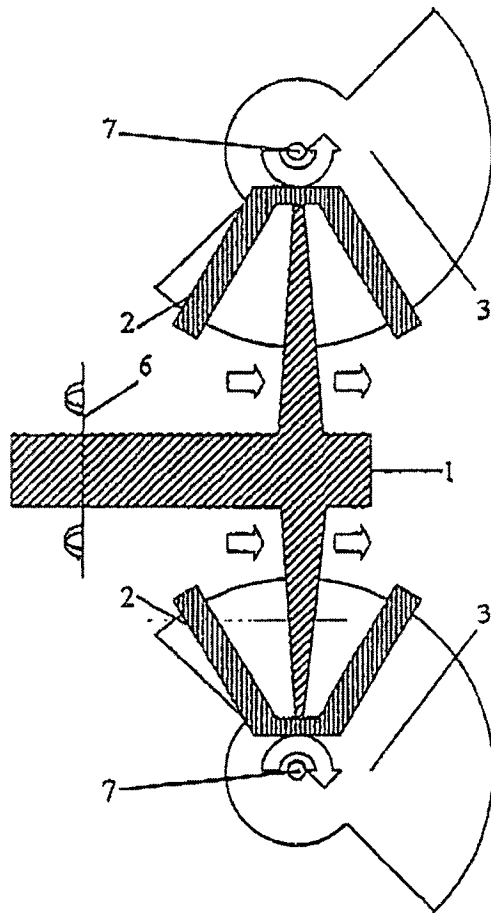
Figur 15



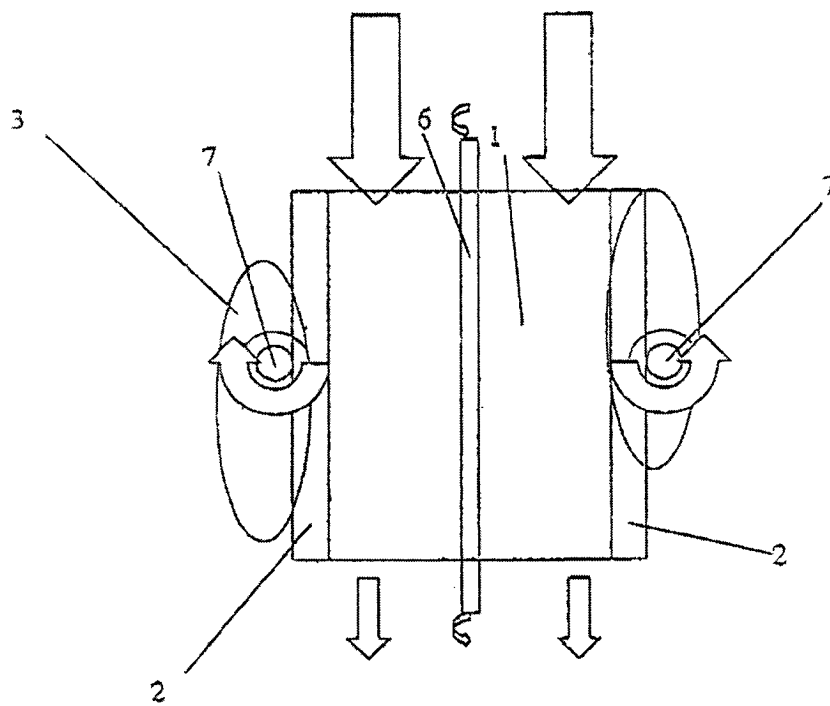
Figur 16



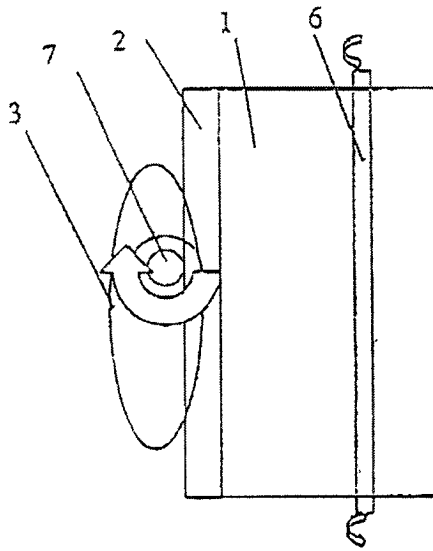
Figur 17



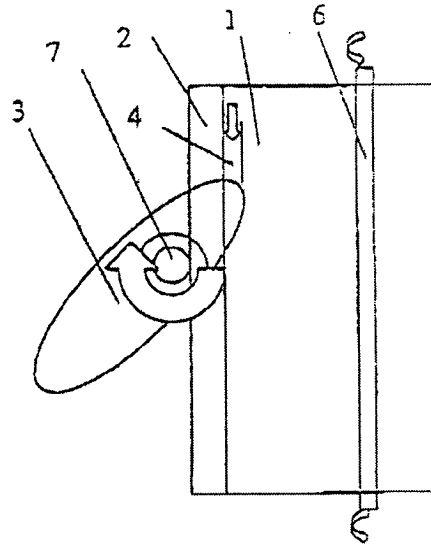
Figur 18



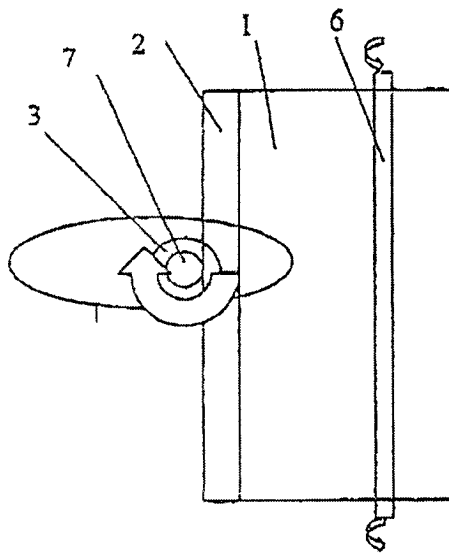
Figur 19



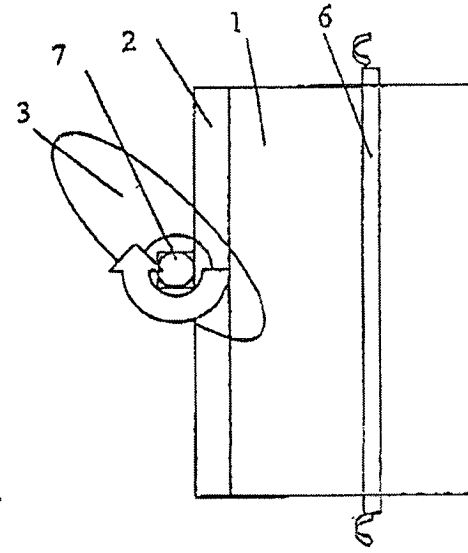
Figur 20



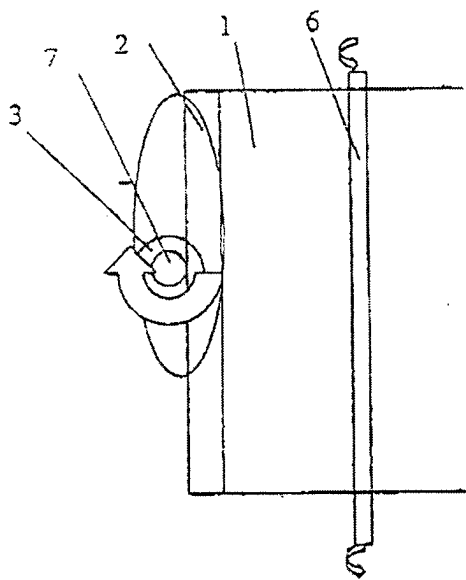
Figur 21



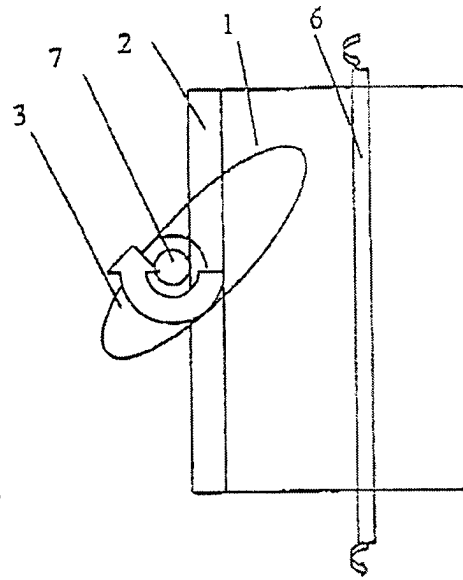
Figur 22



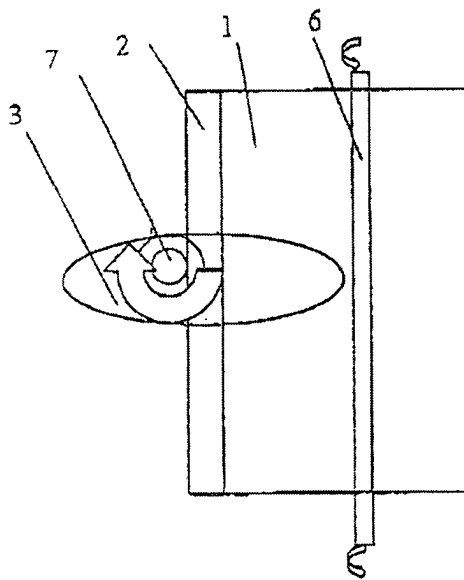
Figur 23



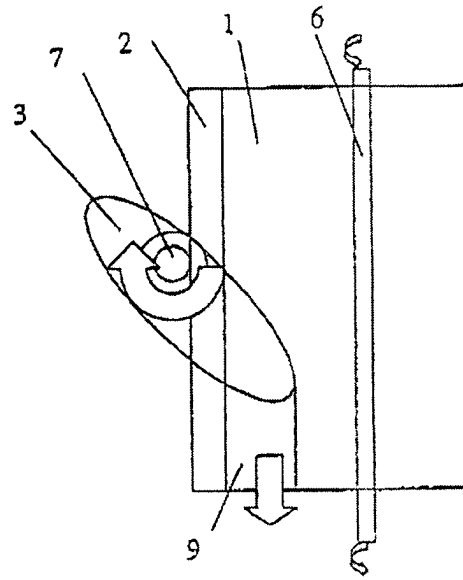
Figur 24



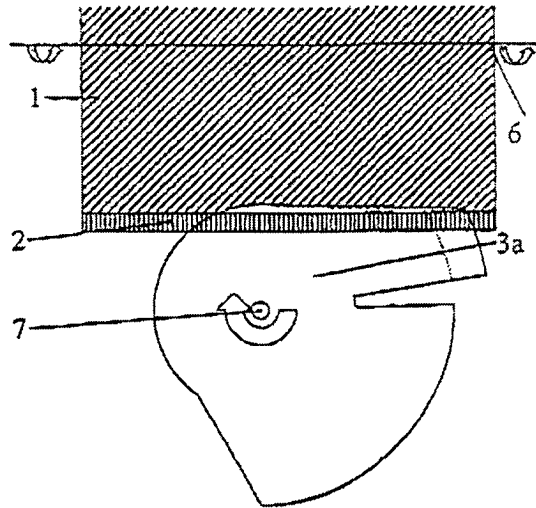
Figur 25



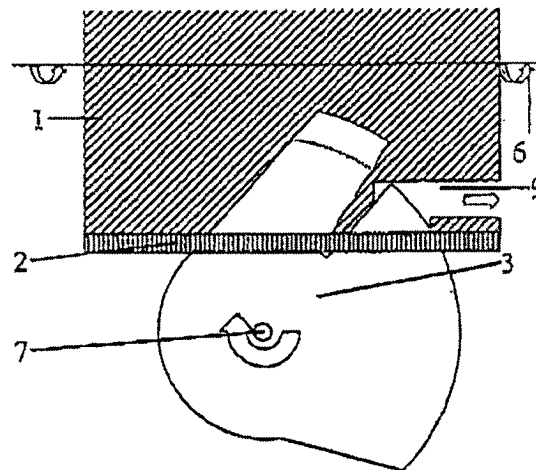
Figur 26



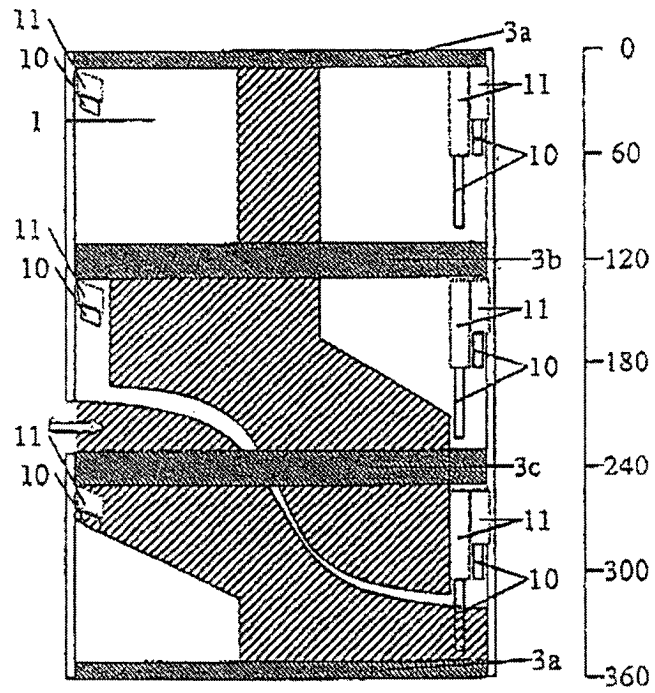
Figur 27



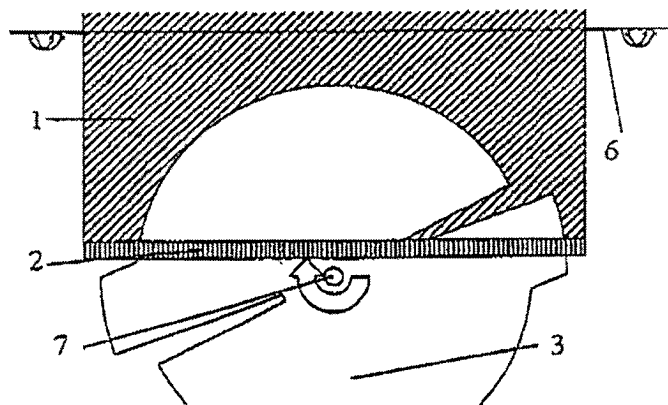
Figur 28

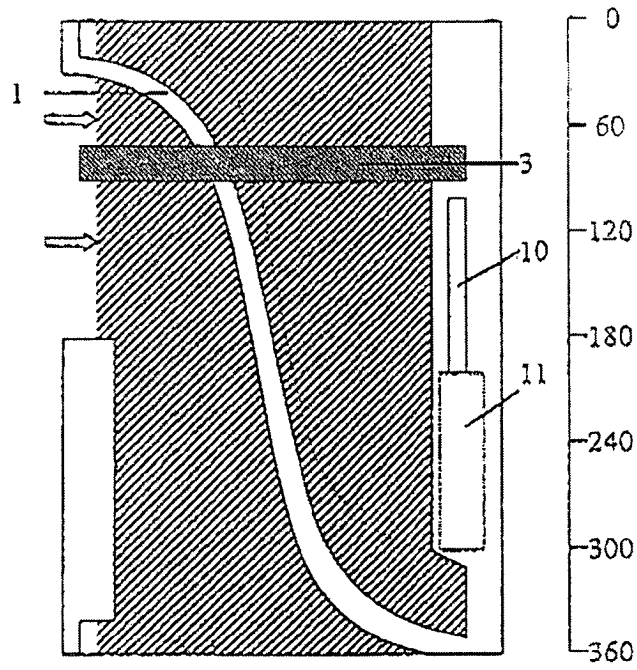


Figur 29

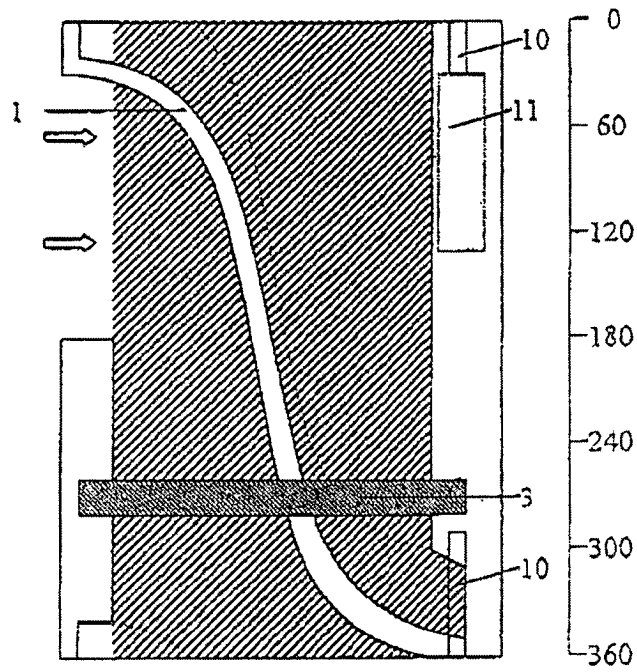


Figur 30.

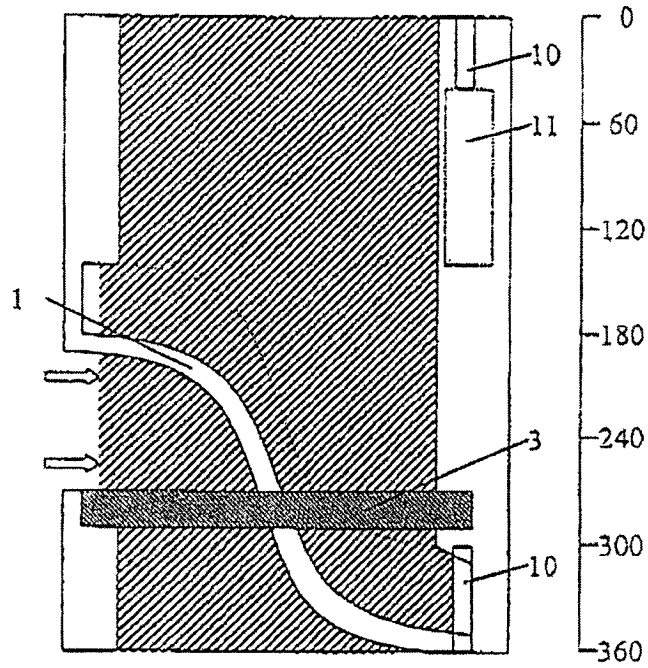




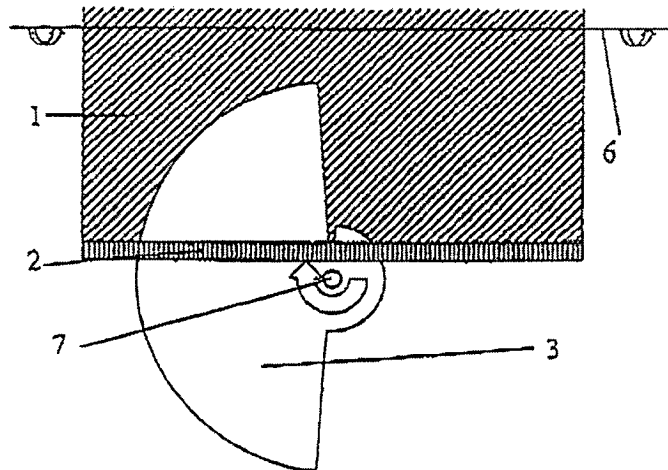
Figur 32



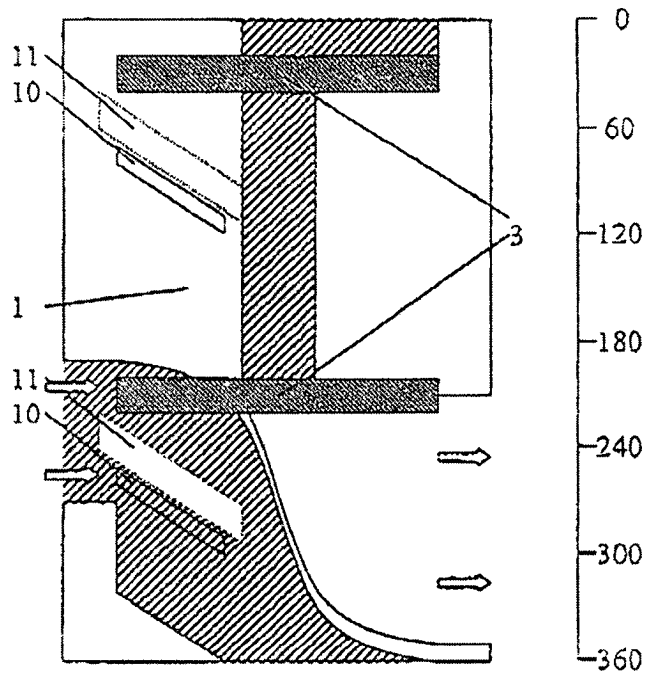
Figur 33



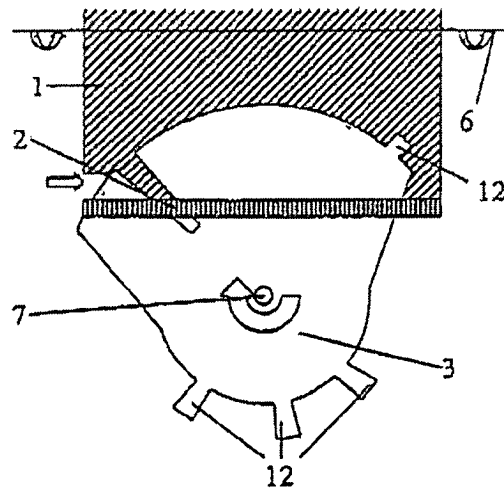
Figur 34



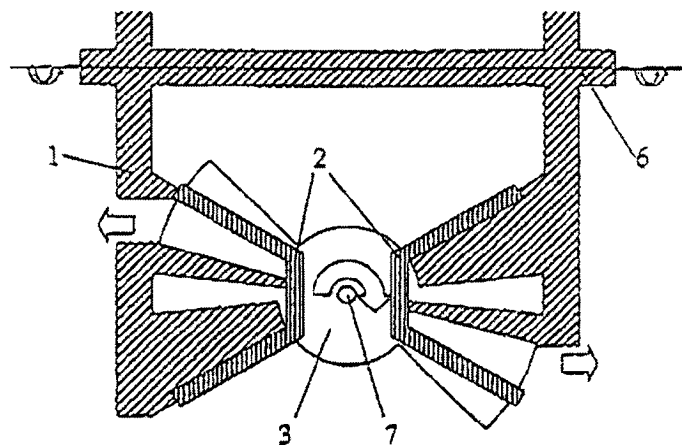
Figur 35



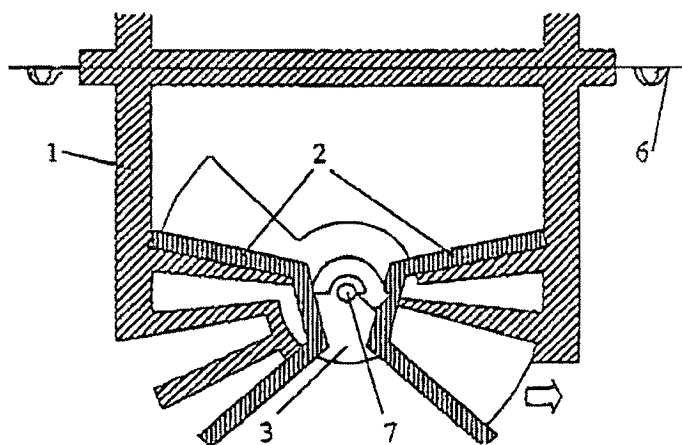
Figur 36



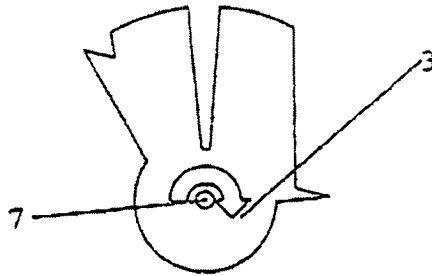
Figur 37



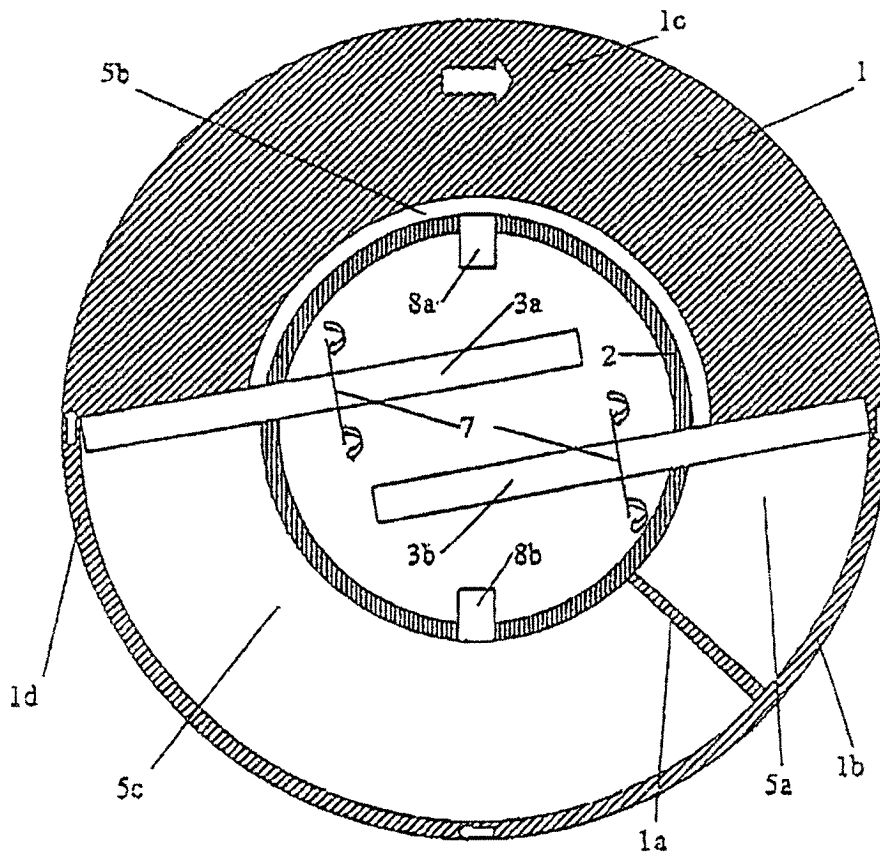
Figur 38



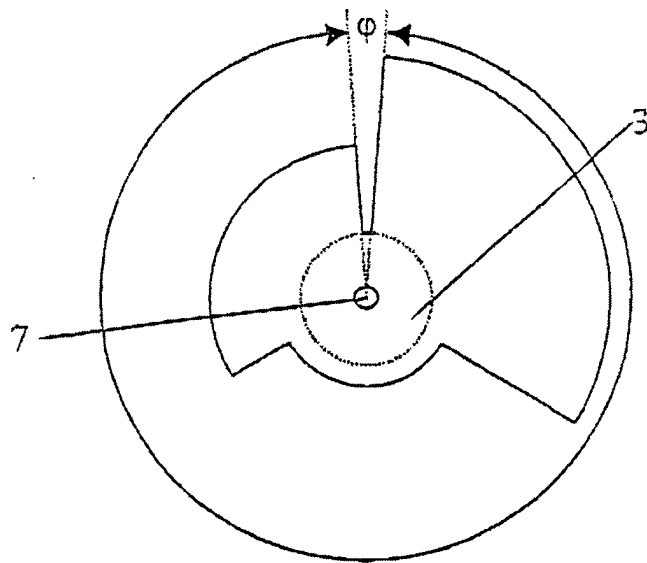
Figur 39



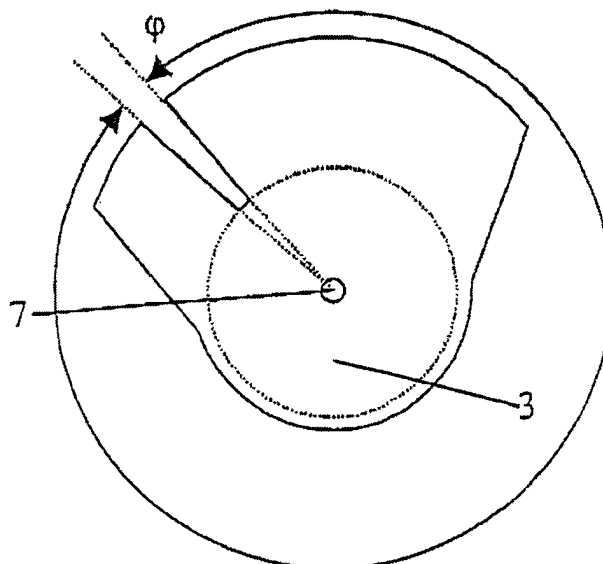
Figur 40



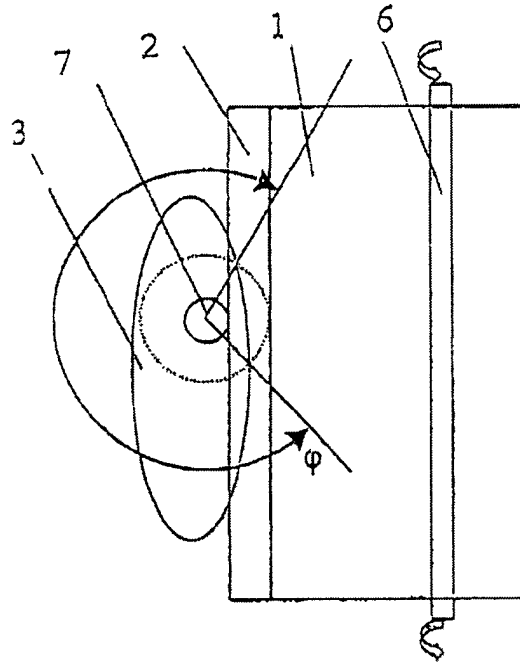
Figur 41



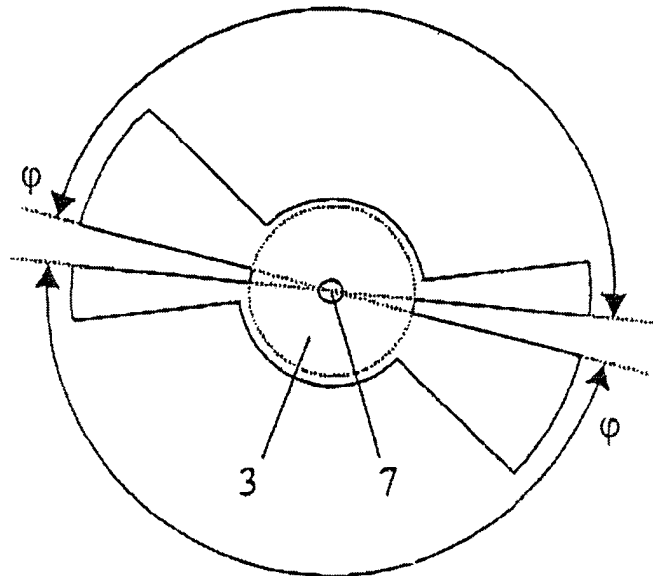
Figur 42



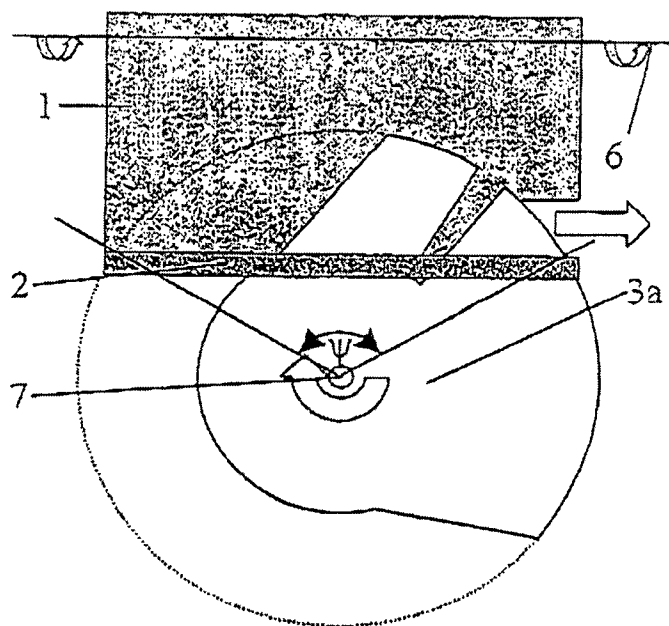
Figur 43



Figur 44



Figur 45



Figur 46