19.04.2006
00615-06 T/sh/bu

Jobb, Gangolf
D-81739 München

Drehkolbenmaschine

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der Umsetzung einer Volumenänderung eines kompressiblen Arbeitsfluides in eine Drehbewegung und umgekehrt, sowie auf das Gebiet des Wärmeaustauschs zwischen getrennten Arbeitsfluidvolumina. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Drehkolbenmaschine mit einer Mehrzahl von Drehkolben, die zwischen sich zumindest eine Arbeitskammer einschließen, die bei Drehung der Drehkolben ihr Volumen und/oder ihre Lage ändert, wobei die Arbeitskammer über zumindest einen Einlass mit einem vorzugsweise kompressiblen Arbeitsfluid befüllbar und zumindest einen Auslass entleerbar ist.

Es wurden bereits eine Vielzahl von Kraftmaschinen und Kompressoren entwickelt, welche die Druckenergie eines kompressiblen Arbeitsfluides in mechanische Wellenarbeit umwandeln und umgekehrt.

Am weitesten verbreitet ist die Hubkolbenmaschine. Hier verrichtet die Ausdehnung des Arbeitsfluides in einem Zylinder Arbeit an einem Kolben, die durch eine Pleuelstange auf eine Kurbelwelle übertragen wird. Die oszillierende Bewegung des Kol-

bens wird so in eine Drehbewegung umgesetzt. Wegen der ungleichförmigen Kraftübertragung des Kurbeltriebs treten pulsierende Kräfte auf, die benachbarte Strukturen zu starken Schwingungen anregen. Die Kurbelmechanik benötigt vergleichsweise viel Platz.

Allgemein bekannt ist der Wankelmotor. Er beruht auf der umkehrfreien Bewegung eines so genannten Kreiskolbens in einem Trochoidgehäuse. Die Kontur des Kreiskolbens besteht aus drei abgeflachten Kreisbögen, einem sog. Reuleaux-Dreieck. Sie teilt das Trochoidgehäuse in drei unabhängige Arbeitsräume auf, deren Volumen sich mit der Kolbenbewegung periodisch ändert. Vorteile des Wankelmotors sind vor allem sein relativ einfacher und kompakter Aufbau, sein geringes Gewicht, sein gleichförmiger Lauf. Schwierig ist die Abdichtung der Arbeitsräume.

Es gibt eine große Vielfalt so genannter Druckluft-Lamellenmotoren, die sich teils von der bekannten Kreiselpumpe, teils von der Zahnradpumpe ableiten. Einer oder mehrere Drehkolben unterschiedlichster Formen bilden zusammen mit einer Gehäusewand bewegliche Arbeitskammern, in denen Gas mitgenommen wird. Häufig erfolgt hier der Gastransport bei mehr oder weniger konstantem Volumen wie z.B. bei einem Roots-Gebläse, so dass das Gas erst nach dem Ausstoß expandiert und die darin enthaltene Druckenergie ungenutzt verpufft. Der Wirkungsgrad ist dann gering, vor allem bei hohem Druckgefälle. Es gibt auch Lamellenmotoren, die mit beweglichen Schiebern veränderliche Volumina realisieren, wobei das sich ausdehnende Gas seine Energie an die Maschine abgeben kann. Die Schieber entwickeln meist sehr viel Reibung.

Zum Erzeugen hoher Gasdrücke wird häufig der Schraubenkompressor verwendet. Zwei miteinander verzahnte Schrauben verschiedenen Durchmessers drehen sich gegeneinander in einem gasdicht anliegenden Gehäuse, wobei das zwischen den Gewinden und der Gehäusewand eingeschlossene Gas zusammengedrückt wird. Die Leistungsdichte des Schraubenkompressors ist vergleichsweise gering.

Weit verbreitet ist die Umsetzung von Druckenergie durch Turbinen unterschiedlichster Bauart. Hier wird das Gas bei seiner Entspannung beschleunigt und auf Turbinenschaufeln geleitet, wo es seinen Impuls auf ein Turbinenrad überträgt. Dies geschieht teils durch Umlenkung des Gasstrahls, teils durch aerodynamischen Auftrieb. Turbinen sind vergleichsweise teuer herzustellen, ihre Drehzahlen sind für viele Anwendungen zu hoch.

Eine Rotationskolbenmaschine mit drei Drehkolben ist beschrieben in der DE 202 16 762 U1, oder auch bereits in der US 1,003,263.

Eine Drehkolbenmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 beschreibt die US 3,799,126, die eine Ausführung mit vier aufeinander abgleitenden Drehkolben vorschlägt, deren Außenkontur sich aus zwei gekrümmten Halbschalen zusammensetzt, so dass die Kolben bei synchroner Drehung aufeinander abgleiten können. Die zwischen den vier Kolben eingeschlossene Arbeitskammer vergrößert und verkleinert dabei zyklisch ihr Volumen. Die Befüllung der zentralen, zwischen den Drehkolben eingeschlossenen Arbeitskammer erfolgt über stirnseitige Einlass- und Auslassöffnungen, denen ein Schaltventil zugeordnet ist. Das Volumen der genannten Arbeitskammer verringert sich dabei zyklisch gegen Null, wodurch beträchtliche Druckspitzen auftreten können. Die endliche Ausdehnung der Versorgungsöffnungen führt, ohne besondere Vorkehrungen, zu einem pneumatischen Kurzschluss während des Volumen-Nulldurchgangs, wodurch der Versorgungs-Querschnitt und damit die erzielbare Maschinenleistung begrenzt ist.

Ähnliche Drehkolbenmaschinen beschreiben die GB 2 273 317 und die FR 83571. Bei der FR 83571 begrenzen die Drehkolben allerdings die Arbeitskammer nur teilweise seitlich. Die restliche Umfangswandung der Arbeitskammer wird von einem Kolbengehäuse gebildet, das entsprechend Hüllkurven um die Drehkolben herum geformt ist und an dem die Kolben entlang streichen. Hierbei treten die bei einem Wankelmotor bekannten Abdichtungsprobleme auf. Die GB 2 273 317 beschreibt zwar eine Ausführung, bei der vier Drehkolben zwischen sich eine Arbeitskammer

einschließen, jedoch aufgrund der Kolbenform nur eine begrenzte Volumenänderung erreichbar ist, deren zeitlicher Verlauf zudem fest vorgegeben ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Drehkolbenmaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, die Nachteile des Standes der Technik vermeidet und letzteren in vorteilhafter Weise weiterbildet. Vorzugsweise soll das Auftreten von Druckspitzen in der Arbeitskammer vermieden und der zeitliche Verlauf der Volumenänderung in der Arbeitskammer an verschiedene Anforderungen anpassbar, insbesondere von der Drehgeschwindigkeit unabhängig festlegbar sein, ohne dies durch Nachteile beim Gaswechsel erkaufen zu müssen. Insbesondere die Druckverluste an engen Einspeise- oder Austrittsöffnungen, oder durch Kurzschluss an diesen, sollen vermieden werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Drehkolbenmaschine gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Es wird also eine Drehkolbenmatrix-Maschine zur Umsetzung einer Volumenänderung eines Arbeitsfluides in eine Drehbewegung von Drehkolben oder umgekehrt sowie zur Übertragung von Wärme zwischen getrennten Arbeitsfluidvolumina vorgeschlagen. Grundlage ist eine regelmäßige Anordnung von mehreren gekoppelten Rotoren bzw. Drehkolben zwischen zwei Endplatten, in deren Zwischenräumen sich effektiv gasdichte und in ihrem Volumen leichtgängig veränderbare Arbeitskammern ausbilden. Insbesondere bei vielteiliger Kammerung können Druckgasmotoren oder Gaskompressoren von hoher Effizienz und Leistungsdichte geschaffen werden.

Die Drehkolben werden in ihrem Querschnitt vorzugsweise von jeweils zwei Kreisbögen begrenzt. Sie können sich in gleicher Richtung und mit gleicher Winkelgeschwindigkeit in der Abbildungsebene drehen, wobei sie einander stets mit ihren Spitzen berühren. Je vier Drehkolben umschließen dabei vorteilhafterweise einen freien Bereich, der zumindest eine Arbeitskammer bildet, deren Größe sich mit dem

Phasenwinkel der Drehkolben verändert. Die Drehkolben erstrecken sich vorzugsweise senkrecht zur Abbildungsebene und sind an ihren Außenkonturen schraubenartig gewunden. Darüber und darunter liegen vorzugsweise parallel zur Abbildungsebene zwei Endplatten, welche die Arbeitskammern nach oben und unten arbeitsfluiddicht abschließen, wobei in alternativer Weiterbildung der Erfindung auch vorgesehen sein kann, dass nur auf einer Stirnseite der Drehkolben, insbesondere der Einlassseite, eine solche Endplatte vorgesehen ist.

Im Zuge der Drehkolbendrehung vergrößert sich nach einer vorteilhaften Ausführung der Drehkolbenmatrix immer zumindest eine Arbeitskammer während sich zumindest eine andere Arbeitskammer verkleinert. Füllt man die sich jeweils vergrößernden Arbeitskammern mit Arbeitsfluid und entleert gleichzeitig die anderen, dann erzeugt der Arbeitsfluiddruck ein nutzbares Drehmoment an den Drehkolben.

Das Füllen und Entleeren der Arbeitskammern erfolgt in Weiterbildung der Erfindung über Durchlassöffnungen in den Endplatten. Hierbei ist zu beachten, dass der einer solchen Öffnung zugängliche und damit befüllbare Arbeitskammerquerschnitt an der Endplatte während der Begegnung der vier beteiligten Drehkolbenkanten den Wert 0 durchlaufen kann. In diesem Moment des Befüllungsquerschnitts-Nulldurchgangs würde jede noch so kleine Durchlassöffnung etwa über dem Begegnungspunkt das Arbeitsfluid an der Arbeitskammer vorbei leiten. Zudem könnte dann, wie Figur 8 verdeutlicht, ungewollt Arbeitsfluid über die Durchlassöffnungen von einer Arbeitskammer in eine benachbarte Arbeitskammer fließen, oder sogar in den Außenraum. In der einen solchen pneumatischen Kurzschluss verdeutlichenden Figur 8 sind mit der Bezugsziffer 3 die Drehkolben einer herkömmlichen Drehkolbenmaschine bezeichnet, wobei der Pfeil PK den pneumatischen Kurzschluss verdeutlicht.

Diese Probleme sind in Weiterbildung der Erfindung dadurch gelöst, dass jede Durchlassöffnung derart in vier Teilöffnungen aufgeteilt ist, dass diese Teilöffnungen während des Nulldurchgangs von den Drehkolben verdeckt und durch diese verschlossen werden. Um dabei einen möglichst großen Querschnitt für eine

Durchlassöffnung zu erzielen werden die Teilöffnungen vorteilhafterweise seitlich durch Bewegungskurven der Drehkolbenkanten begrenzt. Ein besonders großer Querschnitt kann erzielt werden, wenn eine Durchlassöffnung entgegen der Drehkolbendrehung rotiert und sich zu diesem Zweck auf einer Drehscheibe befindet, welche in eine Endplatte eingelassen ist. Die Durchlass-Teilöffnungen sind dabei in Weiterbildung der Erfindung seitlich von Trochoid-Kurven begrenzt.

In der Nähe des Nulldurchgangs, wenn die Durchlassöffnungen zu einem wesentlichen Teil verdeckt sind, kann die Leitung eines Arbeitsfluids zu und von den Arbeitskammern durch Kanäle in oder auf den Drehkolben erleichtert werden, die beispielsweise die verdeckten Teile der Durchlassöffnungen mit dem verbleibenden Arbeitskammerquerschnitt verbinden.

Prinzipiell können während des Nulldurchgangs Druckspitzen in einer Arbeitskammer auftreten, nämlich dann, wenn zusammen mit dem Arbeitskammerquerschnitt an einer Endplatte auch das Arbeitskammervolumen den Wert 0 annimmt, wenn also versucht wird, das in einer Arbeitskammer befindliche restliche Arbeitsfluid bei verschlossenen Durchlassöffnungen auf den Wert 0 zu komprimieren. Derartige Druckspitzen können zwar in Ausnahmefällen technisch genutzt werden, etwa zum Zünden eines Luft-Treibstoff-Gemisches, in den meisten Fällen sind diese jedoch unerwünscht.

Erfindungsgemäß wird dieses Problem dadurch gelöst, dass die Drehkolben schraubenartig gewunden ausgebildet sind. So begegnen sich die Drehkolbenkanten auf verschiedenen Schnittebenen zeitlich versetzt und das Arbeitskammervolumen wird niemals 0. Bei verschlossenen Durchlassöffnungen kann sich der Arbeitsfluiddruck innerhalb einer Arbeitskammer ausgleichen.

Außer der Vermeidung von Druckspitzen ergeben sich aus einer gewundenen Drehkolbenform weitere Möglichkeiten. Eine Windung um eine halbe Umdrehung über die Drehkolbenlänge teilt den Raum zwischen je vier benachbarten Drehkolben in zwei Arbeitskammern auf. Die Teilung erfolgt an genau dem Punkt, an dem

sich die Drehkolbenkanten begegnen, an einer so genannten Einschnürung. Bei stärkerer Windung bilden sich entsprechend mehrere Arbeitskammern. Mit jeder halben Umdrehung an Windung kommt eine Einschnürung hinzu.

Einschnürungen schließen Arbeitskammern gasdicht ab und wandern dabei im Zuge der Drehkolbendrehung entlang der Drehkolbenachsen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, bei hinreichend gewundenen Drehkolben auf eine zweite Endplatte zu verzichten. Neben einer konstruktiven Vereinfachung hat das den Vorteil, dass jegliche Reibungsverluste oder Unterbrechungen an einem zweiten Satz von Durchlassöffnungen entfallen. Bei einem Druckfluidmotor kann insbesondere die Endplatte auf der Seite des Arbeitsfluidaustritts fehlen, wo ein größerer Volumenstrom fließt als beim Arbeitsfluideintritt. Eine erste Endplatte ist dabei jedoch weiterhin vorgesehen, damit nicht Arbeitsfluid in einem Kurzschluss über den Außenraum an der Drehkolbenmatrix vorbei strömt. Anstatt eine Endplatte wegzulassen, kann man diese auch in einem gewissen Abstand von den Stirnseiten der Drehkolben anordnen, so dass das Arbeitsfluid in dem Zwischenraum frei fließen kann.

Bei starker Drehkolbenwindung teilt sich ein Drehkolbenzwischenraum in viele Arbeitskammern auf, deren Volumen von der Steigung der Windung abhängt. Eine geringe Steigung führt zu einem kleinen Volumen, während ein steiler Anstieg ein großes Volumen zur Folge hat. Die Steigung kann entlang der Drehkolben lokal variieren. Dies gibt dem Konstrukteur die Möglichkeit, den zeitlichen Verlauf eines Arbeitskammervolumens bei konstanter Drehkolbendrehung frei zu bestimmen. Damit lässt sich der Energiefluss zwischen dem eingeschlossenen Arbeitsfluid und der Drehkolbenmatrix direkt steuern, aber auch die Arbeitsfluidtemperatur.

Bei Volumenzunahme gib ein kompressibles Arbeitsfluid Arbeit an eine Drehkolbenmatrix ab, bei Volumenabnahme nimmt es Arbeit auf. Bei zunehmender Steigung setzt eine Drehkolbenmatrix die Druckenergie eines durchlaufenden Arbeitsfluides in Wellenarbeit um, bei abnehmender Steigung komprimiert sie ein Arbeitsfluid unter Verbrauch von Wellenarbeit. Bei Umkehr der Drehkolben-Drehrichtung ändert sich die Durchlaufrichtung eines Arbeitsfluides. Aus einer zu-

nehmenden Steigung wird dann eine abnehmende und umgekehrt. Je nach Drehrichtung wirkt eine Drehkolbenmatrix mit einer sich monoton ändernden Windungssteigung mal als Motor, mal als Kompressor.

Die Drehkolbenmatrix kann somit auf zwei grundlegend verschiedene Arten die Volumenänderung eines Arbeitsfluides in eine Drehbewegung umsetzen:

Eine Umsetzung erster Art erfolgt in Arbeitskammern, die von wenigstens einer Endplatte begrenzt oder gegen den Außenraum offen sind. Hier beruht die Volumenänderung auf dem Entstehen oder Verschwinden von Arbeitskammern. Die Drehkolbendrehung wird aufrecht erhalten durch periodisches Füllen und Entleeren dieser Arbeitskammern. Die Arbeitsweise ist analog der einer klassischen Dampfmaschine.

Eine Umsetzung zweiter Art erfolgt bei gewundenen Drehkolben und nicht konstanter Windungssteigung, in Arbeitskammern, die nicht von einer Endplatte begrenzt und nicht offen sind. Hier beruht die Volumenänderung auf einer Verschiebung von Arbeitskammern in Bereiche mit veränderter Windungssteigung. Dieser Vorgang ist kontinuierlich, geht aber immer einher mit einem periodischen Abschnüren und Auflösen von Arbeitskammern an den Drehkolbenenden, also mit einer Umsetzung erster Art.

Die Umsetzungen erster und zweiter Art lassen sich in vorteilhafter Weise kombinieren. Vor allem die Umsetzung zweiter Art erlaubt den Bau von Druckgasmaschinen, deren Drehmoment sehr gleichmäßig über den Drehbereich verteilt ist. Die Umsetzung zweiter Art ist besonders effizient, da sie grundsätzlich ohne einen mit Verlusten behafteten Gasaustausch über Ventile und enge Zuleitungen erfolgt.

Die Leistungsdichte der Drehkolbenmatrix-Maschine ist vergleichsweise hoch. Das zur Bildung und Kopplung einer Expansions-Arbeitskammer gleichen Volumens benötigte Material ist bei einer Drehkolbenmaschine mit Drehkolbenmatrix sehr viel weniger als etwa bei einer Hubkolbenmaschine, oder sogar bei einem Wankelmo-

tor. Das liegt zum Teil daran, dass sich bei der Drehkolbenmatrix in einem Querschnitt alle beteiligten Wände relativ zu der Arbeitskammer bewegen, während bei anderen Maschinen ein feststehendes Gehäuse einen wesentlichen Teil der Arbeitskammer begrenzt. Zum anderen vollführen die Drehkolben der Drehkolbenmatrix eine einfache Rotation, die sich ohne komplizierte Zusatzmechanik wie Pleuel in ein Getriebe einspeisen lässt. Schließlich kann man die Drehkolbenmatrix in einem mehr oder weniger zylindrischen Gehäuse unterbringen, bei dem das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen recht günstig ist.

Die Leistungsdichte einer Drehkolbenmaschine mit Drehkolbenmatrix wird besonders hoch, wenn man möglichst viele Drehkolben in einem Quadrat oder sogar innerhalb eines Kreises anordnet. Dann ist jeder der inneren Drehkolben an der Bildung von vier Arbeitskammern beteiligt, und der Bereich zwischen den randständigen Drehkolben und einem Maschinengehäuse, der nichts zur Maschinenleistung beiträgt, beansprucht dann vergleichsweise wenig Raum.

Einer Vermehrung der Drehkolben-Anzahl ist praktisch nur durch die zunehmende Reibung eine Grenze gesetzt. Reibung entsteht bei der Drehkolbenmatrix-Maschine vor allem an den Lagern der Drehkolbenwellen und an den Zahnrädern des Synchronisierungsgetriebes. Hingegen reiben sich die Drehkolben untereinander kaum, wenn sich diese in vorteilhafter Weise berührungsfrei und in geringem Abstand aneinander vorbei bewegen. Auch die Berührung von Drehkolben mit Endplatten wird zweckmäßiger Weise vermieden. Die Fugen zwischen den Drehkolben untereinander oder zwischen Drehkolben und Endplatten sind dabei so eng, etwa im Bereich weniger zehntel oder hundertstel Millimeter, dass die durch sie hindurch tretende Arbeitsfluidmenge gegenüber der Gesamtmenge an Arbeitsfluid vernachlässigbar ist. Eine derart enge Fuge wird in diesem Kontext als „effektiv gasdicht" bezeichnet. Die Reibung zwischen den bewegten Teilen der Arbeitskammerbegrenzung einer Drehkolbenmatrix-Maschine beschränkt sich damit auf die Arbeitsfluidreibung in den Fugen und ist weit geringer als die entsprechende Reibung in den Ölfilmen anderer Maschinen.

Zum Erzielen eines hohen Wirkungsgrades bei einem Druckfluidmotor kommt es darauf an, dass eine durch diesen Motor laufende Menge Arbeitsfluid möglichst während ihrer gesamten Expansion Arbeit an die Maschine abgibt. Idealerweise müsste sich eine mit einem vorgegebenen Anfangsdruck gefüllte Expansions-Arbeitskammer so lange ausdehnen, bis das Arbeitsfluid darin einen Enddruck erreicht hat, der mit dem Druck außerhalb der Arbeitskammer überein stimmt. Erst dann dürfte das Arbeitsfluid die Arbeitskammer verlassen.

Üblicherweise entlässt man jedoch ein Arbeitsfluid noch bevor es sich vollständig entspannt hat, an einem Punkt, ab dem sich das Mehr an Leistung im Verhältnis zu dem Mehr an Aufwand nicht mehr auszahlt, um einen Kompromiß zwischen Leistung, Gewicht und Wirkungsgrad zu erhalten. Vor allem bei der Hubkolbenmaschine hätte wegen des zugehörigen Kurbelgetriebes jede Verlängerung der Hublänge eine überproportionale Vergrößerung des Motorgewichts zur Folge. Ein weiterer Grund für die unvollständige Entspannung ist, dass der verbleibende Arbeitsfluiddruck für einen hinreichend schnellen Arbeitsfluidausstoß durch enge Öffnungen benötigt wird. Auch beim Befüllen der Arbeitsräume geht ein gewisser Druck verloren, weswegen man häufig bestrebt ist, das Druckfluid etwa mit einem Verbrennungsprozess direkt im Arbeitsraum zu erzeugen.

Hier ist die Drehkolbenmaschine klar im Vorteil. Sie besitzt kein Kurbelgetriebe, der Arbeitsfluidausstoß erfolgt bei fehlender oder abgehobener hinterer Endplatte über den gesamten Arbeitskammerquerschnitt. Die Befüllung erfolgt über vergleichsweise große Durchlassöffnungen. Eine Vergrößerung ihres Arbeitskammervolumens ist mit linear steigendem Aufwand durch eine Verlängerung der Drehkolben möglich. Hinzu kommt, dass ihre weit höhere Leistungsdichte einer Optimierung ihres Wirkungsgrades mehr Spielraum eröffnet.

Das Synchronisierungsgetriebe der Drehkolbenmaschine besteht in Weiterbildung der Erfindung aus zwei Getriebeebenen, von denen jede zweckmäßig an einer der Endplatten montiert ist, jeweils auf der den Drehkolben abgewandten Seite. Dort befinden sich vorteilhafterweise auch die Lager der Drehkolbenwellen.

Jede Getriebeebene umfasst dabei in Weiterbildung der Erfindung Kolbenräder, die drehfest mit den Drehkolbenwellen verbunden sind. Außerdem umfasst sie Zahnräder, die mit vier jeweils benachbarten Kolbenrädern im Eingriff stehen und Ventilräder bilden. Die Ventilräder synchronisieren die Drehung der Kolbenräder, und damit auch die Drehung der Drehkolben. Darüber hinaus leiten die Ventilräder Drehmoment von einem Kolbenrad zum nächsten und verteilen es gleichmäßig über die Drehkolbenmatrix, wobei es über die Drehkolbenwellen auch zur gegenüber liegenden Getriebeebene gelangt, bis es an den vier eckständigen Kolbenrädern wenigstens einer Getriebeebene von einem so genannten Sammelrad abgegriffen wird. Das Sammelrad ist drehfest mit einer Arbeitswelle verbunden bzw. über eine weitere Getriebestufe mit dieser verbunden.

Auf jedem Ventilrad ist in Weiterbildung der Erfindung eine Drehscheibe mit einer Durchlassöffnung angebaut, wobei die Drehscheibe bündig in die anliegende Endplatte eingelassen ist. So dreht sich die Durchlassöffnung mit dem Ventilrad entgegen den Kolbenrädern, und damit entgegen den Drehkolben. Jedes Ventilrad kann außerdem noch Teile eines Schaltventils tragen, das periodisch den Arbeitsfluidstrom zu und von den Arbeitskammern unterbricht und auf diese Weise steuert.

In der Mitte eines Ventilrads sind vorteilhafterweise keine Lagerelemente platziert, so daß sich hier die Durchlassöffnung und ihre Zuleitung befinden können. Statt durch solche mittigen Lagerelemente wird jedes Ventilrad vorteilhafterweise schwimmend gelagert und kann von den jeweils benachbarten Kolbenrädern getragen sein. Zur Stabilisierung ihrer Lage sind die beteiligten Zahnräder vorzugsweise mit Roll- und Führungsflächen ausgestattet.

Nach einem vorteilhaften Aspekt der Drehkolbenmaschine kann ein effizienter Wärmetransport durch ein Zwischenspeichern von Wärme auf bewegten Drehkolbenoberflächen erreicht werden. Drehkolben sind immer an der Begrenzung mehrerer Arbeitskammern beteiligt, wenn der Außenraum hier ebenfalls als eine Arbeitskammer angesehen wird. Im Zuge der Drehkolbendrehung gelangt jede Stelle einer

Drehkolbenoberfläche abwechselnd mal in die eine, mal in die andere Arbeitskammer, und tauscht dabei jedes mal Wärme mit dem jeweils dort eingeschlossenen Arbeitsfluid. Bei einem raschen Wechsel von Erwärmen und Abkühlen in verschiedenen Arbeitskammern wird eine oberflächlich gespeicherte Portion Wärme an die jeweils kältere Arbeitskammer abgegeben, noch ehe sie in das Innere des Drehkolbens abgeleitet werden kann. Diese Art des Wärmetransports ist um so intensiver, je schneller sich die Drehkolben drehen.

Zur Verminderung von Reibungsverlusten bei schneller Rotation wären Drehkolben mit einem kreisrunden Querschnitt ideal, doch könnte hierdurch nur noch das Prinzip eines reinen Wärmetauschers erreicht werden. Von der Kreisform abweichende Drehkolben können aber durch flache Windung für eine schnelle Rotation optimiert werden, wobei das eingeschlossene Arbeitsfluid dadurch die Möglichkeit erhält, den Drehkolbenkanten in axialer Richtung auszuweichen.

Eine weitere Möglichkeit zur Intensivierung des Wärmetransports besteht darin, die Drehkolbenoberflächen durch Versehen mit einer Mikrostruktur zu vergrößern. Eine vergrößerte Drehkolbenoberfläche tritt mit einer entsprechend vergrößerten Arbeitsfluidfläche in Kontakt, und damit auch mit einer entsprechend vergrößerten Wärmemenge. Die Mikrostruktur kann aus kleinen Vertiefungen oder Erhebungen bestehen, deren Größe sich im Bereich einer effektiv gasdichten Fuge bewegt. Ideal wäre eine feine Rippung in der jeweils bevorzugten Richtung wandnaher Gasströmungen.

Eine vorteilhafte Anwendung des Wärmetransports über Drehkolbenoberflächen ist eine Wärmepumpe, wobei eine treibende Temperaturdifferenz hier durch Kompression oder Expansion eines Arbeitsfluides erzeugt wird. Dazu unterteilt sich vorteilhafterweise eine stark gewundene Drehkolbenmatrix in drei Bereiche, die von einem ersten Arbeitsfluidstrom nacheinander durchlaufen werden: Im vorderen Bereich wird der Arbeitsfluidstrom komprimiert und dabei erwärmt. Im mittleren Bereich gelangt seine Wärme über Drehkolbenoberflächen nach außen, wo sie von einem zweiten Arbeitsfluidstrom aufgenommen wird. Schließlich wird im hinteren

Bereich der erste Arbeitsfluidstrom wieder expandiert, wobei die dabei frei werdende Wellenarbeit die Kompression im vorderen Bereich unterstützt. Nach dem Durchlauf und einer Expansion auf den Anfangsdruck ist der erste Arbeitsfluidstrom kälter als vorher, während der zweite Arbeitsfluidstrom wärmer ist. Das Gegenstromprinzip nutzend durchlaufen die beiden Arbeitsfluidströme die Drehkolbenmaschine in gegenläufigen Richtungen. Derartige Wärmepumpen eignen sich für den Einsatz in Kühl- und Klimaanlagen, aber auch zum Heizen mit Hilfe von mechanischer Energie.

Neben der Verwendung als Druckfluidmotor, Kompressor oder Wärmepumpe kann die vorgeschlagene Drehkolbenmaschine auch Grundlage einer Brennkraftmaschine sein. Im einfachsten Fall geht man dazu von einer Gasturbine aus und ersetzt sowohl deren Verdichter als auch deren Antriebsturbine durch je eine Drehkolbenmatrix. Dadurch kann die Gasturbine schon bei niedrigen Drehzahlen und geringem Luftdurchsatz die benötigte Kompression erreichen und so neue Leistungs- und Anwendungsbereiche erschließen. Die Elemente einer Gasturbine können auch in unterschiedlichen Bereichen einer einzigen Drehkolbenmatrix untergebracht sein, wobei sich die Verbrennung dann in Arbeitskammern zwischen einem Verdichterbereich und einem Antriebsbereich vollzieht. Eine Treibstoffzufuhr kann durch die Drehkolbenwellen und Einspritzöffnungen in den Arbeitskammerwänden erfolgen. Gezündet werden kann mit starker Kompression oder elektrisch.

Ein effizienter Wärmetransport zwischen getrennten Arbeitsfluidvolumina eröffnet die Möglichkeit, die vorgeschlagene Drehkolbenmaschine ähnlich einem Stirling-Motor allein durch eine Temperaturdifferenz anzutreiben. Bei einer Ausbildung als Wärmemotor wird einem in den Arbeitskammern eingeschlossenen, kalten Arbeitsfluid über bewegte Drehkolbenoberflächen Wärme zugeführt, wodurch es sich ausdehnt und dabei die Maschine antreibt. Die Zufuhr von Wärme erfolgt hier vorzugsweise durch Beheizen der Außenseiten der äußeren Drehkolben mit einer Flamme und deren Gasen, die im Gegenstromprinzip die Drehkolbenmatrix umspülen. Das erwärmte Arbeitsfluid, in diesem Fall vorzugsweise Frischluft, kann an-

schließend der Flamme zugeführt und so die darin enthaltene Wärme zurück gewonnen werden.

Ein vorteilhaftes Einsatzgebiet der Drehkolbenmatrix-Maschine ist der Antrieb von Fahrzeugen, wobei als Energieträger vorzugsweise Druckluft dient. Die Drehkolbenmaschine kann dabei sowohl als Motor wie auch als Bremse fungieren, wobei beim Bremsen aus kinetischer Energie des Fahrzeugs Druckluft erzeugt und diese zur späteren Verwendung gespeichert werden kann. Wegen der hohen Leistungsdichte einer Drehkolbenmaschine ist eine Rückgewinnung von kinetischer Energie auch bei Fahrrädern und Kleinkrafträdern erzielbar.

Mit Hilfe der vorgeschlagenen Drehkolbenmaschine ist es möglich, Räder oder Radgruppen eines Fahrzeugs einzeln anzutreiben oder zu bremsen, und diese über flexible Druckluftleitungen aus einer im Fahrzeug befindlichen zentralen Druckluftquelle mit Kraft zu versorgen. So können auf einfache Weise auch Anhänger mit treibenden Rädern ausgestattet werden, oder gewöhnliche Fahrzeuge mit einem Allradantrieb.

Ein Fahrzeug kann große Mengen Druckluft von Tankstellen beziehen und in Druckflaschen mit sich führen. Alternativ oder zusätzlich kann aber auch die benötigte Druckluft mit Hilfe eines Verbrennungsmotors im Fahrzeug selbst erzeugt werden und nur eine kleine Menge Druckluft in Flaschen bereitgehalten werden. Der Verbrennungsmotor eines solchen Druckluft-Hybridantriebs kann hierbei sehr effizient in einem optimalen Arbeitsbereich laufen und dadurch Kraftstoff sparen. Zudem ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß sich der Verbrennungsmotor in bestimmten Situationen abschaltet, etwa zur Vermeidung von Luftverschmutzung in Tunnels oder in Innenstädten, wobei das Fahrzeug dann allein aus seinem Druckgasspeicher versorgt werden kann. Die Drehkolbenmaschine kann auch als Druckluft-Zusatzantrieb zur Aufrüstung von Fahrzeugen mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor vorgesehen sein, der ebenfalls ein zeitweises Abschalten des Verbrennungsmotors erlaubt, aber auch eine Rückgewinnung von kinetischer

Energie erzielen kann. Ein solcher Zusatzantrieb kann insbesondere in Bussen und LKWs eingesetzt werden, die ohnehin schon Druckluft für ihre Bremsen benötigen.

Die Drehkolbenmatrix-Maschine kann weiterhin in Bau- und Bergwergsmaschinen Verwendung finden, wo Druckluft ohnehin meist verfügbar ist, auf Schiffen zum Antrieb von Winden und ähnlichem, als Schiffsantrieb, in der Industrieautomation, in der Verfahrenstechnik insbesondere in feuchten und nassen Umgebungen.

Druckluft kann den Hauptnachteil regenerativer Energiegewinnung beheben: Mit Hilfe regenerativer Energieformen erzeugte Druckluft läßt sich in Druckbehältern nahezu beliebig lange speichern oder sogar transportieren, bis die darin enthaltene Energie benötigt wird. Als Behälter kann dabei ein ohnehin vorhandener Turm einer Windkraftanlage dienen, oder der Schwimmkörper eines Wellenkraftwerks. Wichtig ist hier eine verlustarme Umwandlung von Druckenergie in andere Energieformen und umgekehrt, wofür sich die hier vorgeschlagene Drehkolbenmaschine besonders eignet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und zugehöriger Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: einen Längsschnitt durch eine Drehkolbenmaschine mit einer 2 x 2 Drehkolben umfassenden Drehkolbenmatrix nach einer bevorzugten Ausführung der Erfindung,

Fig. 2: Drehkolbenmatrix mit 3 x 3 Drehkolben und gegenphasig pulsierenden Arbeitskammern in verschiedenen Drehstellungen,

Fig. 3: eine perspektivische Darstellung der um die Kolbendrehachsen schraubenartig verwundenen Drehkolben aus Fig. 1,

Fig. 4: einen Längsschnitt durch die schraubenartig verwundenen Drehkolben aus Fig. 3,

Fig. 5: eine perspektivische Teilschnittansicht eines stirnseitig auf der Drehkolbenmatrix sitzenden Synchronisierungsgetriebes,

Fig. 6: einen schematischen Längsschnitt durch eine als Wärmepumpe ausgebildete Drehkolbenmaschine,

Fig. 7: einen schematischen Längsschnitt durch eine als Wärmemotor ausgebildete Drehkolbenmaschine nach einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung, und

Fig. 8: eine schematische Darstellung einer Drehkolbenmatrix-Maschine ohne besondere Vorkehrungen zur Vermeidung eines pneumatischen Kurzschlusses während des Nulldurchgangs des Kammerquerschnitts an der Endplatte, bei dem ungewollt Arbeitsfluid aus einer Arbeitskammer oder auch einer Zuleitung zu dieser insbesondere in den Außenraum fließen kann.

Die in Fig. 1 gezeichnete Ausführung einer Drehkolbenmaschine 1 umfasst eine Drehkolbenmatrix 2, die in der dargestellten Ausführung vier Drehkolben 3 umfasst, die mit ihren Drehachsen 4 zueinander parallel angeordnet sind, so dass die Drehkolben 3 zwischen sich eine Arbeitskammer 5 einschließen, die durch die noch näher zu erläuternde Ausbildung der Drehkolben 3 bei Drehung derselben um die Drehachsen 4 ihr Volumen und ihre Lage ändert.

Die Drehkolben 3 sind in der gezeichneten Ausführung zwischen zwei Endplatten 6 angeordnet, die stirnseitig an die Drehkolben 3 angrenzen und in der gezeichneten Ausführung senkrecht zu den Drehachsen 4 angeordnet sind, wobei vorteilhafterweise die einlassseitige Endplatte 6 (gemäß Fig. 1 links) unmittelbar an die Drehkolbenstirnseiten angrenzt, während die auslassseitige Endplatte 6 (gemäß Fig. 1 rechts) zum erleichterten Gasaustritt von den Drehkolbenstirnseiten durch einen Spalt beabstandet ist. Die Endplatten 6 sind umfangsseitig an einem Maschinenge-

häuse 7 gelagert, das insgesamt zylindrisch ausgebildet sein kann und die Drehkolbenmatrix 2 nebst den stirnseitigen Endplatten 6 umschließt.

Die Drehkolben 3 besitzen stirnseitig Drehkolbenwellen 8, genauer gesagt Wellenansätze bzw. Wellenstümpfe, die durch entsprechende Ausnehmungen durch die Endplatten 6 hindurchtreten und an Drehkolbenlagern 9 drehbar gelagert sind. Die Drehkolbenlager 9 können dabei an den Endplatten 6 abgestützt sein, oder auch an einem Lagerträger, der an dem Maschinengehäuse 7 und/oder den Endplatten 6 abgestützt ist.

In der gezeichneten Ausführung ist die Drehkolbenmatrix 2 mit einem stirnseitig hinter den Endplatten 6 angeordneten Synchronisierungsgetriebe 10 gekoppelt, das sich zwischen der jeweiligen Endplatte 6 und dem stirnseitigen Teil des Maschinengehäuses 7 erstreckt. Das Synchronisierungsgetriebe 10 synchronisiert die Drehbewegungen der Drehkolben 3 zueinander und koppelt diese Drehbewegung mit einer zentralen Arbeitswelle 11.

Wie Fig. 5 zeigt, kann das Synchronisierungsgetriebe 10 Kolbenräder 12 umfassen, die jeweils auf den Drehkolbenwellen 8 sitzen und mit diesen drehfest verbunden sind. Mit den Kolbenrädern 12 kann ein Ventilrad 13 gekoppelt sein, das mit den Kolbenrädern 12 in Wälzeingriff steht. In der gezeichneten Ausführung sind die Kolbenräder und das Ventilrad als Zahnräder ausgebildet. Das Ventilrad 13 synchronisiert dabei die Kolbenräder 12 und verteilt darüber hinaus das Drehmoment gleichmäßig über die Drehkolbenmatrix. Vorteilhafterweise ist das Ventilrad 13 schwimmend gelagert, insbesondere kann es nach der gezeichneten Ausführung von dem jeweils benachbarten Kolbenrädern 12 getragen sein. Wie Fig. 5 zeigt, können die Kolben- und Ventilräder 12 und 13 mit axialen und/oder radialen Führungsflächen 14 ausgestattet sein, über die die Räder zueinander positioniert werden.

Ferner umfasst das Synchronisierungsgetriebe 10 in der gezeichneten Ausführung ein zentrales Sammelrad 15, das in der gezeichneten Ausführung als Hohlrad ausgebildet ist und mit den Kolbenrädern 12 kämmt, so dass die Drehbewegung der

Drehkolben 3 in eine Drehbewegung der Arbeitswelle 11 oder umgekehrt umgesetzt wird. Die Arbeitswelle 11 ist drehfest mit dem Sammelrad 15 verbunden und über Lager 16 an dem Maschinengehäuse 7 und/oder einem Getriebegehäuse gelagert.

Wie Fig. 1 zeigt, kann das Synchronisierungsgetriebe 10 zwei Getriebeebenen umfassen, und zwar vorteilhafterweise jeweils eine auf den gegenüberliegenden Stirnseiten der Drehkolbenmatrix 2. In der gezeichneten Ausführung umfassen dabei beide Getriebeebenen jeweils die vorbeschriebenen Kolbenräder 12 und das Ventilrad 13, während nur eine Arbeitswelle 11 über ein entsprechendes Sammelrad 15 auf einer Stirnseite vorgesehen ist. Es können jedoch auch beidseitige Abtriebs- bzw. Antriebswellen vorgesehen werden.

Die – in der gezeichneten Ausführung - beidseitig vorgesehenen Ventilräder 13 treiben Ventilscheiben 17 an bzw. bilden selbst Ventilscheiben 17, mittels derer jeweils ein Einlass 18 und ein Auslass 19 gesteuert werden, über die Arbeitsfluid, sei es Gas oder Flüssigkeit oder ein Gemisch hieraus, in die Arbeitskammer 5 einbringbar bzw. entfernbar ist. Die Ventilscheiben 17 überdecken dabei entsprechende Einlass- und Auslassöffnungen in den Endplatten 6. Die Ventilscheiben 17 sind hier mit Durchlassöffnungen 20 versehen, die durch die Drehung der Ventilräder 13 um die Einsetzpunkte rotieren, wodurch eine kurzschlussfreie Befüllung bzw. Entleerung der Arbeitskammer 5 erreicht werden kann.

Wie Fig. 2 zeigt, kann die Drehkolbenmatrix 2 nicht nur aus vier Drehkolben 3 bestehen, sondern auch andere Anzahlen von Drehkolben umfassen. In Fig. 2 ist eine Drehkolbenmatrix 2 mit 3x3 Drehkolben 3 vorgesehen, wobei Fig. 2a eine Drehstellung von 24° der Drehkolben 3 zeigt, während Fig. 2b eine 45° Drehstellung der Drehkolben 3 zeigt. Es versteht sich, dass bei der Drehkolbenmatrix 2 gemäß Fig. 2 mehrere Arbeitskammern 5 zwischen den Drehkolben 3 eingeschlossen sind, die sich zyklisch vergrößern und verkleinern, wobei bei der gezeichneten Ausführung vorteilhafterweise sich zwei Arbeitskammern vergrößern, während sich zwei Arbeitskammern verkleinern.

Fig. 2 zeigt weiterhin die den Einlass 18 bzw. den Auslass 19 steuernden Ventilscheiben 17, die sich entsprechend der Drehung der Ventilräder 13 drehen. Wie Fig. 2b zeigt, ist die Anordnung derart getroffen, dass die Durchlassöffnungen 20 in den Ventilscheiben 17 von den Drehkolben 3 verdeckt sind, wenn die Drehkolben 3 eine Stellung einnehmen, in der die zugehörige Arbeitskammer 5 ihren minimalen Querschnitt an der Endplatte einnimmt. Vorteilhafterweise entspricht die Kontur der Durchlassöffnungen 20 seitlich den trochoidförmigen Bewegungskurven der Drehkolbenkanten bzw. -spitzen in Bezug auf die sich drehende Ventilscheibe, um einen maximalen Durchlassquerschnitt zu erreichen.

Wie Fig. 3 zeigt, sind die Drehkolben 3 vorteilhafterweise um ihre Drehachsen 4 in sich verdreht. Sie besitzen eine schraubenartig um die Drehachse 4 verdrehte Außenkontur, wobei durch Variation der Steigung der schraubenförmigen Verwindung über die Drehachse 4 die Kompressions- bzw. Dekompressionsverhältnisse in der gewünschten Weise gesteuert werden können. Insbesondere kann der zeitliche Verlauf eines Arbeitskammervolumens bei konstanter Drehkolbendrehung über eine Variation der Steigung der schraubenartigen Verwindung der Drehkolben 3 frei bestimmt werden. Damit lässt sich der Energiefluss zwischen dem eingeschlossenen Arbeitsfluid und der Drehkolbenmatrix 2 direkt steuern ebenso wie die Temperatur des Arbeitsfluids.

Wie Fig. 6 zeigt, kann die Drehkolbenmaschine 1 vorteilhafterweise eine Wärmepumpe bilden, bei der eine treibende Temperaturdifferenz durch Kompression oder Expansion eines Arbeitsgases erzeugt wird. Wie Fig. 6 zeigt, durchläuft der in den Arbeitskammern 5 eingeschlossene Arbeitsfluidstrom drei Bereiche. Im ersten Arbeitsbereich nach dem Einlass 18 wird der Arbeitsfluidstrom komprimiert und dabei erwärmt. Im mittleren Bereich gelangt seine Wärme über die Drehkolbenoberflächen nach außen, wo sie einen zweiten Arbeitsfluidstrom erwärmt. Schließlich wird der in den Arbeitskammern 5 eingeschlossene Arbeitsfluidstrom zum Auslaß 19 hin wieder expandiert, so dass die dabei frei werdende Wellenarbeit die Kompression im ersten Bereich unterstützt. Nach dem Durchlauf und einer Expansion auf den

Anfangsdruck ist der aus dem Auslass 19 der Drehkolbenmatrix 2 austretende Arbeitsfluidstrom kälter als vorher, während der zweite Arbeitsfluidstrom wärmer ist.

Wie Fig. 7 zeigt, kann die Drehkolbenmaschine 1 vorteilhafterweise auch als Wärmemotor ausgebildet sein, bei dem einem in den Arbeitskammern eingeschlossenen kalten Arbeitsfluid über bewegte Drehkolbenoberflächen Wärme zugeführt wird, wodurch es sich aufheizt und ausdehnt. Wie Fig. 7 zeigt, erfolgt die Zufuhr von Wärme in dieser gezeichneten Ausführung durch Beheizen der Außenseite der Drehkolben 3 mit einer Flamme und deren Abgasen, die im Gegenstromprinzip die Drehkolbenmatrix 2 umströmen. Das erwärmte Arbeitsfluid, das Frischluft sein kann, wird anschließend der Flamme zugeführt, wodurch die darin enthaltene Wärme zurück gewonnen wird.

19.04.2006
00615-06 T/sh/bu

Jobb, Gangolf
D-81739 München

Drehkolbenmaschine

Patentansprüche

1. Drehkolbenmaschine mit einer Mehrzahl von Drehkolben (3), die zwischen sich zumindest eine Arbeitskammer (5) einschließen, die bei Drehung der Drehkolben (3) ihr Volumen und/oder ihre Lage ändert, wobei die Arbeitskammer (5) wenigstens zeitweise über zumindest einen Einlass (18) mit einem vorzugsweise kompressiblen Arbeitsfluid befüllbar und zumindest einen Auslass (19) entleerbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehkolben (3) jeweils eine entlang ihrer Drehachse schraubenartig verwundene Außenkontur besitzen.

2. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehkolben (3) derart schraubenartig gewunden sind, dass die Arbeitskammer wenigstens einseitig durch Einschnürung des Kolbenzwischenraumes abgeschlossen ist.

3. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehkolben (3) derart schraubenartig gewunden

sind, dass jeder der zwischen den Drehkolben (3) vorgesehenen Zwischenräume axial in mehrere Kammern (5) aufgeteilt ist, die sich bei Drehung der Drehkolben (3) axial bewegen.

4. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gewundenen Außenkonturen der Drehkolben (3) über deren axiale Länge eine sich ändernde Steigung besitzen, wobei das Volumen einer sich bei Drehung der Drehkolben (3) axial bewegenden Arbeitskammer (5) einer entsprechend der Steigung der gewundenen Außenkontur der Drehkolben (3) vorgegebenen zeitlichen Funktion folgt.

5. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Drehkolbenwindung wenigstens abschnittsweise vom Einlass (18) zum Auslass (19) hin zunimmt, wodurch das in den Kammern enthaltene Gas unter Abgabe von Arbeit expandiert.

6. Drehkolbenmaschine nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Drehkolbenwindung wenigstens abschnittsweise vom Einlass (18) zum Auslass (19) hin abnimmt, wodurch das in den Kammern enthaltene Gas unter Aufnahme von Arbeit komprimiert.

7. Drehkolbenmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruches 1, wobei der Einlass (18) zu der zumindest einen Arbeitskammer (5) und/oder der Auslass (19) von der zumindest einen Arbeitskammer (5) im Bereich der stirnseitigen Enden der Drehkolben (3) angeordnet ist und zumindest eine rotatorisch antreibbare Durchlassöffnung (20) aufweist.

8. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehgeschwindigkeit der zumindest einen Durchlassöffnung (20) der Drehkolbendrehung entgegengerichtet und betragsmäßig gleich ist.

9. Drehkolbenmaschine nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Durchlassöffnung (20) um ihren Einfügepunkt drehbar ist.

10. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Drehkolben (3) berührungsfrei aneinander und/oder an stirnseitig angeordneten Endplatten (6) vorbei bewegbar sind, wobei Fugen zwischen den Drehkolben (3) und/oder zwischen den Drehkolben (3) und den Endplatten (6) mittels eines geringen Abstandes der Drehkolbenoberflächen, mittels eines Flüssigkeitsfilms in den Fugen und/oder mittels Dichtelemente wie Bürsten effektiv gasdicht ausgebildet sind.

11. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drehkolben (3) eine Drehkolbenmatrix (2) mit einer zweidimensional regelmäßigen Anordnung bilden, bei der die Kolbendrehachsen (4) senkrecht zur Anordnungsebene stehen.

12. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drehkolben auf zumindest einer Stirnseite zumindest teilweise von einer Endplatte (6) abgedeckt sind, in der zumindest ein Einlass (18) und/oder zumindest ein Auslass (19) vorgesehen ist und/oder an der die Drehkolben (3) drehbar gelagert sind.

13. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Drehkolben (3) durch ein Synchronisierungsgetriebe (10) in ihren Drehbewegungen mechanisch miteinander gekoppelt sind.

14. Drehkolbenmaschine nach den beiden vorhergehenden Ansprüchen, wobei das Synchronisierungsgetriebe (10) wenigstens zum Teil stirnseitig auf den Drehkolben (3) sitzt und/oder an der stirnseitig vorgesehenen Endplatte (6) angeordnet ist.

15. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 13, wobei das Synchronisierungsgetriebe (10) eine oder zwei den Endplatten (6) zugeordnete Getriebeebenen aufweist, wobei jede Getriebeebene umfasst:

    Kolbenräder (12) an Gitterpositionen (i, j) mit ganzzahligem i und j, die drehfest mit den an eben diesen Positionen befindlichen Drehkolben (3) verbunden sind,

    Ventilräder (13) an Gitterpositionen (i±h,j±h) mit h=1/2, die mit den jeweils benachbarten Kolbenrädern (12) in Eingriff stehen,

    optional ein Sammelrad (15), welches mit einem oder mit mehreren der Kolbenräder und/oder Ventilräder (12, 13) im Eingriff steht, und welches mit einer Arbeitswelle (11) drehfest verbunden ist oder über wenigstens eine weitere Getriebestufe die Arbeitswelle (11) antreibt.

16. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass Elemente zur Leitung und/oder Steuerung des Arbeitsfluidstroms drehfest mit den Ventilrädern (13) verbunden und/oder in diese integriert sind.

17. Drehkolbenmaschine nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilräder (13) schwimmend zwischen den Kolbenrädern (12) gelagert sind und/oder von den benachbarten Kolbenrädern (12) getragen werden, wobei vorzugsweise die Ventilräder (13) und/oder die Kolbenräder (12) zur Lagestabilisierung mit Roll- oder Führungsflächen (14) ausgestattet sind.

18. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehkolben (3) eine identische Form haben und sich mit gleicher Winkelgeschwindigkeit in gleicher Richtung drehen, wobei insbe-

sondere die Drehkolben (3) nicht notwendigerweise alle den gleichen Anfangsstellungswinkel besitzen.

19. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehkolben (3) mit ihren Drehachsen in einem kartesischen Gitter an den Positionen (i,j) angeordnet sind, wobei i und j ganzzahlig sind, und dass die Drehkolben (3) in einem beliebigen Schnitt senkrecht zu ihrer Drehachse von zwei Kreisbögen begrenzt werden, deren Radius 1 ist, und deren Mittelpunkte sich zu einem Zeitpunkt für geradzahlige i+j an den Positionen (i+h,j+h) befinden, und für ungeradzahlige i+j an den Positionen (i-h, j+h), mit h=1/2 oder h=-1/2.

20. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Durchlassöffnungen (20) des Einlasses (18) und/oder des Auslasses (19) an Gitterpositionen (i±h, j±h) befinden und jeweils in vier Öffnungsabschnitte aufgeteilt sind, deren Begrenzung teilweise und wenigstens näherungsweise durch Bewegungskurven der Drehkolbenkanten in Bezug auf die jeweilige Durchlassöffnung (20) und/oder deren Äquidistanten gebildet wird, wobei die radial äußeren Bereiche der Stirnseiten der Drehkolben (3) bei Überstreichen die Durchlassöffnungen (20) derart verschließen und/oder verdecken, dass im wesentlichen kein Gas über eine Durchlassöffnung (20) aus der zugehörigen Arbeitskammer (5) in eine benachbarte Kammer oder den Außenraum entweichen oder umgekehrt hineintreten kann.

21. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine von zwei Endplatten (6) nicht effektiv gasdicht an die zugehörigen Stirnseiten der Drehkolben (3) stößt und einem Arbeitsfluid einen unterbrechungsfreien Durchtritt erlaubt.

22. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetransport im wesentlichen durch Zwischenspeichern von Wärme auf bewegten Drehkolbenoberflächen erfolgt.

23. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine dem Wärmetransport dienende Drehkolbenoberfläche durch eine Mikrostruktur vergrößert ist.

24. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Brennkraftmaschine ausgelegt oder Teil einer solchen ist.

25. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Teil einer Gasturbine die Funktion eines Verdichters und/oder einer Antriebsturbine übernimmt.

26. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Wärmemotor ausgelegt ist, wobei einem in der zumindest einen Arbeitskammer (5) eingeschlossenen, kalten Arbeitsfluid über bewegte Drehkolbenoberflächen Wärme zugeführt wird, so dass das Arbeitsfluid sich ausdehnt und dabei die Drehkolben (3) antreibt.

27. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhr von Wärme durch Beheizen der von der Arbeitskammer (5) abgewandten Außenseiten der Drehkolben (3) erfolgt.

28. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass Heizmittel zur Beaufschlagung der Drehkolbenaußenseiten mit einer Flamme, mit heißen Gasen und/oder Abgasen, mit einer heißen Flüssigkeit, oder mit elektromagnetischer Strahlung vorgesehen sind.

29. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Wärme über ein Durchleiten heißer Gase oder Flüssigkeiten durch Hohlräume in den Drehkolben (3) und/oder die Drehkolben tragende Kolbenwellen (8) einspeisbar ist.

30. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass erwärmtes Arbeitsfluid dem antreibenden Verbrennungsprozess zuführbar ist und/oder dessen Wärme für den Antrieb der Maschine rekuperierbar ist.

31. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsfluid in einem Kreislauf wiederholt nutzbar ist.

32. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Systems zur Gaskompression ist, bei dem vorzugsweise die bei der Kompression anfallende Wärme zur Unterstützung des Kompressorantriebs verwendet wird.

33. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Wärmepumpe ausgelegt ist oder Teil einer solchen ist, wobei durch Gaskompression und/oder Gasexpansion ein Temperaturgefälle erzeugbar ist und/oder ein gerichteter Wärmetransport über Drehkolbenoberflächen von einem Gaspaket in ein anderes vorgesehen ist.

34. Drehkolbenmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Gaskompression aufgewendete Arbeit nach der Wärmeübertragung teilweise von Bereichen ihrer Drehkolben (3) rückgewinnbar ist.

35. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Druckreglers ist.

36. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Ausgleich der Wärmedehnung wenigstens eines Maschinenteils vorgesehen sind.

37. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur thermischen Isolierung wenigstens eines Maschinenteils vorgesehen sind.

38. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Dämpfen oder Kompensieren von Schwingungen, Erschütterungen, oder von durch Belastung bedingten Verformungen wenigstens eines Maschinenteils vorgesehen sind, wobei vorzugsweise die Mittel wenigstens ein piezoelektrisches Element aufweisen.

39. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zum Antreiben oder Bremsen eines Fahrzeugs vorgesehen ist, wobei vorzugsweise als Energieträger Druckluft vorgesehen ist, und beim Bremsen Druckluft erzeugt und diese zur späteren Verwendung gespeichert wird.

40. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zum Antreiben eines einzelnen Rads oder einer einzelnen Radgruppe vorgesehen ist, wobei vorzugsweise eine Energieversorgung über eine Druckluftleitung aus einer im Fahrzeug befindlichen zentralen Druckluftquelle erfolgt, die vorzugsweise auch mit Hilfe eines Verbrennungsmotors auffüllbar ist.

41. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Systems zur Gewinnung von regenerativer Energie ist, wobei mit Hilfe regenerativer Energie zunächst Druckluft erzeugt und in einem Behälter gespeichert wird, vorzugsweise bis zu einer späteren Verwendung oder Umwandlung in eine andere Energieform, insbesondere in dem ohnehin vorhandenen Turm einer Windkraftanlage.

42. Drehkolbenmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Systems zum Speichern von Energie ist, vorzugsweise zum Ausgleichen von Lastschwankungen in einem Stromnetz, wobei insbesondere Energie in Form von Druckluft speicherbar ist.

19.04.2006
00615-06 T/sh

Jobb, Gangolf
D-81739 München

Drehkolbenmaschine

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der Umsetzung einer Volumenänderung eines Gases in eine Drehbewegung und umgekehrt, sowie auf das Gebiet des Wärmeaustauschs zwischen getrennten Gasvolumina. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Drehkolbenmaschine mit einer Mehrzahl von schraubenartig gewundenen Drehkolben, die zwischen sich zumindest eine Arbeitskammer einschließen, die bei Drehung der Drehkolben leichtgängig ihr Volumen und/oder ihre Lage ändert. Die regelmäßig angeordneten Drehkoben sind stirnseitig und gemeinsam mit einer oder zwei Endplatten abgeschlossen. Die Befüllung oder Entleerung der Kammern mit Arbeitsgas erfolgt kurzschlussfrei über besonders geformte, rotierende Öffnungen in den Endplatten. Die vorgeschlagene Drehkolbenmaschine eignet sich als Grundlage für Druckgasmotoren oder Gaskompressoren von hoher Effizienz und Leistungsdichte, für Verbrennungsmotoren, sowie auf Grund eines intensiven Wärmetransports über Drehkolben-Oberflächen auch für neuartige Wärmepumpen und Wärmemotoren.

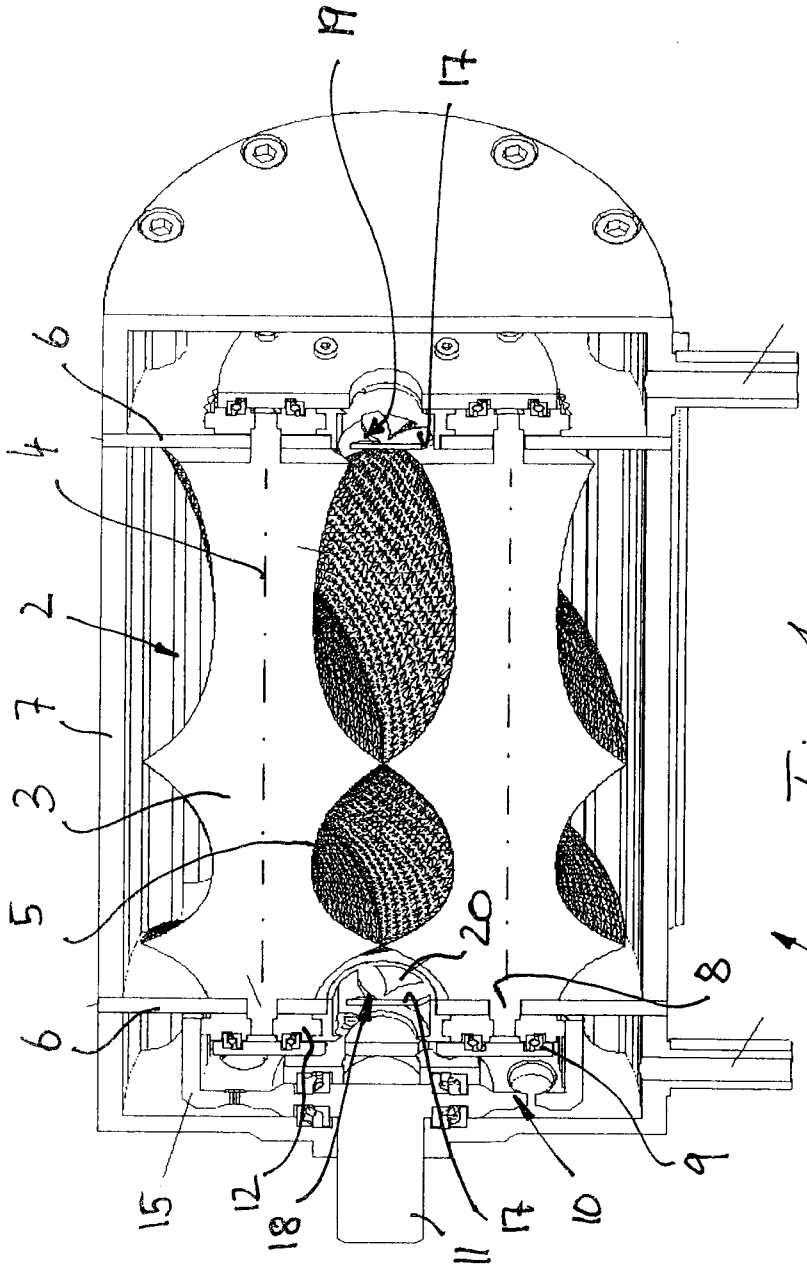
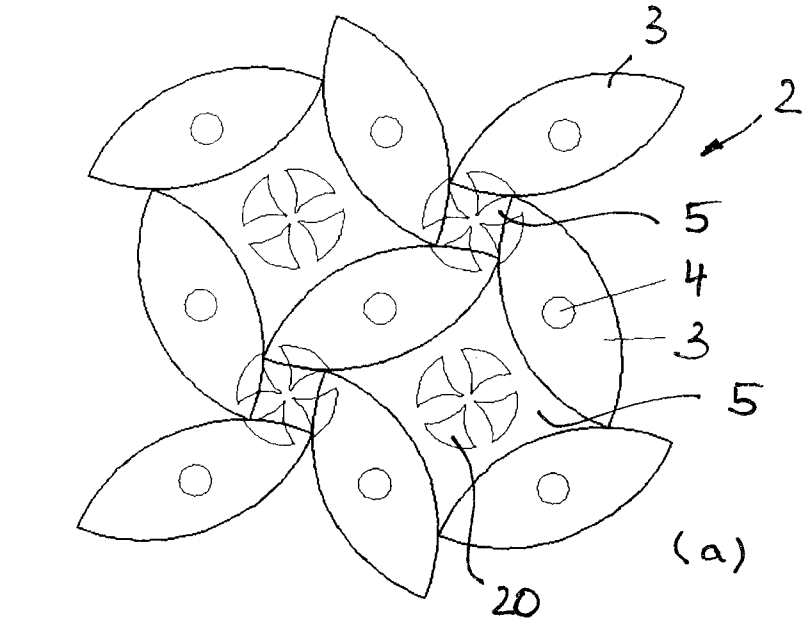


Fig. 1



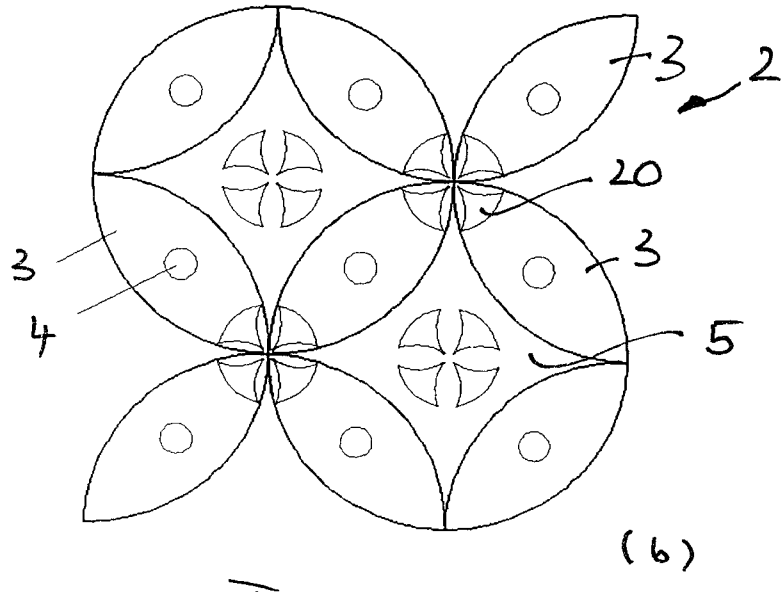


Fig. 2

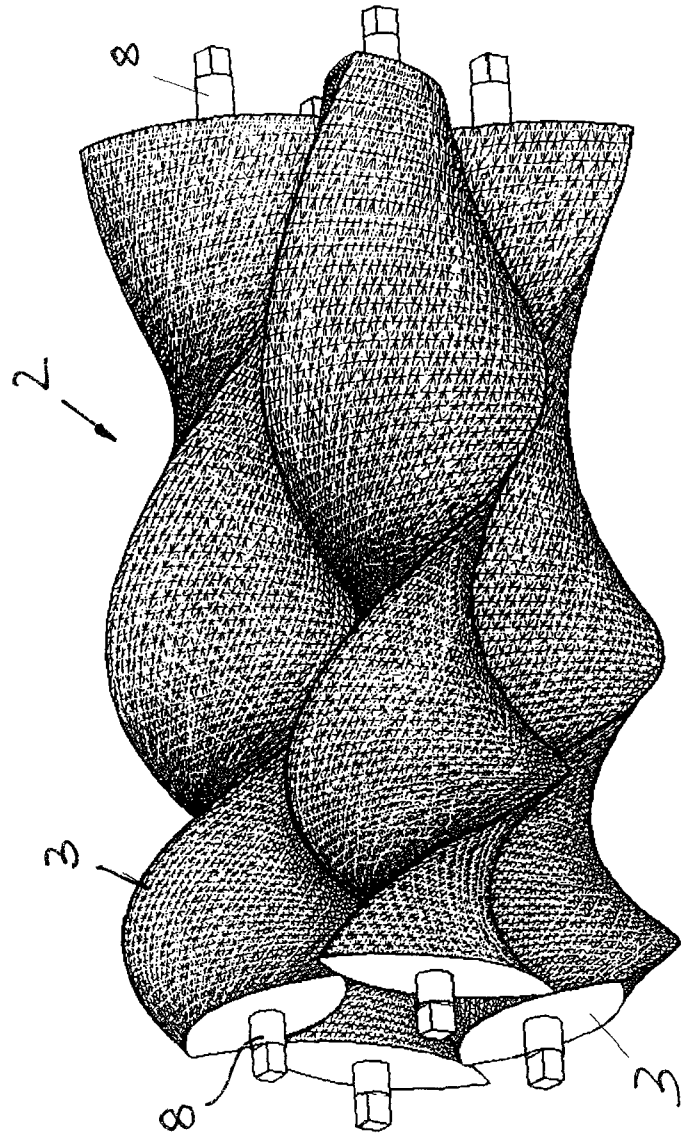


Fig. 3

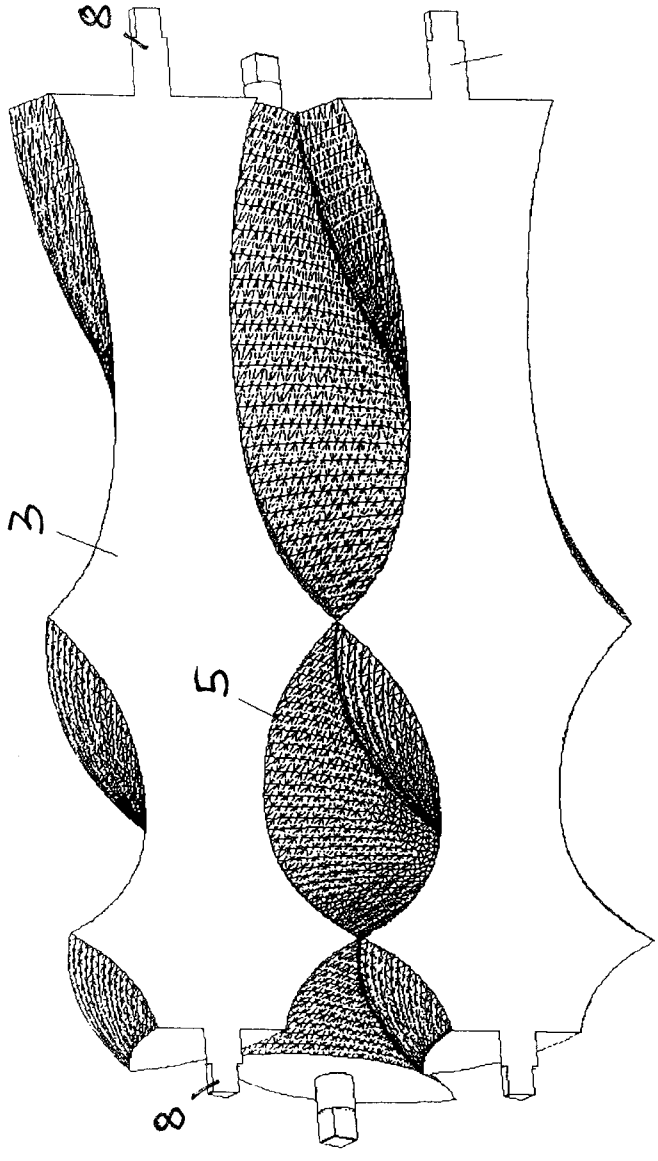


Fig. 4

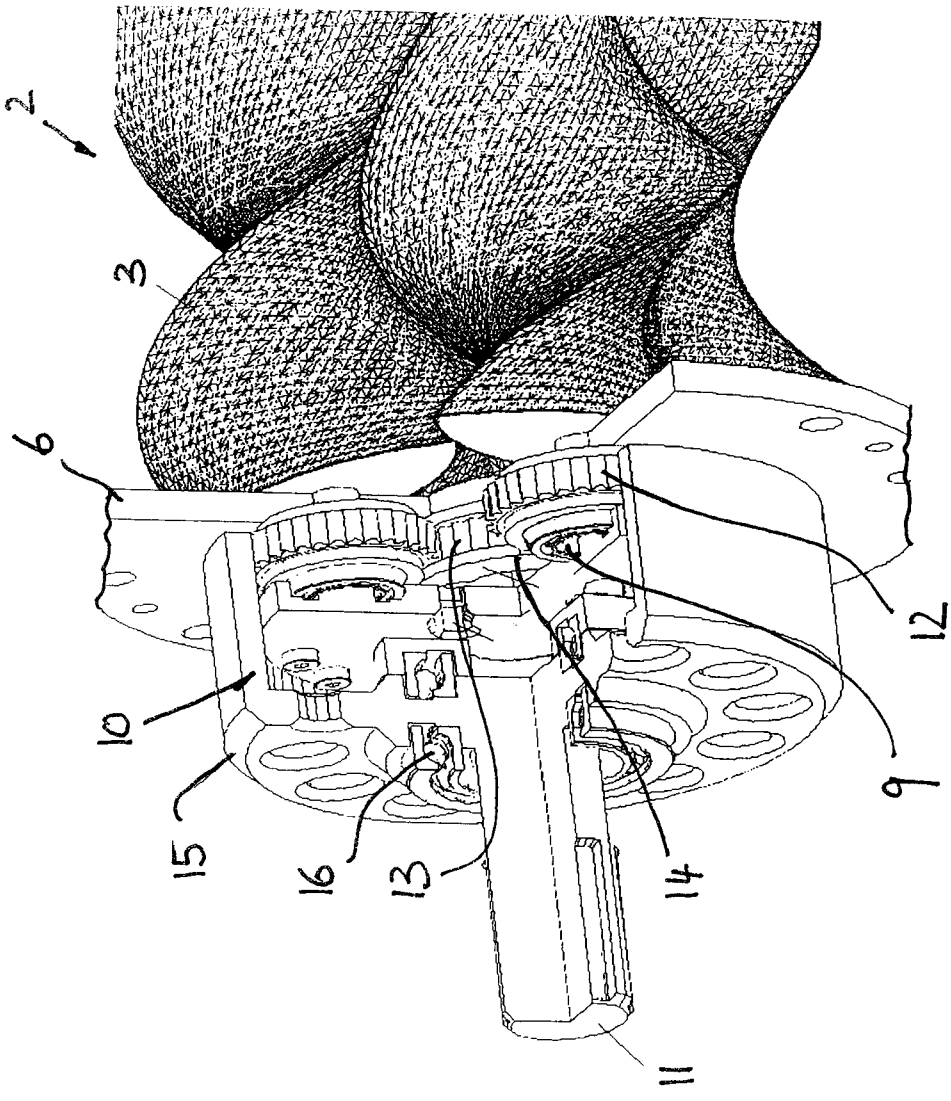


Fig. 5

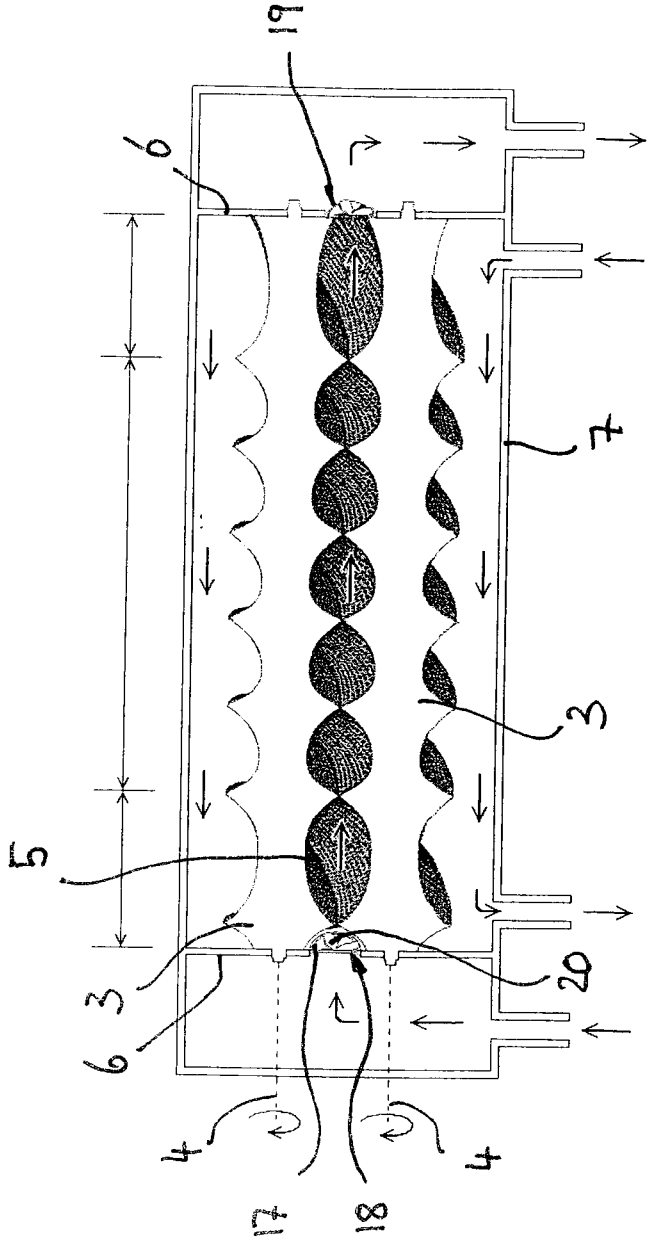


Fig. 6

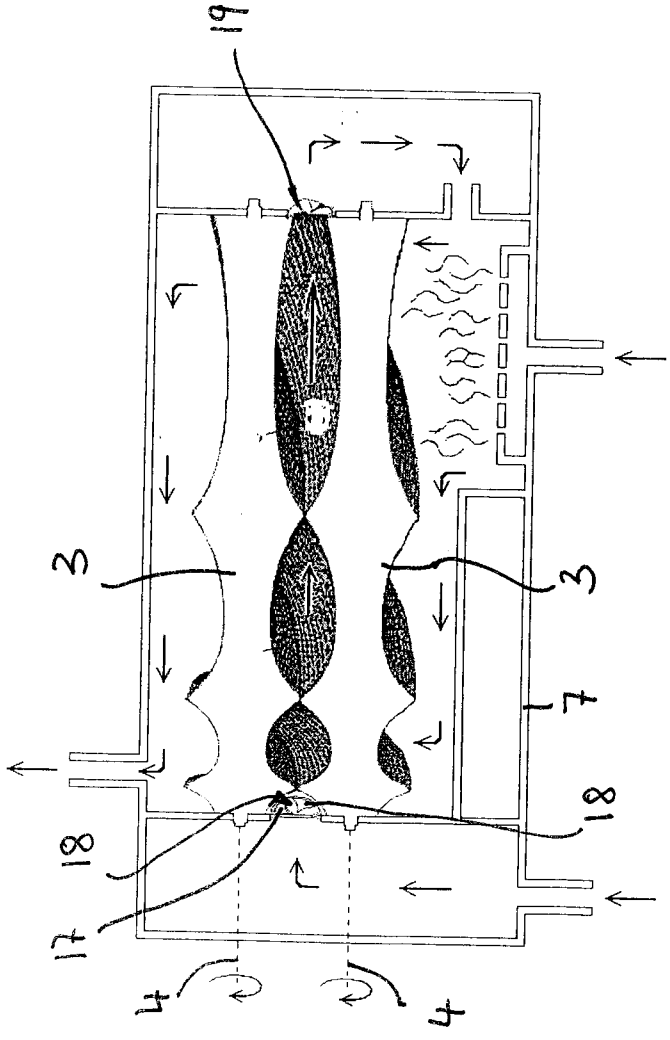


Fig. 7

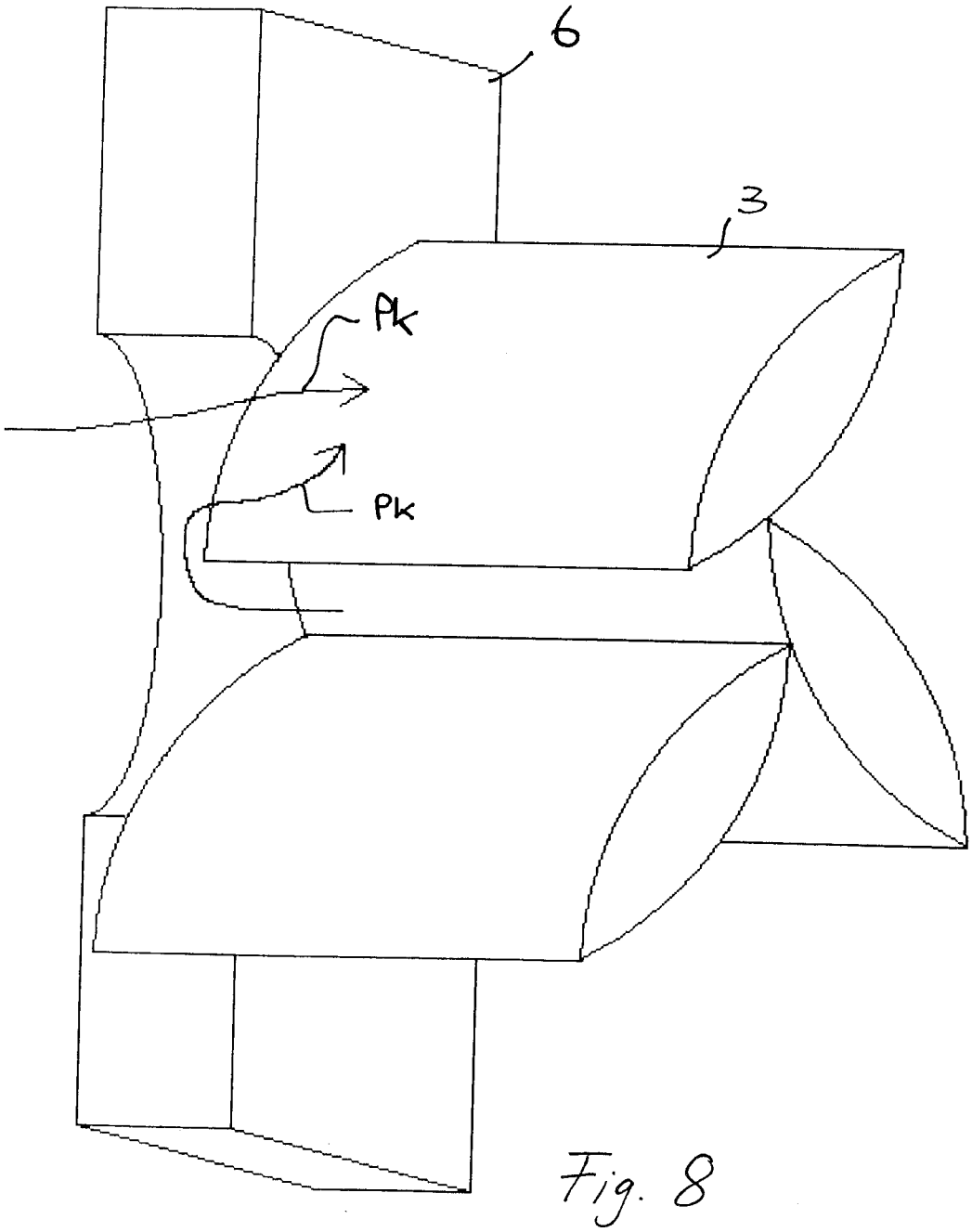


Fig. 8