



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
03.01.2024 Patentblatt 2024/01
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01B 1/06 (2006.01) F02B 75/22 (2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 22181545.9
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01B 1/06; F02B 43/08; F02B 75/22; F01B 1/0648
- (22)

Anmeldetag: 28.06.2022

- | | |
|--|---|
| <div><div>(84)</div><div>Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN</div></div> | <div><div>(71)</div><div>Anmelder: tv-design u. FS-Produktions GmbH
72250 Freudenstadt (DE)</div></div> <div><div>(72)</div><div>Erfinder: WOLLHERR, Reinhard
72250 Freudenstadt (DE)</div></div> <div><div>(74)</div><div>Vertreter: Kernebeck, Thomas
Kernebeck Patentanwalts GmbH
Stiftstraße 2
60313 Frankfurt am Main (DE)</div></div> |
|--|---|

(54)

MONOBLOCKROTATIONSMOTOR

- (57)

Monoblockrotationsmotor umfassend: einen Motorblock (11) mit einem Aufnahmeraum (12) für einen Rotor (1), wobei der Aufnahmeraum (12) zwei spiegelsymmetrisch zueinander angeordnete Seitenflächen und eine die beiden Seitenflächen verbindende Umlaufläche (13) hat, wobei die Umlaufläche (13) in einer Richtung parallel zu den Seitenflächen eine elliptische Krümmung aufweist, mit einer langen Ellipsenachse und einer senkrecht dazu verlaufenden kurzen Ellipsenachse, welche die lange Ellipsenachse an einem Kreuzungspunkt kreuzt, und ferner in den Seitenflächen zentral am Kreuzungspunkt der Ellipsenachsen angeordnete Achsaufnahmen vorgesehen sind, und in den Seitenflächen zumindest Öffnungen eines Kanals (20) für eine Zuführung eines Brenngases, eines Kanals (21) für eine Abführung von Abgasen sowie eine Zündung (22) vorgesehen sind.

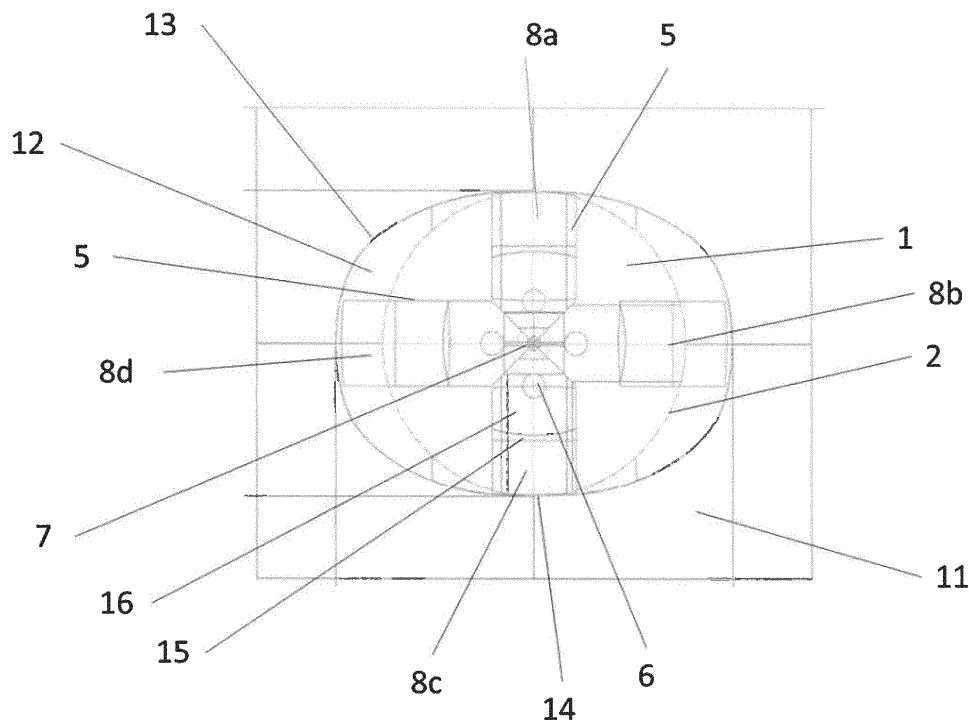


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Monoblockrotationsmotor.

[0002] Verbrennungsmotoren, wie sie zum Antrieb von Fahrzeugen, wie Automobilen, oder auch als unabhängige Antriebseinheit verwendet werden, sind überwiegend als Hubkolbenmotoren ausgebildet. Dabei führt ein in einer Kolbenbohrung angeordneter Kolben eine translatorische Bewegung mit einem unteren und einem oberen Totpunkt aus. Im Wesentlichen unterscheidet man Motoren, die nach dem Otto-Prinzip bzw. dem Diesel-Prinzip betrieben werden. Beiden Prinzipien ist gemein, dass ein zündfähiges Gemisch in einem Brennraum erzeugt und durch die Bewegung des Kolbens verdichtet wird. Das verdichtete zündfähige Gemisch wird dann entzündet. Bei der Verbrennung des zündfähigen Gemisches erfolgt ein Druckanstieg im Brennraum, wodurch der Kolben in die entgegengesetzte Richtung bewegt wird. Die translatorische Bewegung des Kolbens wird über die Kurbelwelle in eine Rotationsbewegung umgewandelt, die dann zum Antrieb beispielsweise eines Fahrzeugs genutzt werden kann.

[0003] Eine translatorische Bewegung ist für den kontinuierlichen Betrieb von Vorrichtungen meist nicht verwertbar, sondern muss zunächst in eine Rotationsbewegung umgewandelt werden. Für die Umwandlung der translatorischen Bewegung des Kolbens in eine Rotationsbewegung ist jedoch ein hoher mechanischer Aufwand erforderlich. Ferner treten durch die Auf- und Abwärtsbewegung der Kolben Massenkräfte auf, die ausgeglichen werden müssen. Dies erfolgt durch Ausgleichgewichte, die zum Beispiel gegenläufig zur Bewegung des Kolbens rotieren. Ferner kann durch die Anordnung der Zylinder ein Ausgleich der Massenkräfte erzeugt werden. So heben sich bei einem Boxermotor die Massenkräfte auf. Bei Reihengmotoren oder Motoren, bei denen die Zylinder in V-Anordnung angeordnet sind, werden die Kolben in einer definierten Abfolge zeitlich zueinander versetzt bewegt, um auf diese Weise die Massenkräfte auszugleichen und eine hohe Laufruhe des Motors zu erreichen. Hubkolbenmotoren sind seit mehr als 100 Jahren bekannt, sodass eine große Erfahrung für ihre Konstruktion vorliegt.

[0004] Beim Wankelmotor, dessen grundlegende Wirkungsweise in der DE 952903 beschrieben ist, werden rotierende Läufer verwendet, um die bei einer Verbrennung eines zündfähigen Gemisches freiwerdende Energie in eine Rotationsbewegung umzuwandeln. Wankelmotoren zeichnen sich durch eine sehr hohe Laufruhe aus, da nur sehr geringe Massenkräfte durch die Bewegung eines Exzenters erzeugt werden. Ferner benötigt der Wankelmotor deutlich weniger bewegliche Teile als ein Hubkolbenmotor und kann sehr kompakt konstruiert werden. Nachteile des Wankelmotors liegen in seinem hohen Verbrauch und in der Abdichtung der Brennräume.

[0005] Lkw, Pkw, Busse und Baufahrzeuge brauchen neue Lösungen. Elektromotoren benötigen eine Stromversorgung. Batterien und Brennstoffzellen bieten sich an, haben aber jeweils auch klare Nachteile. Ein Hindernis besteht schon darin, dass für sie völlig neue Wertschöpfungsketten geschaffen werden müssen, und zwar nicht nur in der Herstellung, sondern auch bei Wartung und Service sowie dem Recycling.

[0006] Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde einen Motor zur Verfügung zu stellen, der sehr einfach aufgebaut ist, einen kompakten Aufbau hat und bei dem in einfacher Weise eine Rotationsbewegung erzeugt wird.

[0007] Diese Aufgabe wird mit einem Monoblockrotationsmotor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Monoblockrotationsmotors sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Der erfindungsgemäße Monoblockrotationsmotor besteht im Wesentlichen aus einem Motorblock mit einem Aufnahmeraum, in welchem ein Rotor rotiert über dessen Achse eine Rotationsbewegung abgenommen werden kann. Im Rotor sind Kolben vorgesehen, die in symmetrisch gegenüberliegend angeordneten Kolbenbohrungen eine Auf- und Abwärtsbewegung, also eine translatorische Bewegung, ausführen. Die Kolben stützen sich mit einem Ende an der Wand des Aufnahmeraums ab. Der Aufnahmeraum weist eine elliptische Fläche auf, deren Krümmung der Kolben mit seinem anliegenden Ende folgt. Auf diese Weise lässt sich die translatorische Bewegung des Kolbens sehr einfach in eine Rotationsbewegung des Rotors umwandeln.

[0009] Der erfindungsgemäße Monoblockrotationsmotor umfasst:

- einen Motorblock mit einem Aufnahmeraum für einen Rotor, wobei der Aufnahmeraum zwei spiegelsymmetrisch zueinander angeordnete Seitenflächen und eine die beiden Seitenflächen verbindende Umlauffläche hat, wobei die Umlauffläche in einer Richtung parallel zu den Seitenflächen eine elliptische Krümmung aufweist, mit einer langen Ellipsenachse und einer senkrecht dazu verlaufenden kurzen Ellipsenachse, welche die lange Ellipsenachse an einem Kreuzungspunkt kreuzt, und ferner in den Seitenflächen zentral am Kreuzungspunkt der Ellipsenachsen angeordnete Achsaufnahmen vorgesehen sind, und in den Seitenflächen zumindest Öffnungen eines Kanals für eine Zuführung eines Brenngases, eines Kanals für eine Abführung von Abgasen sowie eine Zündung vorgesehen sind,
- einen im Aufnahmeraum aufgenommenen rotationssymmetrischen Rotor, wobei der Rotor Seitenflächen aufweist, die an den Seitenflächen des Aufnahmeraums anliegen, sowie eine die Seitenflächen des Rotors verbindende rotationssymmetrische Umfangsfläche, sowie eine zentral in den Seitenflächen angeordnete Rotorachse, die in den Achsaufnahmen des Motorblocks aufgenommen ist, wobei in dem Rotor zumindest ein Paar radial zur Rotorachse

gegenüberliegend angeordnete Kolbenbohrungen vorgesehen sind, die auf der Seite der rotationssymmetrischen Umfangsfläche eine Öffnung aufweisen und an dem der Öffnung entgegengesetzten Endbereich mit einem Kanal verbunden sind, der zu einer der Seitenflächen des Rotors führt und in einer in der Seitenfläche vorgesehenen Verbindungsöffnung mündet, wobei die Verbindungsöffnung so angeordnet ist, dass sie bei einer Rotation des Rotors mit den im Aufnahmeraum vorgesehenen Öffnungen des Kanals für die Zuführung des Brenngases, des Kanals für die Abführung der Abgase sowie der Zündung zur Deckung gelangt, und weiter in der Kolbenbohrung ein frei beweglicher Kolben vorgesehen ist, der mit einer Gleitfläche an der Kolbenbohrung anliegt und ausgebildet ist, in der Kolbenbohrung eine translatorische Bewegung auszuführen, wobei der Kolben ferner eine einem ersten Brennraum zugewandte Brennraumfläche und eine am der Brennraumfläche entgegengesetzten Ende des Kolbens angeordnete Abstützfläche aufweist, wobei der Kolben in einer Auswärtsposition mit einem Abschnitt aus der rotationssymmetrischen Umfangsfläche hervorsticht und sich mit der Abstützfläche auf der elliptischen Umlauffläche des Aufnahmeraums abstützt.

[0010] Der Monoblockrotationsmotor umfasst zunächst einen Motorblock. Dieser Motorblock ist aus einem geeigneten Material aufgebaut, das den auftretenden Kräften widerstehen kann und thermisch ausreichend widerstandsfähig ist. An sich können Materialien verwendet werden, wie sie aus dem Motorenbau bekannt sind, also Gussmaterialien, wie Eisen bzw. Stahl oder auch Aluminium. Es sind aber auch andere Materialien geeignet, wie beispielsweise keramische oder karbonkeramische Materialien.

[0011] Der Motorblock kann massiv ausgeführt werden. Es ist aber gemäß einer Ausführungsform auch möglich, den Motorblock in der Weise auszuführen, dass Hohlräume oder Ausnehmungen vorgesehen sind, sodass eine Material- bzw. Gewichtseinsparung verwirklicht werden kann.

[0012] Der Motorblock kann von Kühlleitungen durchzogen sein, um die bei der Verbrennung des Treibstoffs freiwerdende Wärme abzuführen. Ebenso können Schmiervorrichtungen zum Schmieren von Lagern und Kanäle zur Versorgung der Schmiervorrichtungen vorgesehen sein.

[0013] Erfindungsgemäß umfasst der Motorblock einen Aufnahmeraum für einen Rotor. Der Aufnahmeraum umfasst zwei auf gegenüberliegenden Seiten des Aufnahmeraums angeordnete Seitenflächen in deren Zentrum jeweils eine Aufnahme für eine Rotorachse des Rotors vorgesehen ist. Die Seitenflächen können plan ausgestaltet sein und parallel zueinander angeordnet sein. Es ist aber auch möglich, die Seitenflächen mit einer Krümmung zu versehen. Die Krümmung ist dann so ausgestaltet, dass sie rotationssymmetrisch zur Achsaufnahme verläuft, sodass eine Rotation des im Aufnahmeraum aufgenommenen Rotors möglich ist. Die Seitenflächen weisen einen elliptischen Umfang auf.

[0014] In den Seitenflächen sind ferner Öffnungen vorgesehen, in welche Kanäle münden, die zur Zuführung eines Brenngases bzw. zur Abführung eines nach der Verbrennung des Brenngases entstehenden Abgases dienen. Die Kanäle sind durch den Motorblock nach außen geführt und münden im Fall des Abgases in einen Auspuff, mit welchem das Abgas in die Umgebung abgegeben wird und im Fall des Brenngases zu einer Vorrichtung, in welcher das Brenngas bereitgestellt wird. Unter Brenngas wird eine gasförmige Mischung aus einem sauerstoffhaltigen Gas, beispielsweise Luft, und einem gasförmigen Brennstoff verstanden.

[0015] Eine Vorrichtung, in welcher das Brenngas bereitgestellt wird, kann beispielsweise eine Einspritzung sein, mit welcher flüssiger Brennstoff in einem Luftstrom fein verteilt wird, sodass eine rasche Verdampfung erfolgt und ein zündfähiges Brenngas erhalten wird. Es ist auch möglich einen Vergaser zu verwenden, in welchem die Vermischung von Luft und flüssigem Brennstoff erfolgt, sodass ein Brenngas erhalten wird. Wird ein gasförmiger Brennstoff verwendet, wie Erdgas oder Wasserstoffgas, wird der Brennstoff mit Luft vermischt. Dazu kann beispielsweise eine Wirbelkammer vorgesehen sein, in welcher der gasförmige Brennstoff und Luft verwirbelt werden.

[0016] Die Öffnungen für die Zuführung des Brenngases und die Abführung des Abgases können auf derselben Seitenfläche des Aufnahmeraums angeordnet sein. Es ist aber auch möglich jeweils eine der Öffnungen auf der einen Seitenfläche anzuordnen und die andere Öffnung auf der gegenüberliegenden Seitenfläche.

[0017] Ferner ist eine Zündung vorgesehen, mit welcher das Brenngas gezündet werden kann. Die Zündung ist in einer Ausnehmung des Motorblocks angeordnet, die mit der Seitenfläche abschließt und sich in den Motorblock hinein erstreckt.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Vorkammer vorgesehen sein, in welcher ein Injektor für die Zuführung des Brenngases und eine Zündung, beispielsweise in Form einer Zündkerze, vorgesehen ist. Die Zündung erfolgt dann in der Vorkammer und die Flammenfront breitet sich anschließend in den mit Brenngas gefüllten Brennraum aus.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können an einem Ende der Vorkammer düsenförmig ausgebildete Öffnungen vorgesehen sein, mit welchen fächerförmige Plasmastrahlen erzeugt werden können, die in einen Zündkanal münden, der mit dem Brennraum verbunden ist.

[0020] Öffnungen zur Zuführung des Brenngases sowie für die Abführung des Abgases, und Zündung sind vorzugsweise an den Spitzen eines rechtwinkligen Dreiecks angeordnet, wobei die Hypotenuse zwischen der Einlassöffnung und der Zündung verläuft und die Auslassöffnung an der Spitze des Dreiecks angeordnet ist.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform sind Einlass- und Auslassöffnungen sowie Zündung an den Ecken eines gleich-

schenkligen Dreiecks angeordnet, wobei die Grundseite zwischen Auslassöffnung und Einlassöffnung verläuft und die Zündung an der Spitze des Dreiecks angeordnet ist.

[0022] Die Öffnungen sind so angeordnet, dass sie bei einem Umlauf des Rotors mit den im Rotor für den Einlass des Brenngases bzw. den Auslass des Abgases bzw. der Zündung vorgesehenen Öffnungen zur Deckung gelangen.

[0023] Die beiden Seitenflächen des Aufnahmeraums werden durch eine Umlaufläche verbunden. Die Umlaufläche ist im Wesentlichen senkrecht zu den Seitenflächen angeordnet. Die Umlaufläche weist in einer Richtung parallel zu den Seitenflächen eine Krümmung auf, vorzugsweise die Krümmung einer Ellipse. Die Krümmung der Umlaufläche entspricht der Bewegung eines Kolbens, den dieser während eines Umlaufs des Rotors in der Kolbenbohrung ausführt.

[0024] Wie die Ellipse ist auch der Kreis als deren Sonderform vollkommen symmetrisch mit der Rotorachse im Schnittpunkt von Lang- und Kurzachse als Grundlage des vollkommenen Massenausgleichs in der Rotation.

[0025] Die Umlaufläche kann plan ausgeführt sein. Es ist nach einer Ausführungsform jedoch auch möglich, die Umlaufläche senkrecht zum Umfang der Umlaufläche mit einem Profil oder einer Krümmung auszubilden. Die Krümmung der Umlaufläche entspricht zumindest abschnittsweise dem Profil einer Kontaktfläche an einem Ende des Kolbens, der im Rotor angeordnet ist und eine translatorische Bewegung ausführt. Auf diese Weise kann eine Führung des Kolbens erreicht werden und Kräfte aufgefangen werden, die senkrecht zur Umlaufrichtung des Rotors auftreten können.

[0026] Die zwischen Kolbenende und Umlaufläche auftretende Gleitreibung kann gemäß einer Ausführungsform durch eine Lagerkugel am bzw. im Kolbenende durch verminderte Rollreibung ersetzt werden.

[0027] Der Aufnahmeraum kann an sich beliebig dimensioniert werden. Die Dimension ist bestimmt durch den Verwendungszweck des Monoblockrotationsmotors, also durch die Leistung, die durch den Monoblockrotationsmotor zur Verfügung gestellt werden soll.

[0028] Die zur Verfügung stehende Leistung wird unter anderem durch die Größe der Brennräume bzw. die Größe der Kolbenbohrungen, in denen die frei beweglichen Kolben aufgenommen sind, bestimmt.

[0029] Wird der Monoblockrotationsmotor beispielsweise für den Antrieb eines Personenkraftfahrzeugs eingesetzt, also z.B. einem Fahrzeug mit einer Masse von bis zu etwa 2 Tonnen, weist der Aufnahmeraum gemessen in Richtung der längeren Achse der Ellipse geeignet eine Länge im Bereich von 400 bis 450 mm, gemäß einer weiteren Ausführungsform im Bereich von 500 bis 550 mm und gemäß einer noch weiteren Ausführungsform eine Länge im Bereich von 600 bis 650 mm auf. Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist der Aufnahmeraum gemessen in Richtung der kürzeren Achse der Ellipse eine Ausdehnung im Bereich von 500 bis 550, gemäß einer weiteren Ausführungsform eine Ausdehnung im Bereich von 400 bis 450 mm und gemäß noch einer weiteren Ausführungsform eine Ausdehnung im Bereich von 300 bis 350 mm auf.

[0030] Die Differenz in der Ausdehnung in Richtung der längeren und der kürzeren Achse der Ellipse entspricht dabei dem Hub der im Rotor angeordneten frei beweglichen Kolben.

[0031] Die Ausdehnung des Aufnahmeraums in einer Richtung senkrecht zu den Seitenwänden, also in Richtung der Achse eines im Aufnahmeraum aufgenommenen Rotors, entspricht im Wesentlichen der Breite des Rotors. Gemäß einer Ausführungsform weist der Aufnahmeraum eine Ausdehnung in Richtung senkrecht zu den Seitenwänden im Bereich von 310 bis 360 mm, gemäß einer weiteren Ausführungsform im Bereich von 250 bis 300 mm, und gemäß noch einer weiteren Ausführungsform eine Ausdehnung im Bereich von 170 bis 220 mm auf.

[0032] Der Aufnahmeraum kann zur Außenseite des Motorblocks geöffnet sein, sodass ein Druckausgleich zwischen Aufnahmeraum und Umgebung ermöglicht ist. Auf diese Weise lässt sich ein Überdruck, der sich in einem abgeschlossenen Aufnahmeraum z.B. durch Temperaturänderungen aufbaut, leicht vermeiden. Dazu können entsprechende Bohrungen im Motorblock vorgesehen sein, die zu Ausgleichsbehältern führen oder mit der Umgebung in Verbindung stehen.

[0033] Eine besonders kleine, kompakte Ausführungsform des Motors kann gemäß einer Ausführungsform über eine Hydraulikpumpe mit einem hydrostatischen Speicher verbunden sein. Der hydrostatische Speicher kann wiederum mit einem Antriebs- und Bremssystem verbunden sein, das über hydraulische Radmotoren für den Antrieb verfügt. Im Bremsfall arbeiten die hydraulischen Radmotoren als Hydraulikpumpen, sodass nahezu die gesamte Bremsenergie im hydrostatischen Speicher rekuperiert werden kann. Der Motor kann dann mit konstanter Drehzahl und konstantem Drehmoment im Bestpunkt intermittierend ohne Lastwechsel arbeitend den hydrostatischen Speicher nach Bedarf wieder aufladen. Moderne Hydraulikmotoren erreichen Wirkungsgrade von 97 Prozent und lassen sich über Hydraulik-Transformatoren viel einfacher als Elektromotoren steuern bei gleichzeitig höherer Leistungsdichte, was den Einsatz als Radnabenmotoren an allen vier Rädern ermöglicht bei Verminderung der ungefederten Massen gegenüber einem herkömmlichen Bremssystem. Die kompakte, leichte Ausführung des Motors kann vorzugsweise mit einem Wasserstoff-Feststoff-Wechselspeicher kombiniert werden.

[0034] In dem Aufnahmeraum des Motorblocks ist ein Rotor aufgenommen, der im Aufnahmeraum eine Rotationsbewegung um seine Achse ausführen kann.

[0035] Der Rotor ist rotationssymmetrisch zu seiner Achse ausgeführt und weist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die Form einer Scheibe auf.

[0036] Der Rotor kann massiv ausgeführt sein, also durchgängig aus einem geeigneten Material aufgebaut sein. Geeignete Materialien sind aus dem Motorenbau bekannte Materialien, wie Stahl oder Aluminium. Geeignet sind wei-

terhin beispielsweise auch keramische Materialien, insbesondere solche keramischen Materialien, welche eine geringe thermische Ausdehnung aufweisen und karbonkeramische Materialien mit selbstschmierenden Eigenschaften für den Trockenlauf.

[0037] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Rotor zur Gewichtsersparnis aber auch in seinem Inneren Ausnehmungen, Bohrungen oder Hohlräume aufweisen.

[0038] Der Rotor ist so dimensioniert, dass er im Aufnahmeraum aufgenommen werden kann. Seine Breite, also die Ausdehnung in Richtung der Rotorachse, wird im Wesentlichen durch die Dimensionierung von Zylinderbohrungen bestimmt, die im Rotor eingebracht sind. Die Wandstärke der Zylinderbohrung wird dabei bevorzugt so gewählt, dass an der dünnsten Stelle eine ausreichende Stabilität gewährleistet ist, um die im Betrieb des Monoblockrotationsmotors auftretenden Kräfte aufnehmen zu können.

[0039] Ferner ist die Breite des Rotors so gewählt, dass der Rotor mit seinen Seitenflächen an den Seitenflächen des Aufnahmeraums anliegt. Zwischen den Seitenflächen des Rotors und den Seitenflächen des Aufnahmeraums kann ein Spalt vorgesehen sein, in welchen Schmier- oder Kühlmittel eingebracht werden kann.

[0040] Der Durchmesser des Rotors, also seine Ausdehnung senkrecht zur Rotorachse, wird kleiner gewählt als die kürzere Achse der Ellipse, welche die Krümmung der Umlaufläche des Aufnahmeraums im Motorblock beschreibt.

[0041] Gemäß einer Ausführungsform wird der Durchmesser des Rotors geringer gewählt als die kürzere Achse der Ellipse. Gemäß einer Ausführungsform ist der Durchmesser des Rotors um 5 bis 10 % geringer als die kürzere Achse der Ellipse, gemäß einer weiteren Ausführungsform um 7 bis 15 % kürzer als die kürzere Achse der Ellipse, und gemäß noch einer weiteren Ausführungsform um 8 bis 20 % kürzer als die kürzere Achse der Ellipse.

[0042] In den Kolbenbohrungen des Rotors sind Kolben aufgenommen, welche eine translatorische Bewegung ausführen, mit einem unteren Totpunkt, an dem der Kolben den kürzesten Abstand zur Rotorachse aufweist, und einem oberen Totpunkt, an dem der Kolben den größten Abstand zur Rotorachse aufweist.

[0043] Der Durchmesser des Rotors wird so gewählt, dass im oberen Totpunkt der Kolben sicher in der Kolbenbohrung geführt wird.

[0044] Die Seitenflächen des Rotors werden durch eine Umfangsfläche verbunden. Die Umfangsfläche entspricht dem Umfang des Rotors. Sie ist im Wesentlichen parallel zur Rotorachse angeordnet. Sie ist rotationssymmetrisch ausgebildet, sodass eine gleichmäßige Rotation des Rotors erreicht wird.

[0045] Im einfachsten Fall weist die Umfangsfläche in Rotationsrichtung eine kreisförmige Krümmung auf. Die Umfangsfläche kann aber in Rotationsrichtung auch ein Profil aufweisen, beispielsweise ein Wellenprofil.

[0046] Senkrecht zur Rotationsrichtung kann die Umfangsfläche im einfachsten Fall plan ausgebildet sein. Gemäß einer Ausführungsform kann die Umfangsfläche aber auch senkrecht zur Rotationsrichtung ein Profil aufweisen. Beispielsweise kann die Umfangsfläche senkrecht zur Rotationsrichtung eine Krümmung aufweisen, beispielsweise eine kreisförmige oder eine parabelförmige Krümmung.

[0047] Zentral in den Seitenflächen des Rotors ist eine Rotationsachse vorgesehen, die in den Achsaufnahmen des Motorblocks aufgenommen ist. Die Rotationsachse kann einstückig mit dem Rotor ausgebildet sein. Es ist aber gemäß einer Ausführungsform auch möglich, die Rotationsachse getrennt vom Rotor auszubilden und die Achse in eine entsprechende Aufnahmeöffnung des Rotors einzupassen.

[0048] Es können in der Achsaufnahme Lager vorgesehen sein, beispielsweise Rollen oder Kugellager, sodass der Rotor ohne wesentliche Reibung in der Achsaufnahme rotiert.

[0049] Der Rotor kann gleichmäßig rotieren und weist keine Unwucht auf.

[0050] Im Rotor ist zumindest ein Paar radial zur Rotorachse angeordnete Kolbenbohrungen vorgesehen.

[0051] Die Kolbenbohrungen liegen gemäß einer Ausführungsform auf einer gemeinsamen Achse, die senkrecht zur Rotationsachse durch den Mittelpunkt des Rotors verläuft. Entlang dieser Achse erfolgt dann auch die translatorische Bewegung der in den Kolbenbohrungen aufgenommenen frei beweglichen Kolben. Die Massenkräfte, die sich durch die Bewegung der Kolben in den Kolbenbohrungen ergeben, heben sich auf, wenn sich die Kolben jeweils gegensinnig bewegen. Dadurch wird eine hohe Laufruhe des Motors erreicht.

[0052] Gemäß einer Ausführungsform sind die Achsen der Kolbenbohrungen, entlang denen die translatorische Bewegung der Kolben erfolgt, relativ zu einer Achse, die senkrecht durch die Rotorachse verläuft und in der Rotationsebene des Rotors liegt, gekippt. Es ist nur ein kleiner Kippwinkel erforderlich. Der zwischen den beiden Achsen eingeschlossenen Kippwinkel wird gemäß einer Ausführungsform in einem Bereich von 0,1 bis 10°, gemäß einer weiteren Ausführungsform im Bereich von 0,5 bis 5, und gemäß noch einer weiteren Ausführungsform im Bereich von 1 bis 4° gewählt.

[0053] Die Kolbenbohrungen sind jeweils paarweise angeordnet, sodass sich eine geradzahlige Anzahl von Kolbenbohrungen ergibt.

[0054] Gemäß einer ersten Ausführungsform sind zwei Kolbenbohrungen vorgesehen. Die Kolbenbohrungen sind rotationssymmetrisch zueinander angeordnet.

[0055] Bei zwei Kolbenbohrungen haben also nach einer Drehung von 180° die Kolbenbohrungen ihre Plätze getauscht.

[0056] Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind 4 Kolbenbohrungen vorgesehen. Bei dieser Ausführungsform ist

eine Drehung des Rotors um einen Winkel von 90° erforderlich, um die Stellung der Kolbenbohrungen ineinander zu überführen. Sind im Rotor 6 Kolbenbohrungen vorgesehen, ist entsprechend eine Drehung des Rotors um jeweils einen Winkel von 60° erforderlich. Es ist auch möglich eine noch höhere Anzahl von Kolbenbohrungen vorzusehen, beispielsweise 8, 10, 12 oder 16 Kolbenbohrungen.

5 **[0057]** Eine Ausführung mit vier radialen Kolbenbohrungen halbiert den Abstand von Kolbenmitte zu Kolbenmitte. Dadurch kann die Laufruhe erhöht werden und der Verlauf der Drehmomentkurve wird noch gleichmäßiger. Dieser Effekt erhöht sich bei Verwendung einer noch höheren Anzahl von Kolbenbohrungen und sorgt für extreme Laufruhe.

[0058] Die Kolbenbohrungen können einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen. Es ist aber auch möglich, andere Querschnitte vorzusehen, beispielsweise einen ovalen Querschnitt oder einen ellipsoiden Querschnitt. Die Kolbenbohrungen weisen jeweils einen konstanten Querschnitt auf, sodass ein in der Kolbenbohrung aufgenommener Kolben frei beweglich eine translatorische Bewegung ausführen kann. An dem der Rotationsachse zugewandten Ende, das von der Bewegung des Kolbens ausgespart ist, kann sich der Querschnitt der Kolbenbohrung verändern und beispielsweise verjüngen. Ebenso kann sich die Kolbenbohrung an dem der Rotationsachse abgewandten Ende verjüngen.

10 **[0059]** Die Kolbenbohrungen weisen an dem der Rotationsachse abgewandten Ende, also auf der Seite der rotationssymmetrischen Umfangsfläche, eine Öffnung auf.

[0060] Gemäß einer Ausführungsform entspricht die Form der Öffnung dem Querschnitt des in der Kolbenbohrung aufgenommenen Kolbens. Der Kolben kann dadurch am oberen Totpunkt der translatorischen Bewegung, wenn der Kolben also den größten Abstand zur Rotationsachse des Rotors aufweist, über die Umfangsfläche des Rotors hinausragen.

20 **[0061]** Es ist aber auch möglich, die Öffnung kleiner als den Querschnitt des Kolbens vorzusehen. Dies ist beispielsweise vorteilhaft, wenn der Kolben an der der Rotationsachse des Rotors abgewandten Seite einen verjüngten Abschnitt aufweist, der durch die Öffnung geführt ist. Der Querschnitt der Öffnung entspricht dann vorteilhaft dem Querschnitt des verjüngten Abschnitts. Am Ende des verjüngten Abschnitts ist die Abstützfläche des Kolben angeordnet, mit welcher sich der Kolben auf der Umlaufläche des im Motorblock angeordneten Aufnahmeraums abstützt.

25 **[0062]** Ferner weist die Kolbenbohrung an einem der Rotationsachse zugewandten endständigen Abschnitt eine Öffnung auf, die zu einem Kanal führt, der eine Verbindung zu einer Öffnung in der Seitenfläche des Rotors herstellt.

[0063] Die in der Kolbenbohrung vorgesehene Öffnung ist so angeordnet, dass sie, wenn sich der in der Kolbenbohrung angeordnete Kolben an seinem unteren Totpunkt befindet, also den geringsten Abstand zur Rotationsachse aufweist, nicht vom Kolben verschlossen wird. Die Öffnung kann in der Seitenwand der Kolbenbohrung angeordnet sein oder in der endständigen Fläche der Kolbenbohrung, die auf der Seite der Rotationsachse angeordnet ist.

30 **[0064]** Die in der Seitenwand des Rotors angeordnete Verbindungsöffnung, die durch einen Kanal mit der Öffnung in der Wand der Kolbenbohrung verbunden ist, ist so positioniert, dass sie bei einer Rotation des Rotors mit den in der Seitenwand des Aufnahmeraums des Motorblocks vorgesehenen Öffnungen des Kanals für die Zuführung des Brenngases, des Kanals für die Abführung der Abgase sowie der Zündung zur Deckung gelangt.

35 **[0065]** Die Öffnung in der Seitenwand des Aufnahmeraums und die Öffnung im Rotor wirken daher als Drehschieber, der den Durchgang der Kanäle zu definierten Zeitpunkten des Arbeitstaktes, also während der Rotation des Rotors, freigibt. Zu diesen Zeitpunkten kann dann frisches Brenngas in den Brennraum einströmen, gezündet werden bzw. Abgas ausgestoßen werden.

[0066] Kommt die Öffnung in der Seitenfläche des Rotors mit der Zündung zur Deckung, wird das im Brennraum enthaltene verdichtete Brenngas entzündet. Die Zündung kann im Motorblock vorgesehen sein. Bei dieser Ausführungsform ist nur eine Zündvorrichtung bzw. Vorkammerzündung für alle Kolben erforderlich. Es ist aber auch möglich, eine Zündung im Rotor vorzusehen. In diesem Fall sind Kontakte auf der Seite des Motorblocks, also in der Seitenwand des Aufnahmeraums, sowie auf der Seite des Rotors vorgesehen, die während der Rotation des Rotors zur Deckung gelangen und so einen Kontakt zur Zündung im Rotor herstellen.

45 **[0067]** Der Monoblockrotationsmotor kann auch nach dem Prinzip eines Dieselmotors betrieben werden. In diesem Fall entfällt die Zündung bzw. die zur Zündung vorgesehenen Vorrichtungen.

[0068] In der im Rotor vorgesehenen Kolbenbohrung ist ein frei beweglicher Kolben angeordnet. Der Kolben liegt mit einer Kontaktfläche an der Wand der Kolbenbohrung an. Die Kontaktfläche wird durch die Umfangsfläche des Kolbens gebildet, mit welcher der Kolben an der Wand der Kolbenbohrung entlanggleitet. Der Spalt zwischen Kolbenbohrung und Kontaktfläche des Kolbens ist gasdicht ausgebildet. Dazu kann eine Dichtung vorgesehen sein. Diese kann den Kolben umfassen und dicht an der Wand der Kolbenbohrung entlang laufen. Alternativ kann der Spalt so schmal gewählt werden, dass eine Abdichtung erreicht wird.

50 **[0069]** Der Kolben weist eine Brennraumfläche auf, die einem Brennraum zugewandt ist. Die Brennraumfläche entspricht der Fläche des Kolbens, die der Rotorachse zugewandt ist. Der Brennraum wird von der Wand der Kolbenbohrung und der Brennraumfläche gebildet. In den Brennraum kann über die in der Kolbenbohrung vorgesehenen Öffnung Brenngas eingeführt bzw. Abgas aus dem Brennraum abgeführt werden kann.

55 **[0070]** Am der Brennraumfläche entgegengesetzten Ende des Kolbens ist eine Abstützfläche angeordnet. Mit der Abstützfläche kann sich der Kolben an der Umlaufläche des im Motorblock ausgebildeten Aufnahmeraums abstützen.

[0071] Da der Kolben in der Kolbenbohrung frei beweglich ist, kann er eine translatorische Bewegung ausführen. Dadurch verändert sich auch das Volumen des Brennraums.

[0072] Der Kolben wird durch die bei der Rotation des Rotors auftretenden Zentrifugalkräfte nach außen bewegt und legt sich mit seiner Abstützfläche an der Umlaufläche des Aufnahmeraums an. Die Abstützfläche des Kolbens kann eine kleinere Ausdehnung haben als der Querschnitt des Kolbens. Die Abstützfläche kann auch die Form einer Linie oder eines Punkts annehmen.

[0073] Durch die Rotation des Rotors wird die Abstützfläche des Kolbens entlang der Umlaufläche des Aufnahmeraums bewegt. Da die Umlaufläche eine elliptische Krümmung aufweist, sich der Abstand zwischen Rotorachse und Umlaufläche während der Rotation des Rotors also verändert, wird auch eine translatorische Bewegung des Kolbens in der Kolbenbohrung induziert. Dabei gelangt der Kolben an einen unteren Totpunkt, wenn der Rotor so steht, dass sich die Abstützfläche am Ort des geringsten Durchmessers der Ellipse aufhält. Die Brennfläche des Kolbens weist dann den geringsten Abstand zur Rotationsachse des Rotors auf und der Brennraum weist das geringste Volumen auf. Bewegt sich der Rotor weiter, folgt die Abstützfläche des frei beweglichen Kolbens der Krümmung der Umlaufläche des Aufnahmeraums im Motorblock. Der Abstand der Brennfläche des Kolbens von der Rotorachse nimmt zu. Damit nimmt auch das Volumen des Brennraums zu, bis der Rotor schließlich so steht, dass die Abstützfläche des Kolbens am Ort des größten Durchmessers der ellipsenförmigen Umlaufläche angelangt. Damit erreicht die Brennfläche den größten Abstand zur Rotationsachse und damit der Brennraum sein größtes Volumen und der Kolben seinen oberen Totpunkt. Rotiert der Rotor weiter, nimmt der Abstand zwischen Rotorachse und Abstützfläche des Kolbens, mit welcher dieser an der elliptischen Umlaufläche des Aufnahmeraums anliegt, wieder ab, bis wieder ein Minimum des Volumens des Brennraums am unteren Totpunkt des Kolbens erreicht wird, d.h. wenn die Abstützfläche des Kolbens am Ort des geringsten Durchmessers der Ellipse der Umlaufläche angelangt ist. Bei einer weiteren Drehung des Rotors vergrößert sich das Volumen des Brennraums wieder, bis der Kolben wieder seinen oberen Totpunkt erreicht, d.h. die Brennfläche wieder den größten Abstand zur Rotationsachse des Rotors und der Brennraum sein maximales Volumen erreicht.

[0074] Eine Rotation des Rotors kann also in vier Arbeitstakte zerlegt werden. Dabei erreicht der Brennraum in zwei Takten sein minimales Volumen und der Kolben gelangt an den unteren Totpunkt seiner translatorischen Bewegung und in zwei Takten erreicht der Brennraum sein maximales Volumen und der Kolben gelangt an den oberen Totpunkt seiner translatorischen Bewegung.

[0075] Der erste Arbeitstakt beginnt, wenn der Kolben seinen unteren Totpunkt erreicht. Die Abstützfläche befindet sich am Ort der Umlaufläche, an dem der Durchmesser der Ellipse ein Minimum aufweist. Am unteren Totpunkt dreht sich die Bewegungsrichtung des Kolbens in der Kolbenbohrung um. Bewegt sich der Rotor in Rotationsrichtung weiter, bewegt sich der Kolben getrieben von der Zentrifugalkraft nach außen von der Rotationsachse des Rotors weg. Dabei gelangt die in der Seitenfläche des Rotors vorgesehene Verbindungsöffnung des Kanals zum Brennraum zur Deckung mit der im Verbindungsraum vorgesehenen Öffnung des Kanals für eine Zuführung eines Brenngases. Damit kann Brenngas von außen in den Brennraum gelangen.

[0076] Durch die Bewegung des Kolbens vergrößert sich das Volumen des Brennraums und Brenngas strömt in den Brennraum. Das Brenngas kann aktiv in den Kolben eingebracht werden, beispielsweise indem das Brenngas bzw. Teile des Brenngases zuvor verdichtet werden, beispielsweise mittels eines Kompressors oder eines Turboladers, oder durch die Bewegung des Kolbens in den Brennraum gesaugt werden.

[0077] Hat sich der Rotor um 90° gedreht, erreicht die Abstützfläche des freibeweglichen Kolbens den maximalen Abstand von der Rotorachse. Die in der Seitenfläche des Rotors vorgesehene Verbindungsöffnung des Kanals zum Brennraum hat die im Verbindungsraum vorgesehenen Öffnung des Kanals für eine Zuführung eines Brenngases passiert und damit ist die Zuführung des Brenngases verschlossen. Der Brennraum ist nun nach außen hin abgedichtet. Es beginnt der zweite Arbeitstakt.

[0078] Dreht sich der Rotor weiter bleibt die in der Seitenfläche des Rotors vorgesehene Verbindungsöffnung des Kanals zum Brennraum verschlossen, während sich der Kolben in Richtung auf die Rotorachse zu bewegt. Das Volumen des Brennraums nimmt ab, bis Abstützfläche des Kolbens den Ort auf der elliptischen Bahn der Umlaufläche erreicht, an dem die Ellipse ihren geringsten Durchmesser aufweist. Der Brennraum weist nun das geringste Volumen auf und das Brenngas erreicht seine maximale Verdichtung. Der Rotor hat sich um weitere 90° gedreht. Es beginnt der dritte Arbeitstakt.

[0079] Die in der Seitenfläche des Rotors vorgesehene Verbindungsöffnung des Kanals zum Brennraum gelangt nun mit der im Motorblock vorgesehenen Zündung bzw. mit den entsprechenden Kontakten, falls die Zündvorrichtung im Rotor vorgesehen ist, zur Deckung. Es wird eine Zündung ausgelöst und das im Brennraum vorhandene Brenngas zur Explosion gebracht.

[0080] Durch die Explosion erhöht sich der Druck im Brennraum und der Kolben wird nach außen von der Rotorachse weg gepresst. Der Druck wird weitergegeben, sodass der Druck, den die Abstützfläche des Kolbens auf die elliptische Umlaufläche des Aufnahmeraums ausübt, steigt. Dadurch bewegt sich die Abstützfläche des Kolbens auf der elliptischen Umlaufläche des Aufnahmeraums in Richtung auf den Punkt, an dem die Ellipse einen maximalen Durchmesser aufweist. Da der Rotor eine träge Masse besitzt bewegt er sich über den unteren Totpunkt des Kolbens hinweg und wird be-

schleunigt. Diese Beschleunigung überträgt sich auf die Rotorachse und kann dort abgenommen werden.

[0081] Der Rotor rotiert um 90° weiter, bis die Abstützfläche des Rotors den Punkt auf der Umlaufläche des im Motorblock vorgesehenen Aufnahmeraums erreicht, an welchem die Ellipse den maximalen Durchmesser aufweist. Der Kolben gelangt an seinen oberen Totpunkt, an dem die Brennfläche ihren maximalen Abstand zur Rotorachse erreicht.

[0082] Dreht sich der Rotor in Rotationsrichtung weiter, bewegt sich die Abstützfläche des Kolbens auf der elliptischen Bahn der Umlaufläche des im Motorblock vorgesehenen Aufnahmeraums weiter. Da der Durchmesser der Ellipse abnimmt, wird der Kolben in der Kolbenbohrung in Richtung auf die Rotorachse bewegt und das Volumen des Brennraums nimmt ab.

[0083] Die in der Seitenfläche des Rotors vorgesehene Verbindungsöffnung des Kanals zum Brennraum gelangt nun mit der im Motorblock vorgesehenen Öffnung des Kanals für eine Abführung von Abgasen zur Deckung. Die Verbindung zwischen Brennraum und Kanal für eine Abführung von Abgasen wird freigegeben und das im Brennraum vorhandene Abgas kann ausgestoßen werden. Der Kolben erreicht schließlich den unteren Totpunkt, an dem die Brennfläche den geringsten Abstand zur Rotorachse und der Brennraum das geringste Volumen aufweist. Damit ist der vierte Arbeitstakt abgeschlossen. Der Rotor hat eine Rotation um 360° ausgeführt und gelangt damit wieder in die Ausgangsstellung. Es beginnt eine neue Arbeitsabfolge mit einem ersten Arbeitstakt.

[0084] Im Betrieb führen die im Rotor in den Kolbenbohrungen mitdrehenden Kolben durch die Führung der halbkugelförmigen Kolbenenden an der elliptischen Gehäuseinnenkontur paarweise gegenüberliegend gegenläufige Kolbenbewegungen aus. Dies sorgt in der Rotation dank der Symmetrie für einen vollkommenen automatischen Massenausgleich und eine hohe Laufruhe. Während einer Rotumdrehung durchlaufen alle Zylinder mit ihren Kolben nacheinander die vier Takte nach dem Prinzip des Ottomotors oder Dieselmotors. Dies geschieht in sequenzieller Reihenfolge nacheinander, d. h. in einer Konfiguration z. B. mit vier Zylindern im Monoblockrotor befindet sich jeder Zylinder mit seinem Kolben in einem anderen der vier Takte. Das bedeutet, dass innerhalb einer Rotumdrehung in diesem Fall auch vier Arbeitstakte stattfinden. Dazu werden nur eine Zündkerze im Zündkanal und ein Gasinjektor im Ansaugkanal bei externer Gemischaufbereitung benötigt. Auch eine Gasdirektinjektion für interne Gemischaufbereitung ist möglich mit einer gegenüberliegenden axialen Bohrung für jeden Zylinder für einen Gasdirektinjektor im Gasinjektorkanal auf der gegenüberliegenden Gehäusesseite.

[0085] In der einfachsten Ausführungsform sind im Rotor zwei Kolbenbohrungen vorgesehen. Diese können durch eine Drehung des Rotors um einen Winkel von 180° ineinander überführt werden. Die Kolben des Paares bewegen sich jeweils gleichförmig auf die Rotorachse zu bzw. von dieser weg. Dadurch werden Massenkräfte, die durch die Bewegung der Kolben erzeugt werden, aufgehoben. Der Motor hat dadurch eine sehr hohe Laufruhe.

[0086] Es ist aber auch möglich, mehr als ein Paar gegenüberliegend angeordneter Kolbenbohrungen im Rotor vorzusehen.

[0087] Gemäß einer Ausführungsform sind im Rotor 4 Kolbenbohrungen vorgesehen, in welchen jeweils frei bewegliche Kolben aufgenommen sind. Die Kolbenbohrungen sind gemäß einer Ausführungsform in Form eines Kreuzes angeordnet, d.h. benachbarte Kolbenbohrungen können durch eine Drehung des Rotors um einen Winkel von 90° ineinander überführt werden.

[0088] Der Motorblock kann wie oben beschrieben ausgeführt werden und benötigt keine weiteren Kanäle für die Zuführung des Brenngases, die Abführung des Abgases bzw. die Zündung.

[0089] Am Rotor ist jeweils für jede Bohrung ein Kanal vorgesehen, der in einer auf der Seitenfläche des Rotors angeordneten Verbindungsöffnung mündet.

[0090] Es ist aber auch möglich, 3, 4 oder auch mehr Paare von Kolbenbohrungen vorzusehen. Die Kolbenbohrungen sind sternförmig im Rotor angeordnet. Die Kolbenbohrungen sind rotationssymmetrisch zueinander angeordnet.

[0091] Die Kolbenbohrungen weisen bevorzugt einen kreisförmigen Querschnitt auf. Es ist aber auch möglich, andere Querschnitte zu verwirklichen, beispielsweise einen ovalen Querschnitt.

[0092] Die Brennraumfläche des in der Kolbenbohrung aufgenommenen frei beweglichen Kolbens kann plan ausgeführt sein. Es ist aber auch möglich, die Brennraumfläche gewölbt auszuführen oder erhabene Strukturen auf der Brennraumfläche vorzusehen, beispielsweise um eine bestimmte Bewegung des Brenngases im Brennraum zu induzieren.

[0093] Wie oben beschrieben, wird die Befüllung des Brennraums mit Brenngas bzw. die Abführung des Abgases aus dem Brennraum über eine Drehschiebersteuerung gesteuert, indem die im Rotor vorgesehene Verbindungsöffnung an den in den Seitenflächen des Aufnahmeraums vorgesehenen Öffnungen des Kanals für die Zuführung des Brenngases und/oder des Kanals für die Abführung des Abgases vorbeigeführt wird und dadurch die Verbindung zum Brennraum hergestellt wird.

[0094] Das gilt auch für den Zündkanal, in den die aktive Vorkammerzündung mit den ggf. an ihrem Ende über Düsenöffnungen aufgefächerten Plasmastrahlen, die lateral weit in den Brennraum hineinreichen, um möglichst viele Cluster gleichzeitig zu zünden, um insbesondere für den Betrieb mit Wasserstoffgas sich dem Ideal der Gleichraumverbrennung anzunähern.

[0095] Gemäß einer Ausführungsform sind die Öffnungen in der Seitenwand des Aufnahmeraums bzw. die Verbin-

dungsöffnung in der Seitenfläche des Rotors kreisförmig ausgeführt.

[0096] Es ist jedoch auch möglich, die Öffnungen in einer anderen Gestalt auszuführen. Beispielsweise können die Öffnungen mit einem rechteckigen oder ovalen Umfang auszuführen.

[0097] Gemäß einer Ausführungsform sind die in den Seitenflächen des Aufnahmeraums des Motorblocks vorgesehenen Öffnungen des Kanals für die Zuführung des Brenngases und/oder des Kanals für die Abführung des Abgases als bogenförmige Langlöcher ausgebildet.

[0098] Gemäß einer Ausführungsform ist die Krümmung der Langlöcher kreisförmig ausgeführt. Auf diese Weise folgt die im Rotor vorgesehene Öffnung der Gestalt des Langlochs in der Seitenwand des Aufnahmeraums.

[0099] Es ist jedoch auch möglich, die Verbindungsöffnung des Rotors als bogenförmiges Langloch auszubilden. Auf diese Weise steht ebenfalls pro Umdrehung eine längere Zeitspanne für die Zu- bzw. Abführung des Brenngases bzw. des Abgases zur Verfügung.

[0100] Der frei bewegliche Kolben kann so ausgestaltet sein, dass die Abstützfläche als Gleitfläche ausgebildet ist, die auf der Umlaufläche des Aufnahmeraums entlanggleitet.

[0101] Die Reibung zwischen Abstützfläche und Umlaufläche kann verringert werden, indem an der Seite der Abstützfläche des Kolbens eine Aufnahme für einen Rotationskörper vorgesehen ist, in welchem ein Rotationskörper aufgenommen ist und sich der Kolben über den Rotationskörper an der Umlaufläche des Aufnahmeraums im Motorblock abstützt.

[0102] Der Rotationskörper rollt dann auf der Umlaufläche des Aufnahmeraums entlang.

[0103] Der Rotationskörper kann eine Rolle oder eine Kugel sein.

[0104] Die Kugelform erlaubt auch die Kolbenbewegung um dessen Längsachse und damit ein "Einlaufen" des frei beweglichen Kolbens.

[0105] Die Achse des Rollkörpers, um welche er sich bei einer Fortbewegung auf der Umlaufläche des Aufnahmeraums fortbewegt, kann auf der Längsachse des Kolbens liegen. Längsachse des Kolbens und Rotationsachse des Rotationskörpers schneiden sich dann also.

[0106] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Rotationsachse des Rotationskörpers in Richtung der Rotation des Rotors gesehen, auch vor oder hinter der Längsachse des Kolbens angeordnet sein.

[0107] Der Kolben ist in der Kolbenbohrung frei beweglich und wird durch die Fliehkraft des rotierenden Rotors bzw. durch den im Brennraum entstehenden Druck gegen die elliptische Umlaufläche des Aufnahmeraums gepresst.

[0108] Gemäß einer Ausführungsform ist die Längsachse der frei beweglichen Kolben, entlang der die translatorische Bewegung der Kolben erfolgt, relativ zur Normalen der Umlaufläche des Aufnahmeraums des Motorblocks gekippt.

[0109] Wird die Abstützfläche des Kolbens durch den bei der Verbrennung des Brenngases im Brennraum entwickelten Druck auf die Umlaufläche des im Motorblock vorgesehenen Aufnahmeraums gepresst, wird eine Kraftkomponente tangential zur Umlaufläche des Aufnahmeraums erhalten. Diese setzt den Rotor in Rotationsbewegung.

[0110] Es ist nur ein kleiner Kippwinkel nötig, um auch durch Platzierung und Lagerung z. B. der Kugel als Rollkörper am Kolbenende die Rotationsbewegung des Rotors in Drehrichtung zu unterstützen.

[0111] Der Kippwinkel zur Normalen der Umlaufläche wird gemäß einer Ausführungsform in einem Bereich von 0,1 bis 10°, gemäß einer weiteren Ausführungsform im Bereich von 0,5 bis 5, und gemäß noch einer weiteren Ausführungsform im Bereich von 1 bis 4° gewählt.

[0112] Für die Zündung des Brenngases können Zündkerzen verwendet werden, wie sie aus bisher üblichen Otto-Motoren bekannt sind. Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Zündung als Plasmazündung ausgebildet.

[0113] Dabei werden Kerzen mit integriertem kapazitivem Subsystem eingesetzt, um nach dem Erreichen der Überschlagnspannung mit dem Zündfunken dank der gespeicherten Energie zusätzlich einen Plasmapulspuls von vorzugsweise zwei bis drei Nanosekunden mit vorzugsweise etwa fünf Megawatt auszulösen. Besonders vorteilhaft kann die Zündung auch als bereits bekannte reine Plasmazündung praktisch verschleißfrei erfolgen. Mit den weiten Zündgrenzen kann dieser Motor mager und ungedrosselt betrieben werden.

[0114] Die im Motorblock angeordnete Zündung kann gemäß einer Ausführungsform einen Zündkanal umfassen, in welcher die Zündung angeordnet ist. Gemäß einer Ausführungsform ist die Zündung als aktive Vorkammerplasmazündung ausgelegt. Gemäß einer Ausführungsform ist die Zündung mit einer kapazitiven Plasmapulspulsszündkerze bzw. mit einer in miniaturisierter Mikrowellentechnik ausgelegten Plasmazündkerze ausgestattet, die am Ende der Vorkammer den Plasmastrahl strahlenförmig aufgefächert tief in den Brennraum schickt. Auf diese Weise kann im Magerbetrieb eine vollständige gleichraumähnliche Verbrennung erreicht werden.

[0115] In der Vorkammer sind gemäß einer Ausführungsform Zündung, beispielsweise eine Zündkerze, und Gasinjektor für die geringe Gasmenge der Vorkammerzündung dicht nebeneinander in der Vorkammer angeordnet.

[0116] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Motorblock und der Rotor zumindest abschnittsweise aus einem diamantähnlichen Kohlenstoffmaterial aufgebaut, wobei zumindest die Flächen des Aufnahmeraums, des Rotors und der Kolben, die an einer anderen Fläche anliegen, aus dem diamantähnlichen Kohlenstoffmaterial gebildet sind.

[0117] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Rotor und/oder der Motorblock aus dem diamantähnlichen

Kohlenstoffmaterial aufgebaut.

[0118] Das bevorzugt verwendete diamantähnliche Kohlenstoffmaterial wird auch als "isostatischer Graphit" bezeichnet.

[0119] Isostatischer Graphit ist ein feinkörniger Graphit für spezifische Anwendungsgebiete, in denen die mechanischen Eigenschaften anderer Feinkorngraphite nicht ausreichen.

[0120] Die Bezeichnung "Isostatischer Graphit" steht für isostatisch geformten Graphit. Das bedeutet, dass das Rohmaterialgemisch in einer so genannten kaltisostatischen Presse (Cold-Isostatic-Press, CIP) zu rechteckigen oder runden Blöcken verdichtet wird.

[0121] Verglichen mit anderen Techniken kann mit dieser Technologie die isotropste Form von synthetischem Graphit hergestellt werden. Zudem weisen isostatische Graphite im Allgemeinen die kleinsten Korngrößen aller künstlichen Graphite auf.

[0122] Die Produktion von isostatischem Graphit begann in den 1960er Jahren. Dieser isostatische Graphit ist beispielsweise aus Anwendungen der nuklearen und metallurgischen Industrie bekannt.

[0123] Typische Eigenschaften von isostatischem Graphit:

- Extrem hohe thermische und chemische Beständigkeit
- Hervorragende Temperaturwechselbeständigkeit
- Hohe elektrische Leitfähigkeit
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Zunehmende Festigkeit bei steigender Temperatur
- Leicht zu bearbeiten
- In sehr hoher Reinheit < 5 ppm herstellbar

[0124] Ein derartiges Material wird beispielsweise von SGL Carbon unter der Bezeichnung SIGRAFINE® angeboten.

[0125] Die Dichte von isostatischem Graphit liegt vorzugsweise im Bereich von 1,7 bis 1,86 kg/m³.

[0126] Isostatischer Graphit weist ein charakteristisches Erscheinungsbild auf. Dies lässt sich z. B. mit Hilfe der Auflichtmikroskopie feststellen

[0127] Isostatischer Graphit weist eine sehr hohe Wärmebeständigkeit auf und kann stark thermisch belastet werden. Ferner dehnt er sich beim Erwärmen praktisch nicht aus. So benötigen Flächen aus isostatischem Graphit, die aneinander vorbeigleiten, keine Schmierung und keine Kühlung.

[0128] Bestehen sowohl die Wände der Kolbenbohrungen als auch die Anlageflächen der Kolben an den Kolbenbohrungen aus isostatischem Graphit, können die Kolben vorteilhaft ohne Kolbenringe oder Ölabstreifringe ausgeführt werden.

[0129] Gemäß einer Ausführungsform sind Monoblockrotor und Kolben schmierungslos ausgebildet

[0130] Der Monoblockrotationsmotor kann auch als doppelt wirkender Heißgasmotor nach dem Stirling-Prinzip analog der Anordnung von Sir William Siemens betrieben werden. Dazu werden doppeltwirkende Kolben jeweils mit Kolbenstangen versehen, die abgedichtet aus dem Monoblockrotor radial herausragen und dank der elliptischen Gehäuseinnenkontur geführt werden. Weitere axiale Bohrungen in die Zylinder sorgen in Umfangnähe des Rotors für die Gasführung auch an der Unterseite der doppeltwirkenden Kolben im Zusammenwirken mit den entsprechenden zusätzlichen Ein- und Auslasskanälen mit den taschenförmigen Ausnehmungen in der Gehäuseabdeckung. Die Kolbenunterseiten arbeiten stets mit dem kühlen Gas, was die Abdichtung der aus dem Rotor herausführenden Kolbenstangen erleichtert. In der bewährten Drehschiebersteuerung ist nun jede Kolbenunterseite über Kühler, Regenerator und Erhitzer auf der Gehäuseabdeckung mit der Kolbenoberseite seines Nachbarzylinders verbunden. Damit ergibt sich mit vier Zylindern mit 90 Grad Abstand von Zylindermitte zu Zylindermitte ein perfektes Zusammenspiel, wobei der gemeinsame Erhitzer auf der Gehäuseoberseite mit grünem Wasserstoff und / oder sehr vorteilhaft direkt solarthermisch betrieben werden kann.

[0131] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist dazu vorgesehen, dass der Kolben auf der Seite der Abstützfläche sich zu einem Verlängerungsabschnitt verjüngt, welcher gasdicht durch die Umfangsfläche des Rotors geführt ist und der sich mit seinem Ende an der elliptischen Umlaufläche des Aufnahme Raums des Motorblocks abstützt.

[0132] Insbesondere ist vorgesehen, dass auf der Seite des Verlängerungsabschnitts ein zweiter Brennraum, also ein Expansions- und Kompressionsraum, in der Kolbenbohrung ausgebildet ist und der zweite Brennraum, also der Expansions- und Kompressionsraum, mit einem Transferkanal verbunden ist, der vorzugsweise mit Kühler bzw. Erhitzer bzw. Regenerator verbunden ist, um die Gaswechsel vorzunehmen, wobei vorteilhaft eine gemeinsame Wärmequelle in Form eines Porenbrenners eingesetzt werden kann.

[0133] Der Monoblockrotationsmotor eignet sich dank seiner kompakten Leichtbauweise, der Laufruhe, dem leisen Betrieb und dem hohen Wirkungsgrad hervorragend für den Einsatz in Straßenfahrzeugen. Die robuste und trotzdem kompakte Bauweise des Monoblockrotationsmotors bietet sich aber auch als kostengünstige Alternative zur Brennstoffzellenheizung und für die Kraftwärmekopplung in Midi-, Mini- und Micro-Blockheizkraftwerken an. Der vorteilhafte Einsatz

additiver Fertigungsmethoden und die endformkonforme Produktion wie das Pressed-to-Size-Verfahren (PTS) der wenigen beweglichen Motorkomponenten führen bereits bei relativ niedrigen Stückzahlen zu großen Kostenvorteilen. Damit ist es möglich, mit dem Monoblockrotationsmotor Mini- und Micro-Blockheizkraftwerke zu realisieren, die mit Gasbrennwertheizungen konkurrieren und diese schon kurz- bis mittelfristig ersetzen können mit stetig wachsendem Anteil an grünem Wasserstoff im bestehenden Erdgasnetz für den Betrieb.

[0134] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist daher ein Verfahren zur Bereitstellung einer Rotationsbewegung, wobei ein Monoblockrotationsmotor wie er oben beschrieben wurde, bereitgestellt wird, ein Brenngas in den Brennraum des Monoblockrotationsmotors eingebracht und zur Explosion gebracht wird.

[0135] Besonders bevorzugt enthält der Brennstoff Wasserstoffgas.

[0136] Besonders vorteilhaft ist es, wenn reiner Sauerstoff für die Verbrennung des Kraftstoffs eingesetzt wird. Dazu können mit dem Motor verbundene bereits bekannte MIEC-Membranen ("Mixed Ionic Electronic Conductor") vorgesehen werden, die eine selektive Trennung von Sauerstoff aus der Luft ermöglichen. Damit entsteht bei der Verbrennung nur reiner Wasserdampf als Abgas. Darüber hinaus steht immer genügend Sauerstoff für die Verbrennung zur Verfügung. Der Wasserstoff-Monoblockrotationsmotor ist damit der klimaneutrale Verbrennungsmotor.

[0137] Der Wasserstoffmotor fügt sich fast perfekt in bestehende Strukturen ein und ersetzt Diesel und Benzin. Während Batterien und Brennstoffzellen nach einigen Jahren zunehmend verschleifen, kann der H₂-Motor über Jahrzehnte zuverlässig seinen Dienst tun. Staub, Temperaturschwankungen und harter Alltagsbetrieb können ihm nichts anhaben. All das dürfte für die meisten Anwendungsfälle den Ausschlag für den H₂-Motor geben, der zudem bei hoher Last bereits den Wirkungsgrad der mobilen Brennstoffzelle erreicht und sogar übertrifft.

[0138] Ist der Monoblockrotationsmotor in isostatischem Graphit ausgeführt, kann die Betriebstemperatur schnell erreicht werden.

[0139] Durch die sequentielle Abfolge aller Takte in den Kolbenbohrungen mit ihren Kolben kann gemäß einer Ausführungsform vorteilhaft nach jedem Auspufftakt eine Wasserinjektion in jeden Zylinder erfolgen, die sich sogleich in Dampf umwandelt, der arbeitend expandiert und die Kolben und den Monoblockrotor bewegt. Das Wasserkondensat aus der Wasserstoffverbrennung und der Wasserinjektion kann vorteilhaft wieder verwendet werden.

[0140] Die Wasserinjektion sorgt auch dafür, dass durch diese "innere Kühlung" hot spots vermieden werden, an denen sich bei Einsatz von Wasserstoffgas dieses selbst entzünden könnte.

[0141] Ein Sensor zur innermotorischen Temperaturüberwachung kann vorteilhaft mit der Wasserinjektion gekoppelt werden, um die Temperatur unter der relativ hohen Wasserstoffzündtemperatur zu halten.

[0142] Eine gemäß einer Ausführungsform vorgesehene Wärmeisolierung des Motorgehäuses kann sehr vorteilhaft sein, um die Wärmeverluste nach außen zu minimieren und die Effizienz weiter zu steigern.

[0143] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann, insbesondere wenn eine vollständige Wärmeisolierung des Motorgehäuses vorgesehen ist, noch ein zweiter Monoblockrotationsmotor mit der Welle des ersten als reiner Expansionsmotor so gekoppelt werden, dass der Abgaskanal des ersten Motors mit dem Einlasskanal des zweiten Motors verbunden wird zur zusätzlichen Expansion und zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads.

[0144] Sehr vorteilhaft kann damit erstmals ein thermisch isolierter multipler Expansionsmotor ("TIME Engine") realisiert werden.

[0145] Die Erfindung betrifft daher auch eine Antriebseinheit umfassend zwei gekoppelte Monoblockrotationsmotoren, wie sie oben beschrieben wurden. Dabei ist ein erster Monoblockrotationsmotor als Hochdruckrotationsmotor ausgebildet und ein zweiter Monoblockrotationsmotor als Niederdruckrotationsmotor. Der Hochdruckmotor ist als Monoblockrotationsmotor ausgebildet, wie er oben beschrieben worden ist.

[0146] Der Niederdruckrotationsmotor ist als reiner Expansionsmotor ausgebildet.

[0147] Der Niederdruckrotationsmotor ist im Wesentlichen baugleich mit dem Hochdruckrotationsmotor. Dem Niederdruckmotor wird jedoch kein Brenngas zugeführt sondern lediglich das Abgas, welches im ersten Monoblockrotationsmotor erzeugt wurde, und welches noch unter einem gewissen Restdruck steht. Dieser Restdruck des Abgases wird im zweiten Monoblockrotationsmotor genutzt, um die im Abgas enthaltene Energie in eine Rotation des Rotors des zweiten Monoblockrotationsmotors umzuwandeln. Der zweite Monoblockrotationsmotor benötigt daher an sich keine Zündung und keine Brenngaszuführung.

[0148] Erster und zweiter Monoblockrotationsmotor sind über eine gemeinsame Antriebswelle verbunden. Die Dimensionierung der Expansionsräume des zweiten Monoblockrotationsmotors ergibt sich aus der Abgasmenge des ersten Monoblockrotationsmotors sowie dem Restdruck des Abgases.

[0149] Die Abgasabführung des ersten Monoblockrotationsmotors ist dazu mit einer Gaszuführung des zweiten

[0150] Monoblockrotationsmotors verbunden, sodass das Abgas des ersten Monoblockrotationsmotors in als reine Expansionsräume ausgebildete Brennräume des zweiten Monoblockrotationsmotors eingeleitet wird.

[0151] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist zumindest der erste Monoblockrotationsmotor mit einer Wärmeisolierung versehen, sodass die im Monoblockrotationsmotor erzeugte Wärme in erster Linie im Abgas verbleibt und für eine Erhöhung des Restdrucks des Abgases genutzt werden kann.

[0152] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1: eine schematische dreidimensionale Darstellung eines Rotors des Monoblockrotationsmotors;
- Fig. 2: eine schematische dreidimensionale Darstellung eines Rotors des Monoblockrotationsmotors mit eingesetzten Kolben;
- Fig. 3: eine schematische Darstellung eines Schnitts durch den Motorblock des Monoblockrotationsmotors mit eingesetztem Rotor;
- Fig. 4: eine schematische Darstellung eines Schnitts durch den Motorblock des Monoblockrotationsmotors mit eingesetztem Rotor, wobei Teile der Seitenwand des Motorblocks mit Zu- und Ableitung sowie Zündung dargestellt sind;
- Fig. 5: eine schematische perspektivische Darstellung des Motorblocks des Monoblockrotationsmotors mit eingesetztem Rotor und Teilen der Seitenwand des Motorblocks mit Zu- und Ableitung sowie Zündung in teilweiser Explosionsdarstellung;
- Fig. 6: eine schematische Darstellung eines Schnitts durch einen Rotor des Monoblockrotationsmotors mit vier Kolben, wobei die Achse eines Kolbens verkippt ist;
- Fig. 7: eine schematische Darstellung eines Schnitts durch einen Rotor des Monoblockrotationsmotors mit sechs Kolben, wobei die Achse eines Kolbens verkippt ist;
- Fig. 8: eine schematische Darstellung eines Schnitts durch eine Vorkammerzündungsvorrichtung
- Fig. 9: eine schematische Darstellung einer Ausführungsform als Stirlingmotor;
- Fig. 10: eine schematische Darstellung des Prozesses zur Herstellung von isostatischem Graphit.

[0153] Fig. 1 zeigt einen scheibenförmigen Rotor 1 mit kreisrundem Umfang. Der Rotor weist eine Umfangsfläche 2 sowie Seitenflächen 3 auf. In die Umfangsfläche 2 sind kreisrunde Öffnungen 4 von Kolbenbohrungen 5 eingebracht. Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform sind 4 Kolbenbohrungen vorgesehen, wovon in Fig. 1 zwei Öffnungen sichtbar sind.

[0154] In den Seitenflächen 3 sind vier Öffnungen 6 vorgesehen, die zu einem Kanal führen, der mit den Kolbenbohrungen 5 verbunden ist. Zentral in der Seitenfläche 3 ist eine Rotorachse 7 vorgesehen, um welcher sich Rotor 1 drehen kann.

[0155] Fig. 2 zeigt den Rotor aus Fig. 1, wobei jedoch Kolben 8 in die Kolbenbohrungen 5 eingesetzt sind. Die Kolben 8 haben einen kreisförmigen Querschnitt und sind passgenau in die Kolbenbohrungen 8 eingepasst. Die Kolben 5 gleiten mit den Gleitflächen 9 an der Wand der Kolbenbohrung 5 entlang. Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform können die Kolben 8 über die Umfangsfläche 2 des Rotors 1 hinausragen. An der Stirnseite der Kolben 9 sind Abstützflächen 10 angeordnet.

[0156] Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch den Motorblock 11. Im Motorblock 11 ist ein Aufnahmeraum 12 angeordnet, der von einer ellipsenförmigen Umlaufläche 13 begrenzt wird.

[0157] Im Aufnahmeraum 12 ist zentral ein Rotor 1 angeordnet. Rotor 1 hat einen kreisförmigen Querschnitt und wird von Umfangsfläche 2 begrenzt. Rotor 1 rotiert im Aufnahmeraum 12 um seine Rotorachse 7. In dem Rotor 1 sind 4 Kolbenbohrungen 5 vorgesehen, deren Längsachsen jeweils paarweise einen Winkel von 180° einschließen. Aus den Kolbenbohrungen 5 führen Kanäle zu den Seitenflächen des Rotors 1 und münden dort in Öffnungen 6. In den Kolbenbohrungen 5 sind jeweils frei bewegliche Kolben 8 eingesetzt, die in den Kolbenbohrungen 5 eine translatorische Bewegung ausführen können. Die frei beweglichen Kolben 8 liegen jeweils zur äußeren, der Rotorachse 7 abgewandten Seite mit ihren Abstützflächen 14 an der Umlaufläche 13 des Aufnahmeraums 12 an. Am der Abstützfläche entgegengesetzten Ende des Kolbens 8 ist jeweils eine Brennfläche 15 angeordnet, die mit der Kolbenbohrung 5 einen Brennraum 16 ausbildet.

[0158] Die vier Kolben 8a, 8b, 8c und 8d befinden sich jeweils in verschiedenen Arbeitstakten. Für die weitere Beschreibung wird angenommen, dass Rotor 1 im Uhrzeigersinn rotiert.

[0159] Kolben 8a befindet sich am Beginn des ersten Arbeitstaktes. Der Kolben 8a liegt mit seiner Abstützfläche 10 an der Umlaufläche 13 des Aufnahmeraums 12 an, welcher im Motorblock 11 vorgesehen ist. Die Brennfläche 15 weist den geringsten Abstand zur Rotorachse 7 auf und das Volumen des Brennraums 16 weist ein Minimum auf. Die Öffnung 6 ist so angeordnet, dass sie mit dem im Motorblock 11 vorgesehenen Kanal zur Zuführung des Brenngases (nicht dargestellt) kommuniziert.

[0160] Dreht sich der Rotor 1 im Uhrzeigersinn, d.h. in der Darstellung der Fig. 3 nach rechts, wird der Kolben 8 in der Kolbenbohrung 5 durch die Zentrifugalkraft nach außen, d.h. von der Rotorachse 7 wegbewegt und legt sich mit seiner Abstützfläche 10 an der Umlaufläche 13 an und gleitet an dieser entlang. Da sich der Abstand zwischen Rotorachse 7 und Umlaufläche 13 vergrößert, führt der Kolben 8 eine translatorische Bewegung aus, die von der Rotorachse 7 weg gerichtet ist. Damit vergrößert sich auch das Volumen des Brennraums 16 und es wird durch Öffnung 6 und den

7 weg gerichtet ist. Damit vergrößert sich auch das Volumen des Brennraums 16 und es wird durch Öffnung 6 und den daran anschließenden Kanal (nicht dargestellt) Brenngas in den Brennraum 16 eingesaugt.

[0161] Kolben 8b zeigt die Stellung, in der Kolben 8b mit seiner Brennfläche 15 den maximalen Abstand zur Rotorachse 7 erreicht hat bzw. der Brennraum 16 sein maximales Volumen aufweist.

[0162] Die Öffnung 6 des im Inneren des Rotors 1 verlaufenden Kanals zum Brennraum 16 hat die im Aufnahmeaum (nicht dargestellt) vorgesehene Öffnung zur Zuführung von Brenngas (nicht dargestellt) passiert und die Öffnung 6 liegt an der Seitenwand des Aufnahmeaums (nicht dargestellt) an und ist verschlossen. Bewegt sich der Rotor weiter in Uhrzeigersinn, Gleitet die Öffnung 6 weiter an der Seitenwand des Aufnahmeaums weiter und bleibt verschlossen. Der Kolben 8 gleitet weiter mit seiner Abstützfläche 10 an der Umlaufläche 13 des Aufnahmeaums im Motorblock entlang. Dadurch bewegt sich Kolben 8 in Richtung auf die Rotorachse 7 zu und das Volumen des Brennraums 16 verringert sich, d.h. das im Brennraum 16 enthaltene Brenngas wird verdichtet. Durch den im Brennraum 16 zunehmenden Druck wird die Abstützfläche 10 fester gegen die Umlaufläche 13 gepresst, bis der Kolben schließlich die Stellung des Kolbens 8c erreicht.

[0163] In der Stellung des Kolbens 8c hat der Kolben und damit auch die Brennfläche 15 wieder den geringsten Abstand zur Rotorachse 7 erreicht. Das Volumen des Brennraums 16 erreicht ein Minimum und das im Brennraum 16 enthaltene Brenngas ist am höchsten verdichtet. Die Öffnung 6 des zum Brennraum 16 führenden Kanals gleitet an der Seitenfläche des im Motorblock 11 angeordneten Aufnahmeaums entlang, sodass der Brennraum 16 abgeschlossen verbleibt.

[0164] Bei der weiteren Rotation im Uhrzeigersinn gelangt Öffnung 6 mit der im Motorblock 11 angeordneten Zündung (nicht dargestellt) zur Deckung und das im Brennraum 16 enthaltene Gemisch wird gezündet und zur Explosion gebracht. Dadurch steigt der Druck im Brennraum 16 stark an und der Kolben 8 wird mit seiner Abstützfläche 10 gegen die Umlaufläche 13 gepresst. Durch die tangential zur Umlaufläche verlaufende Komponente der Kraft, wird der Rotor im Uhrzeigersinn beschleunigt und bewegt sich in eine Stellung, die durch den Kolben 8d wiedergegeben ist.

[0165] In der durch Kolben 8d wiedergegebenen Stellung erreicht die Brennfläche 15 wieder ihren größten Abstand zur Rotorachse 7 und der Brennraum 16 erreicht sein maximales Volumen. Die Öffnung 6 des im Inneren des Kolbens 8 verlaufenden Kanals (nicht dargestellt) zum Brennraum 16 ist verschlossen.

[0166] Rotiert der Rotor 1 weiter im Uhrzeigersinn, gelangt Öffnung 6 mit der in der Seitenfläche des Aufnahmeaums 12 angeordneten Öffnung (nicht dargestellt) des Abgaskanals zur Deckung und es wird eine Verbindung zwischen Brennraum 16 und Umgebung hergestellt.

[0167] Der Kolben 8 liegt mit seiner Abstützfläche 10 an der Umlaufläche 13 des Aufnahmeaums 12 an. Da sich der Abstand zwischen Umlaufläche 13 und Rotorachse 7 verringert, wird der Kolben 8 in Richtung auf die Rotorachse 7 bewegt und das bei der Verbrennung des Brenngases entstandene Abgas ausgestoßen, bis der Rotor schließlich wieder eine Position erreicht, die der Ausgangsposition entspricht und in welcher der Kolben die durch 8a gekennzeichnete Stellung einnimmt. Die Öffnung 6 hat sich an der in der Seitenwand des Aufnahmeaums 12 vorgesehenen Öffnung für die Abgasabführung vorbeibewegt und wird wieder durch die Seitenwand des Aufnahmeaums 12 verschlossen.

[0168] In Fig. 4 ist ein Ausschnitt der Seitenwand des Aufnahmeaums 12 gezeigt, der von einer Seitenplatte 17 gebildet wird. In der Seitenplatte 17 sind zwei bogenförmige Langlöcher 18, 19 vorgesehen, wobei Langloch 18 in eine im Motorblock angeordnete Brenngaszuführung 20 und Langloch 19 in eine im Motorblock angeordnete Abgasabführung 21 mündet. Ferner ist eine Öffnung 22 für eine Zündung vorgesehen.

[0169] Die Langlöcher 18, 19 sind so angeordnet, dass sie während eines Umlaufs des Rotors 1 mit den Öffnungen 6 (nicht dargestellt) des Rotors 1 zur Deckung gelangen und eine Verbindung zwischen Brenngaszuführung 20, Zündöffnung 22 bzw. Abgasabführung 21 und Brennraum 16 hergestellt wird.

[0170] Langloch 18 ist dabei so angeordnet, dass es das Segment der Seitenfläche zwischen den Stellungen 8a und 8b des Kolbens 8 überspannt. Langloch 19 ist so angeordnet, dass es das Segment zwischen den Stellungen 8d und 8a überspannt und Zündöffnung 22 ist so angeordnet, dass es in Stellung 8c des Kolbens 8 mit Öffnung 6 des Rotors zur Deckung gelangt. Auf diese Weise wird über den gesamten Kolbenhub Brenngas angesaugt bzw. Abgas ausgestoßen. Die Zündung des Brenngases erfolgt an dem Punkt der Kolbenbewegung, wenn das Brenngas die höchste Verdichtung aufweist.

[0171] Fig. 5 zeigt eine perspektivische Darstellung des Monoblockrotationsmotors, wobei die Teile des Motors in teilweiser Explosionsdarstellung wiedergegeben sind.

[0172] Ein Rotor 1 ist in einen Aufnahmeaum 12 des Motorblocks 11 eingesetzt. Zur besseren Erkennbarkeit ist der Rotor 1 etwas angehoben und ragt daher über die Fläche des Motorblocks 11 hinaus, die mit dem Abschluss des Aufnahmeaums fluchtet. Um die Rotorachse 7 sind vier Öffnungen 6 angeordnet, die mit den im Rotor angeordneten Kolbenbohrungen kommunizieren. Um die Rotorachse 7 bzw. die Rotorachsenaufnahme (nicht dargestellt) im Motorblock

1 (nicht dargestellt) sind Kanäle für die Brenngaszuführung 20, die Abgasabführung 21 sowie eine Zündkammer 22 angeordnet, über welche wie oben beschrieben das Brenngas in den Brennraum zugeführt, das Abgas aus dem Brennraum abgeführt bzw. das verdichtete Brenngas gezündet wird.

[0173] Die Figuren 6 und 7 zeigen jeweils einen Schnitt durch Rotoren 1, wie sie im erfindungsgemäßen Monoblockrotationsmotor eingesetzt werden.

[0174] Bei der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform ist ein Rotor 1 dargestellt, in welchem vier Kolbenbohrungen 5 vorgesehen sind. Die Kolbenbohrungen 5 sind rotationssymmetrisch zur Rotorachse 7 angeordnet. Bei drei der Kolbenbohrungen 5a bis 5c fällt die Kolbenlängsachse 37 mit der Normalen 36 der Umlaufläche zusammen. Sind Kolben (nicht dargestellt) in den Kolbenbohrungen 5 eingesetzt, bewegen sich diese bei der translatorischen Bewegung sternförmig von der Rotorachse 7 weg bzw. auf diese zu.

[0175] Die Kolbenbohrung 5d ist beispielhaft so angeordnet, dass die Kolbenlängsachse 37 relativ zur Normalen 36 der Umlaufläche verkippt ist und mit dieser einen Winkel einschließt.

[0176] Bei der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform ist ein Rotor 1 dargestellt, in welchem sechs Kolbenbohrungen 5a bis 5f vorgesehen sind. Die Kolbenbohrungen 5 sind rotationssymmetrisch zur Rotorachse 7 angeordnet. Bei fünf der Kolbenbohrungen 5a bis 5e fällt die Kolbenlängsachse 37 mit der Normalen 36 der Umlaufläche zusammen. Sind Kolben (nicht dargestellt) in den Kolbenbohrungen 5 eingesetzt, bewegen sich diese bei der translatorischen Bewegung sternförmig von der Rotorachse 7 weg bzw. auf diese zu.

[0177] Die Kolbenbohrung 5f ist beispielhaft so angeordnet, dass die Kolbenlängsachse 37 relativ zur Normalen 36 der Umlaufläche verkippt ist und mit dieser einen Winkel einschließt.

[0178] Fig. 8 zeigt schematisch einen Schnitt durch eine Vorkammerzündung, wie sie beim erfindungsgemäßen Monoblockrotationsmotor eingesetzt werden kann. Dazu ist eine Vorkammer 38 vorgesehen, die mit dem Brennraum (nicht dargestellt) über einen Kanal verbunden werden kann. Die Vorkammer 38 mündet dazu in einer Öffnung, über welche die Vorkammer mit dem im Rotor ausgebildeten Brennraum verbunden werden kann. In die Vorkammer 38 mündet die Düse einer Eindüsvorrichtung 39, über welche eine kleine Menge an Brennstoff, beispielsweise Wasserstoffgas, in die Vorkammer 38 eingedüst werden kann. Die Menge des eingedüsten Brennstoffs kann beispielsweise über ein Piezoelement gesteuert werden. Neben der Düse der Einspritzvorrichtung ist die Funkenstrecke einer Zündkerze 40 angeordnet, mit welcher das in die Vorkammer eingedüste brennfähige Gemisch gezündet werden kann. Es entsteht eine Flammenfront, die sich in den Brennraum fortbewegt.

[0179] Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform des Monoblockrotationsmotors als Stirlingmotor mit Erhitzer mit großen Heizrippen, Regenerator als dunkler Mittelteil und Kühler mit kleinen Kühlrippen.

[0180] Fig. 10 zeigt den Herstellprozess für isostatischen Graphit, aus welchem Rotor, Kolbenbohrungen, Kolben und Motorblock bevorzugt aufgebaut sind.

[0181] Die Herstellprozesse für synthetischen Graphit sind vergleichbar mit dem von keramischen Materialien. Die festen Rohstoffe Koks 24 und Graphit 25 werden in einem Mahlwerk 26 gemahlen und in Mischaggregaten 27 mit kohlenstoffhaltigen Bindemitteln 28 wie z. B. Pechen zu einer homogenen Masse vermischt. Daran schließt sich die Formgebung an. Hierfür stehen unterschiedliche Verfahren 29 zur Verfügung: isostatisches Pressen, Strangpressen, Vibrationsverdichten oder Gesenkpressen.

[0182] Die gepressten "grünen" Formkörper werden im Anschluss unter Sauerstoffausschluss bei etwa 1000°C in einem Brennofen 30 bei 800 bis 1200°C carbonisiert und wiederholt mit Pech in einer Imprägniervorrichtung 31 imprägniert. Bei diesem Prozess bilden sich Bindemittelbrücken zwischen den Feststoffpartikeln. Die Graphitierung - der zweite thermische Verarbeitungsschritt - erfolgt in einem Graphitierofen 32. Dabei wird der amorphe Kohlenstoff bei etwa 3.000 °C in dreidimensional geordneten Graphit umgewandelt.

[0183] Danach erfolgt die mechanische Bearbeitung 33 der graphitierten Formkörper zu komplexen Bauteilen. Optional können diese durch weitere Reinigungsprozesse 34 und Beschichtungsschritte 35 wie z. B. durch eine Siliziumkarbid (SiC)-Beschichtung zusätzlich veredelt werden.

Bezugszeichen

1	Rotor	30	Ofen
2	Umfangsfläche	31	Imprägniervorrichtung
3	Seitenfläche	32	Graphitierofen
4	Öffnung	33	Mechanische
5	Kolbenbohrung		Bearbeitung
6	Öffnungen	34	Reinigung
7	Rotorachse	35	SiC-Beschichtung
8	Kolben	36	Normale der
9	Gleitflächen		Umlaufläche

(fortgesetzt)

	10	Abstützfläche	37	Kolbenlängsachse
	11	Motorblock	38	Vorkammer
5	12	Aufnahmeraum	39	Eindüsvorrichtung
	13	Umlaufläche	40	Zündkerze
	14	Abstützfläche		
	15	Brennfläche		
10	16	Brennraum		
	17	Seitenplatte		
	18	Langloch		
		Brenngaszuführung		
	19	Langloch		
15		Abgasabführung		
	20	Brenngaszuführung		
	21	Abgasabführung		
	22	Zündungsöffnung		
20	23	Zündkammer		
	24	Koks		
	25	Graphit		
	26	Mahlwerk		
	27	Mischaggregat		
25	28	Pech		
	29	Pressen		

Patentansprüche

30

1. Monoblockrotationsmotor umfassend:

35

- einen Motorblock (11) mit einem Aufnahmeraum (12) für einen Rotor (1), wobei der Aufnahmeraum (12) zwei spiegelsymmetrisch zueinander angeordnete Seitenflächen und eine die beiden Seitenflächen verbindende Umlaufläche (13) hat, wobei die Umlaufläche (13) in einer Richtung parallel zu den Seitenflächen eine elliptische Krümmung aufweist, mit einer langen Ellipsenachse und einer senkrecht dazu verlaufenden kurzen Ellipsenachse, welche die lange Ellipsenachse an einem Kreuzungspunkt kreuzt, und ferner in den Seitenflächen zentral am Kreuzungspunkt der Ellipsenachsen angeordnete Achsaufnahmen vorgesehen sind, und in den Seitenflächen zumindest Öffnungen eines Kanals (20) für eine Zuführung eines Brenngases, eines Kanals (21) für eine Abführung von Abgasen sowie eine Zündung (22) vorgesehen sind,

40

- einen im Aufnahmeraum aufgenommenen rotationssymmetrischen Rotor (1), wobei der Rotor Seitenflächen (3) aufweist, die an den Seitenflächen des Aufnahmeraums (12) anliegen, sowie eine die Seitenflächen (3) des Rotors (1) verbindende rotationssymmetrische Umfangsfläche (2), sowie eine zentral in den Seitenflächen (3) angeordnete Rotorachse (7), die in den Achsaufnahmen des Motorblocks (11) aufgenommen ist, wobei in dem Rotor (1) zumindest ein Paar radial zur Rotorachse (7) gegenüberliegend angeordnete Kolbenbohrungen (5) vorgesehen sind, die auf der Seite der rotationssymmetrischen Umfangsfläche (2) eine Öffnung (4) aufweisen und an dem der Öffnung entgegengesetzten Endbereich mit einem Kanal verbunden sind, der zu einer der Seitenflächen (3) des Rotors (1) führt und in einer in der Seitenfläche (3) vorgesehenen Verbindungsöffnung (6) mündet, wobei die Verbindungsöffnung (6) so angeordnet ist, dass sie bei einer Rotation des Rotors (1) mit den im Aufnahmeraum vorgesehenen Öffnungen des Kanals (20) für die Zuführung des Brenngases, des Kanals (21) für die Abführung der Abgase sowie der Zündung (22) zur Deckung gelangt, und weiter in der Kolbenbohrung (5) ein frei beweglicher Kolben (8) vorgesehen ist, der mit einer Gleitfläche (9) an der Kolbenbohrung (5) anliegt und ausgebildet ist, in der Kolbenbohrung (5) eine translatorische Bewegung auszuführen, wobei der Kolben (8) ferner eine einem ersten Brennraum (16) zugewandte Brennraumfläche (15) und eine am der Brennraumfläche (15) entgegengesetzten Ende des Kolbens (8) angeordnete Abstützfläche (10) aufweist, wobei der Kolben (8) in einer Auswärtssposition mit einem Abschnitt aus der rotationssymmetrischen Umfangsfläche (2) hervorsteht und sich mit der Abstützfläche (10) auf der elliptischen Umlaufläche (13) des Aufnahmeraums (12) abstützt.

55

2. Monoblockrotationsmotor nach Anspruch 1, wobei der Rotor (1) zwei Paare von Kolbenbohrungen (5) aufweist, und die Kolbenbohrungen (5) kreuzweise um die Achse (7) des Rotors (1) angeordnet sind.
3. Monoblockrotationsmotor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die in den Seitenflächen des Aufnahmeraums des Motorblocks (11) vorgesehenen Öffnungen des Kanals (20) für die Zuführung des Brenngases und/oder des Kanals (21) für die Abführung des Abgases als bogenförmige Langlöcher (18, 19) ausgebildet sind.
4. Monoblockrotationsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbindungsöffnung des Rotors (1) als bogenförmiges Langloch ausgebildet ist.
5. Monoblockrotationsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an der Seite der Abstützfläche (10) des Kolbens (8) eine Aufnahme für einen Rotationskörper vorgesehen ist, in welchem ein Rotationskörper aufgenommen ist und sich der Kolben (8) über den Rotationskörper an der Umlaufläche (13) des Aufnahmeraums (12) im Motorblock (11) abstützt.
6. Monoblockrotationsmotor nach Anspruch 5, wobei der Rotationskörper eine Rolle oder eine Kugel ist.
7. Monoblockrotationsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Zündung als Plasmazündung ausgebildet ist.
8. Monoblockrotationsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Motorblock (11) und der Rotor (1) zumindest abschnittsweise aus einem diamantähnlichen Kohlenstoffmaterial aufgebaut sind, wobei zumindest die Flächen des Aufnahmeraums, des Rotors (1) und der Kolben (8), die an einer anderen Fläche anliegen, aus dem diamantähnlichen Kohlenstoffmaterial gebildet sind.
9. Monoblockrotationsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Monoblockrotor (1) und die Kolben (8) schmierungslos ausgebildet sind.
10. Monoblockrotationsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kolben (8) auf der Seite der Abstützfläche (10) sich zu einem Verlängerungsabschnitt verjüngt, welcher gasdicht durch die Umfangsfläche (2) des Rotors (1) geführt ist und der sich mit seinem Ende an der elliptischen Umlaufläche (13) des Aufnahmeraums (12) des Motorblocks (11) abstützt.
11. Monoblockrotationsmotor nach Anspruch 9, wobei auf der Seite des Verlängerungsabschnitts ein zweiter Brennraum in der Kolbenbohrung ausgebildet ist und der zweite Brennraum mit einem Transferkanal verbunden ist.
12. Antriebseinheit umfassend zwei gekoppelte Monoblockrotationsmotoren, wobei ein erster Monoblockrotationsmotor als Hochdruckrotationsmotor ausgebildet ist und ein zweiter Monoblockrotationsmotor als Niederdruckrotationsmotor ausgebildet ist, wobei der Hochdruckrotationsmotor als Monoblockrotationsmotor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist, und der Niederdruckrotationsmotor als reiner Expansionsmotor ausgebildet ist, wobei erster und zweiter Monoblockrotationsmotor über eine gemeinsame Antriebswelle verbunden sind und ferner die Abgasabführung des ersten Monoblockrotationsmotors mit einer Gaszuführung des zweiten Monoblockrotationsmotors verbunden ist, sodass das Abgas des ersten Monoblockrotationsmotors in als reine Expansionsräume ausgebildete Brennräume des zweiten Monoblockrotationsmotors eingeleitet wird.
13. Antriebseinheit nach Anspruch 12, wobei zumindest der erste Monoblockrotationsmotor thermisch gekapselt ist.
14. Verfahren zur Bereitstellung einer Rotationsbewegung, wobei ein Monoblockrotationsmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 13 bereitgestellt wird, ein Brenngas in den Brennraum des Monoblockrotationsmotors eingebracht und zur Explosion gebracht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Brennstoff Wasserstoffgas enthält.

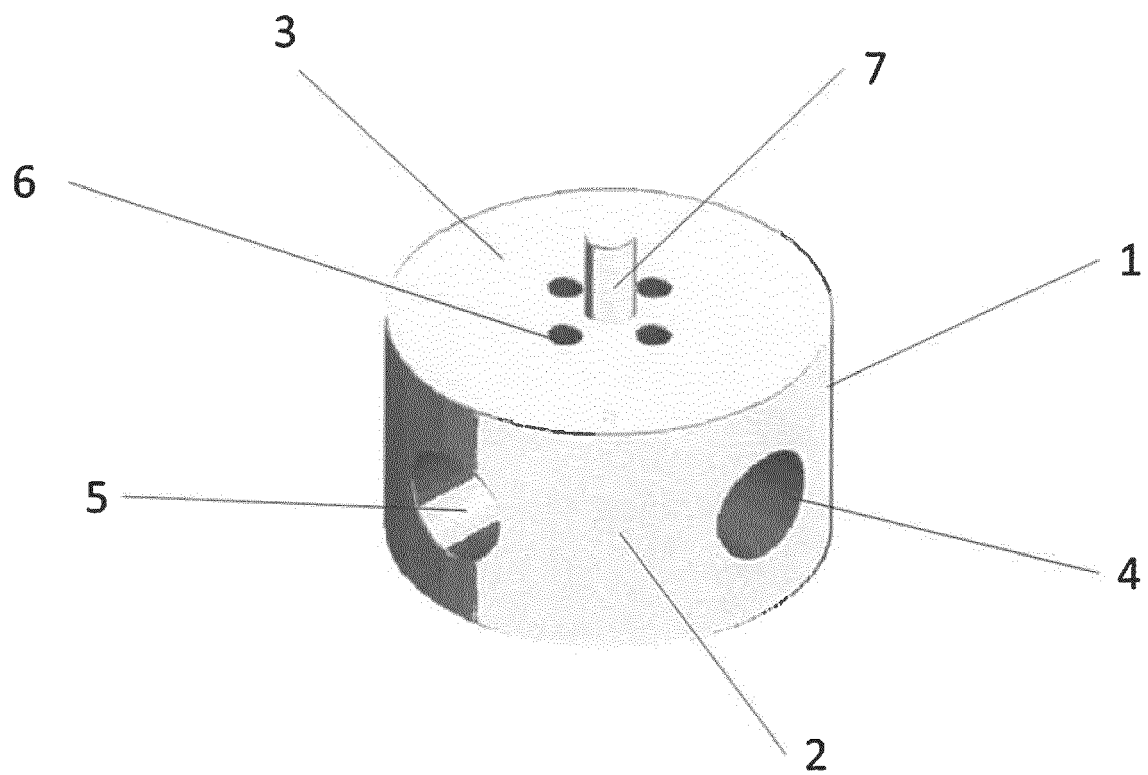


Fig. 1

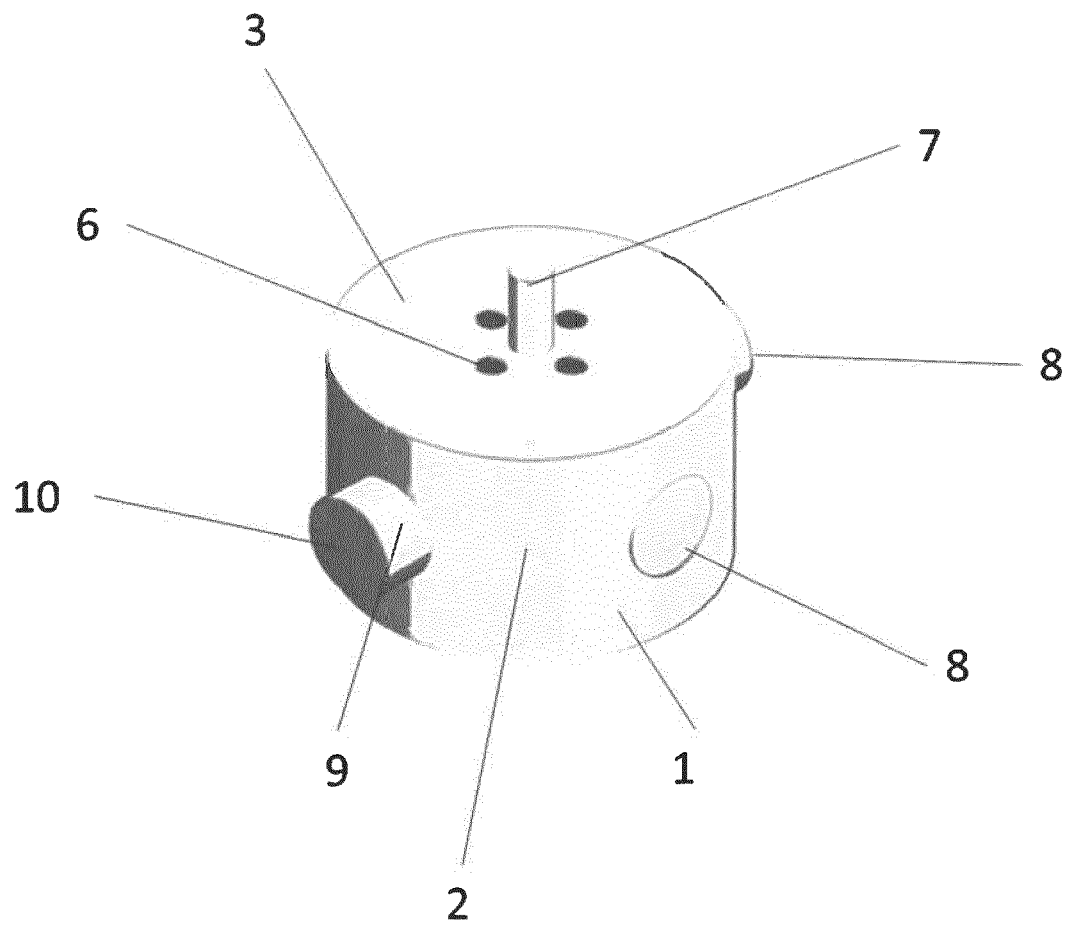


Fig. 2

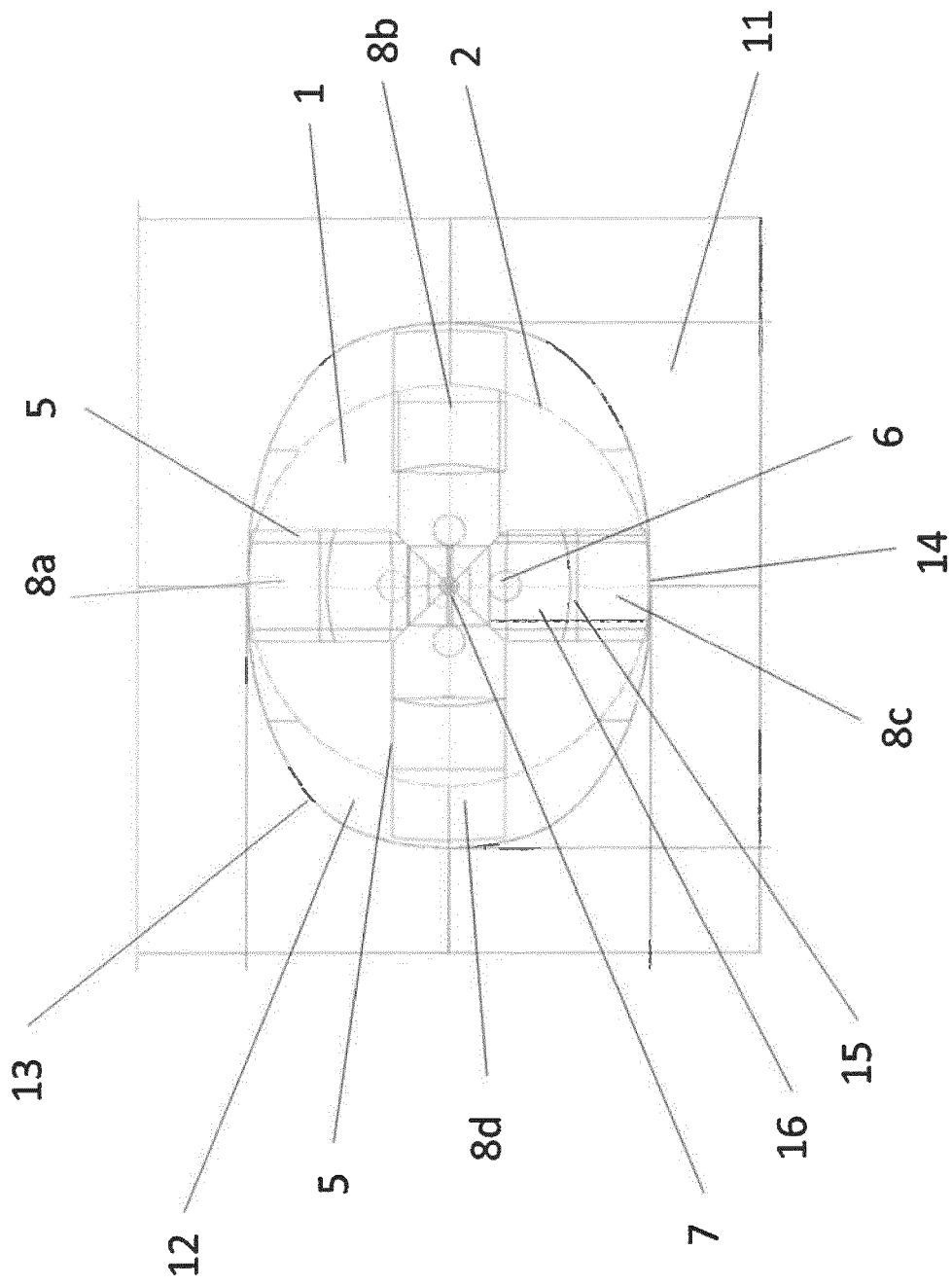


Fig. 3

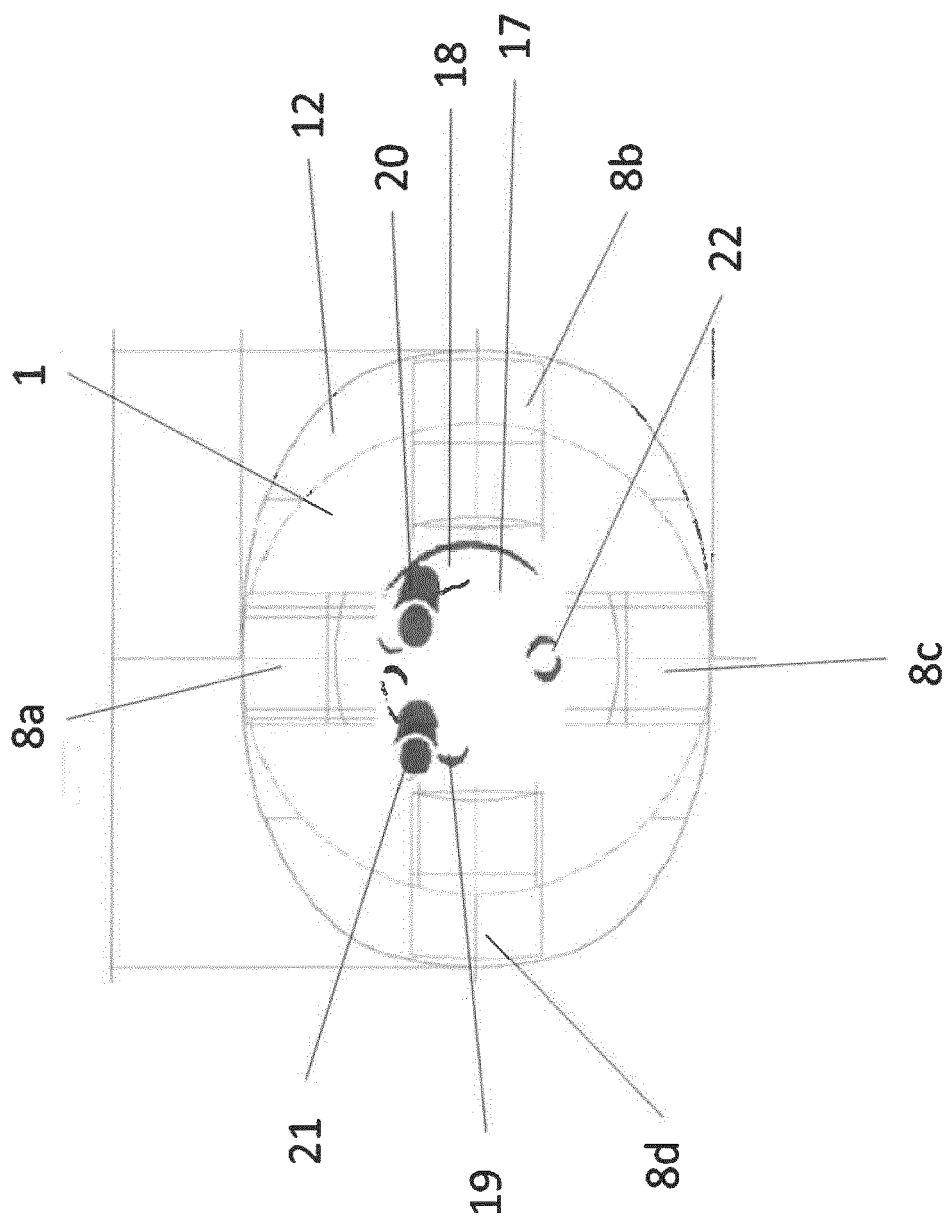


Fig. 4

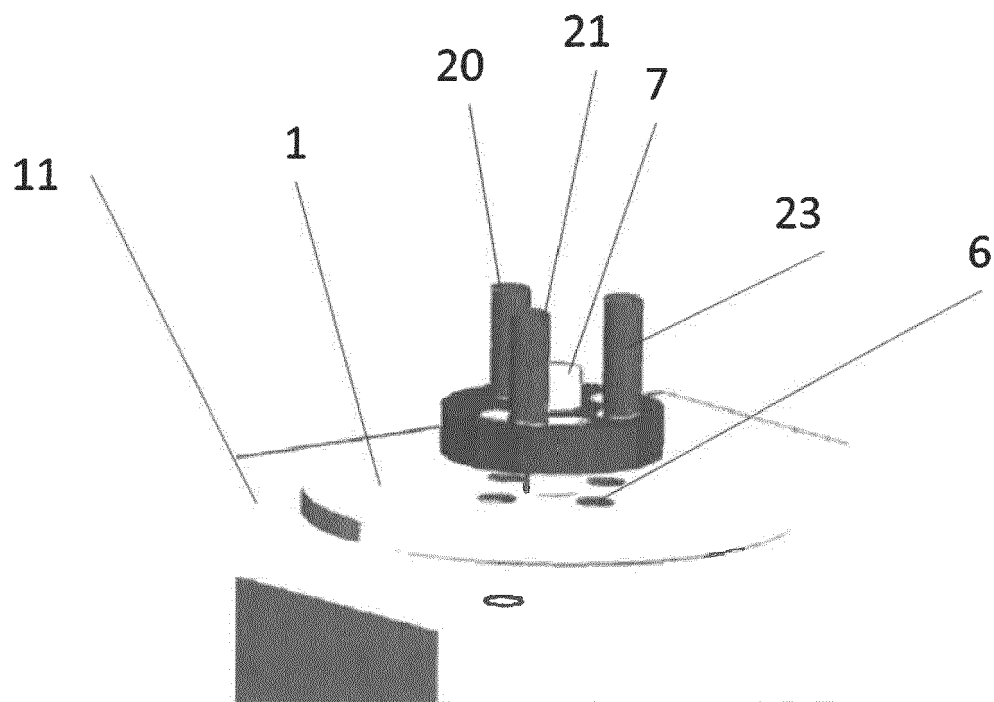


Fig. 5

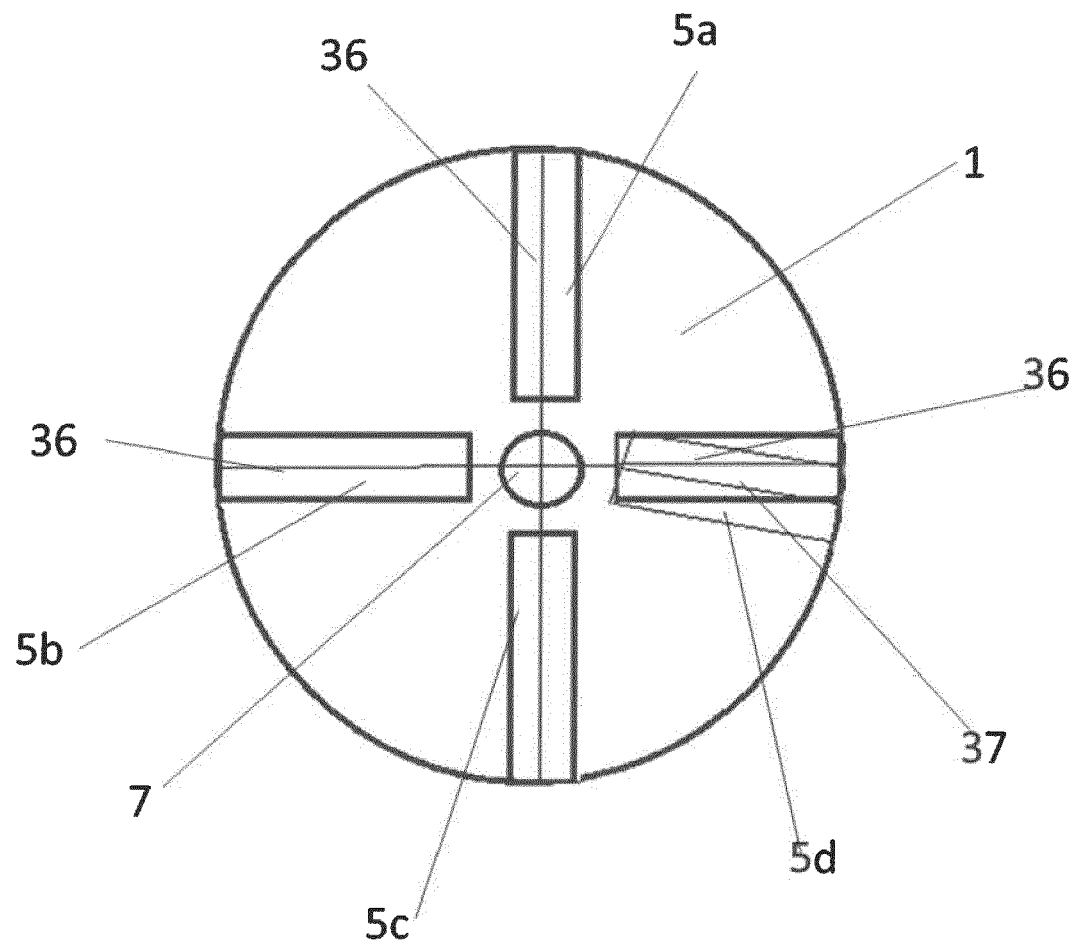


Fig. 6

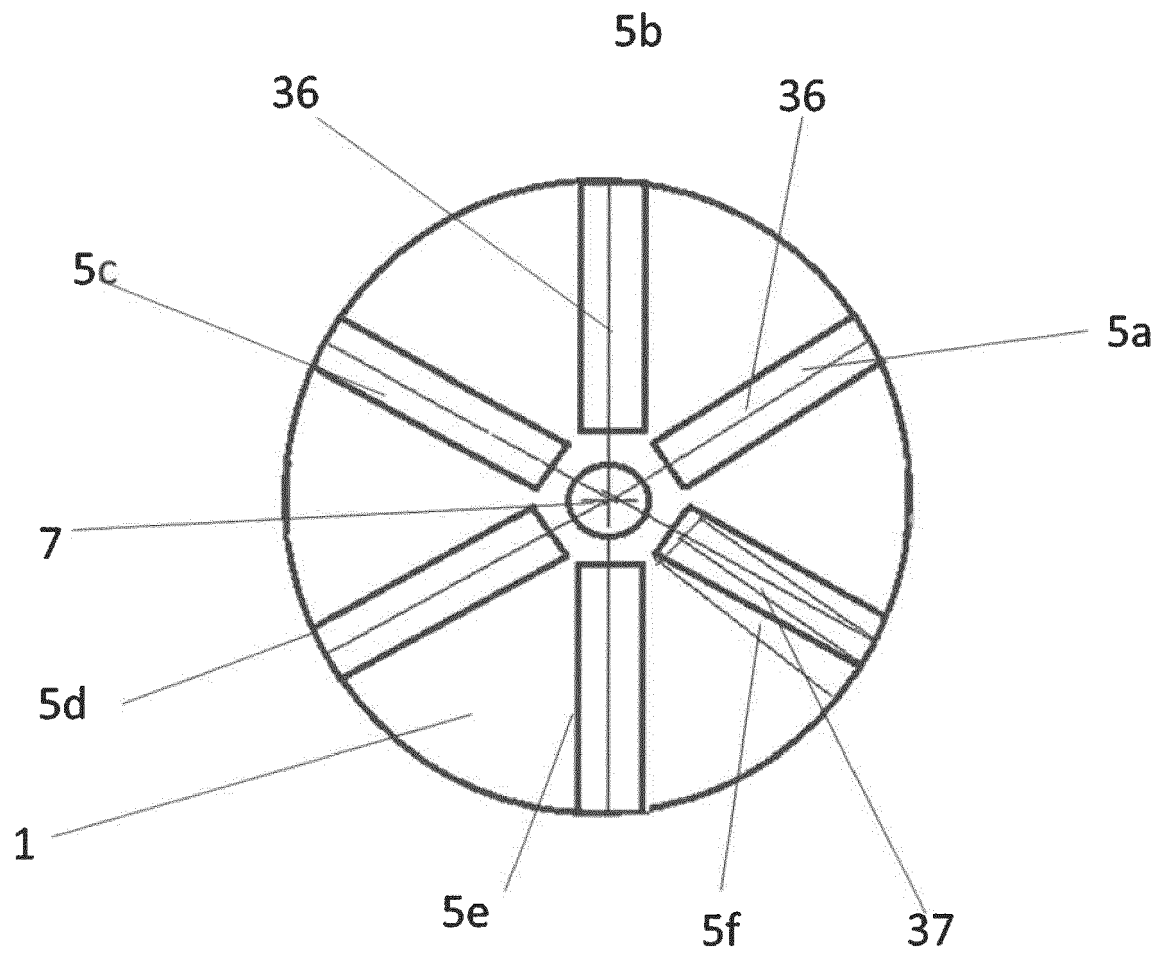


Fig. 7

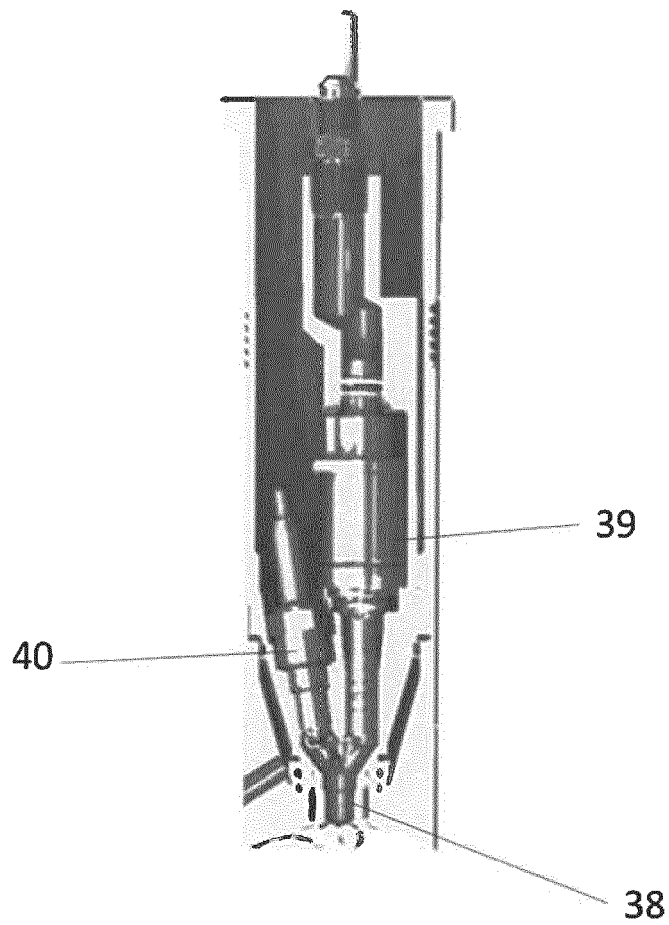


Fig. 8

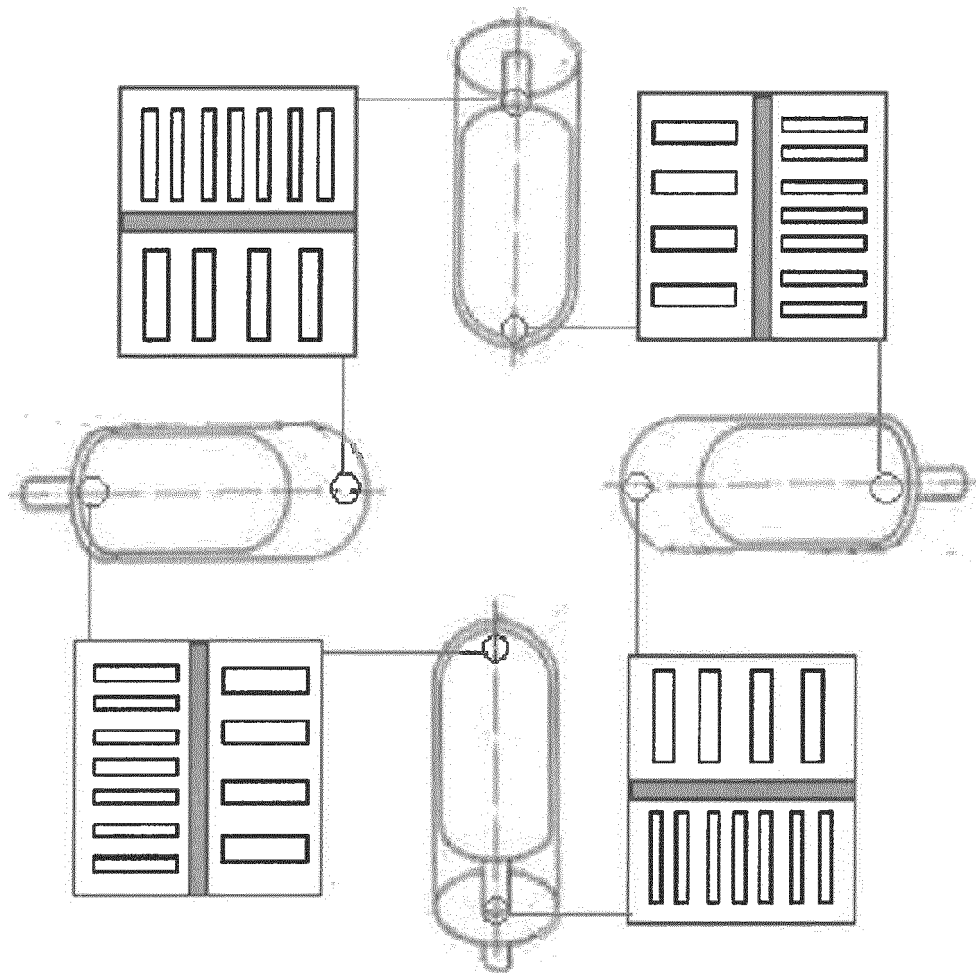


Fig. 9

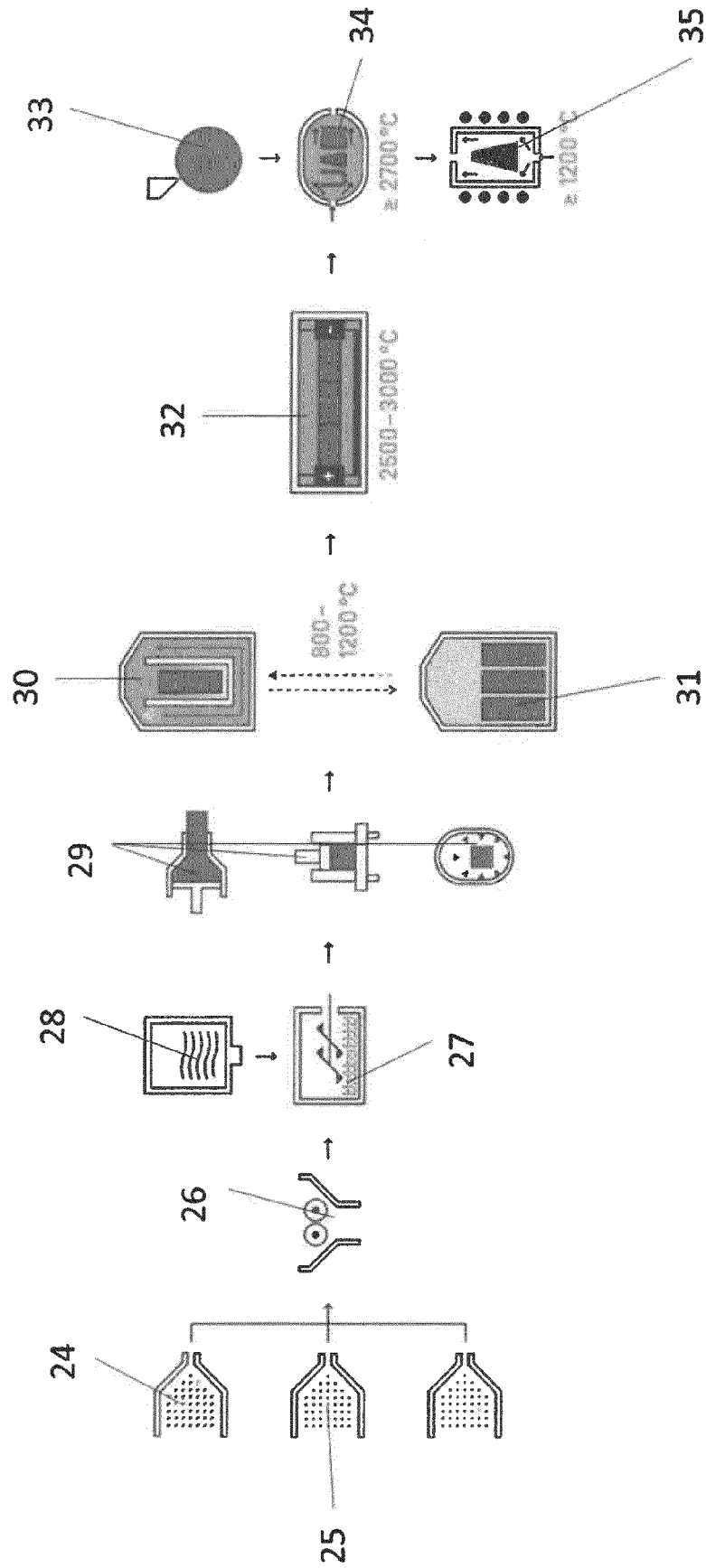


Fig. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 18 1545

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 39 07 307 A1 (FRANK WALTER A DR [DE]) 13. September 1990 (1990-09-13)	1-15	INV. F01B1/06 F02B75/22
Y	* Spalte 2, Zeile 5 - Spalte 3, Zeile 38; Abbildungen 1-3 *	10	
X	WO 92/14917 A1 (KRECHER JOHANNES JOSEPH [DE]) 3. September 1992 (1992-09-03) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1,14	
Y	GB 446 873 A (NILS UNO NILSSON) 7. Mai 1936 (1936-05-07) * Seite 2, Zeile 128 - Seite 3, Zeile 64; Abbildung 1 *	10	
A	DE 20 2022 000471 U1 (MAIER WOLFGANG [DE]) 7. März 2022 (2022-03-07) * Absätze [0021], [0022]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01B F02B F04B F01C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Dezember 2022	Prüfer Descoubes, Pierre
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 18 1545

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-12-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 3907307	A1	13-09-1990	KEINE	

15	WO 9214917	A1	03-09-1992	KEINE	

	GB 446873	A	07-05-1936	KEINE	

20	DE 202022000471	U1	07-03-2022	KEINE	

25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 952903 [0004]