



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# 12 Offenlegungsschrift 10 DE 100 26 458 A 1

21 Aktenzeichen: 100 26 458.1  
22 Anmeldetag: 27. 5. 2000  
43 Offenlegungstag: 13. 12. 2001

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 B 33/04**  
F 02 B 75/32  
F 02 B 75/28  
F 02 B 29/04  
F 01 M 13/04  
F 02 B 3/02  
F 02 M 61/18  
F 02 B 63/00

DE 100 26 458 A 1

71 Anmelder:  
Golle, Hermann, Dr.-Ing., 01219 Dresden, DE

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:  
DE 196 32 408 A1

### Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

#### 54 Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor

57 Gegenkolben-Zweitaktmotoren übertreffen in ihren motorischen Kennwerten deutlich Viertaktmotoren oder Zweitaktmotoren mit Ventilauslass.

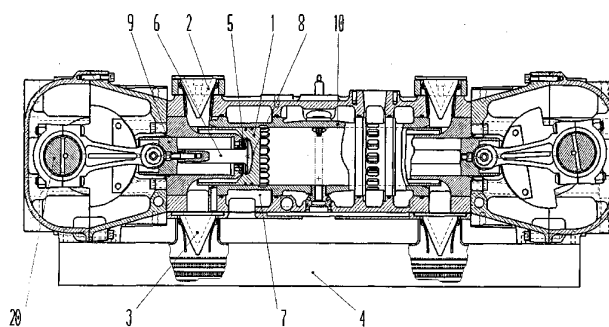
Nachteilig sind die schwierigen Schmier- und Verschleißprobleme, die hohen Schadstoffemissionen, die geringe Lebensdauer, der große Bauaufwand und das externe Spülgebläse.

Die Aufgabe besteht in der Vermeidung dieser Nachteile und der Schaffung eines schadstoffarmen, konstruktiv vereinfachten Motors.

Alle Arbeitskolben (1) arbeiten mit ihren Unterseiten als Spülpumpen und fördern über Ventile (2; 3) die Ansaugluft in einen gemeinsamen Spülmittelaufnehmer (4), der zugleich Ladeluftkühler und Ölabscheider ist. Die Arbeitskolben (1) sind in den Motorzylindern (10) trocken laufend über gelenkige Pleuelstangen (6) mit den Kreuzköpfen (9), welche die Seitenkräfte aufnehmen, verbunden. Konstruktive Vereinfachungen werden dadurch erzielt, dass in den Triebwerksstrang (21; 22) zwischen den Pleuelwellen (20) die Mittel zur Kraftübertragung (23; 24; 25; 26; 27; 28; 29) eingeschaltet sind.

Neue Verbrennungsverfahren werden für die Benzin- und Diesel-Direkteinspritzung angegeben.

Der Gegenkolbenmotor ist geeignet für alle Fahrzeug- und Industriemotoren mit Otto-, Diesel- und Gasbetrieb. Die Erfindung wird am besten durch die Fig. 1 charakterisiert.



DE 100 26 458 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft einen Gegenkolben-Zweitaktmotor, der aufgrund seiner besonderen Merkmale als schadstoffarmer Hochleistungsmotor in allen Bereichen einsetzbar ist. Insbesondere soll er im PKW- und LKW-Sektor Anwendung finden.

[0002] Zweitaktmotoren nehmen zurzeit im Fahrzeugmotorenbau nur eine Außenseiterrolle ein. Sie sind zwar bei kleinen Zweirädern und als Gebrauchsmotoren häufig zu finden, dominieren im Rennmotorenbau und stellen auch bei großen Schiffsmaschinen die leistungsfähigste Motorengattung dar, doch im breiten Spektrum der PKW- und LKW-Motoren fehlen sie vollständig.

[0003] Der Grund hierfür ist besonders in den schwierigen Schmier- und Verschleißproblemen der Zylinder/Kolben-Gruppe und den hieraus resultierenden Partikelemissionen zu suchen. Aber auch die Notwendigkeit eines Spülgebläses zusätzlich zum Abgaslader macht den Zweitakter als Fahrzeugmotor nicht einfacher.

[0004] Derzeit ausgeführte Fahrzeug-Zweitaktmotoren lehnen sich als sogenannte gleichstromgespülte Motoren an die großen Schiffsmaschinen an. Der Spüllufteinlass erfolgt über Schlitze in der Zylinderbüchse und der Auslass wird durch mehrere Auslassventile im Zylinderkopf gesteuert; es sind also Zweitakter mit Ventilsteuerung für den Auslass. Solche Motoren erreichen oder übertreffen leicht die Leistungswerte moderner Viertakter, ein signifikanter Sprung zu höheren Werten ist jedoch nicht vorhanden.

[0005] Die Ursachen dafür liegen in folgenden verfahrensbedingten Nachteilen:

- Der Zylinderkopf stellt trotz mehrerer Auslassventile eine Drosselstelle dar, die hohen Zeitquerschnitte der Spülseite (Schlitze auf dem gesamten Umfang der Zylinderbüchse) werden nicht erreicht,
- der Ventiltrieb stellt einen beachtlichen energetischen Verlust dar, zumal er mit doppelter Drehzahl laufen muss,
- der Fahrzeugmotor benötigt neben dem Abgaslader ein zusätzliches mechanisches Spülgebläse, welches einen erheblichen Anteil Leistung verschlingt.

[0006] Diese Nachteile vermeidet der Gegenkolbenmotor, bei welchem Spülung und Auslass durch die beiden gegenläufigen Arbeitskolben gesteuert werden. Solche Motoren hatten z. B. als Flugdieselmotoren der Firma Junkers die doppelte Leistung vergleichbarer Viertaktmotoren und auch ein kleineres Baugewicht. Diese Gegenkolbenmotoren waren jedoch aufwendig konstruierte Aggregate mit beispielsweise 2 Einspritzpumpen und 4 Einspritzdüsen pro Motorzylinder. Auch sonst besaßen sie den für Flugmotoren üblichen hohen Sicherheitsstandard, der einen hohen Fertigungsaufwand rechtfertigte. Aus heutiger Sicht besonders nachteilig waren die hohen Schadstoffemissionen und die geringe Lebensdauer. Alle diese Nachteile sind für heutige Fahrzeugmotoren völlig indiskutabel, so dass trotz der sehr guten motorischen Rennwerte die Gegenkolbenmotoren im Fahrzeugbau keinen Eingang gefunden haben.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, für die Schaffung eines schadstoffarmen Gegenkolben-Zweitaktmotors mit überragenden motorischen Rennwerten diese Nachteile zu vermeiden.

[0008] Dabei soll vor allem:

- Auf ein mechanisches Spülgebläse verzichtet,
- das Ausschleusen von Ölteilen wirksam verhindert und

- eine wesentliche konstruktive Vereinfachung erreicht werden.
- Außerdem sollen dem Motorprinzip angepasste neue Verbrennungsverfahren eingesetzt werden.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Unterseiten aller Arbeitskolben zusammen mit selbsttätig wirkenden Ventilen als Spülpumpen arbeiten und diese mit einem gemeinsamen, am Motor angeflanschten und zugleich als Ladeluftkühler und Ölabscheider dienenden Spülmittelaufnehmer verbunden sind. Ferner laufen die Arbeitskolben völlig trocken in den Motorzylindern und sind über ein- oder doppelgelenkige Pleuelstangen mit den Kreuzköpfen des Triebwerks, welche die Seitenkräfte aufnehmen, verbunden.

[0010] Konstruktive Vereinfachungen werden dadurch erzielt, dass in den Triebwerksstrang zwischen den Kurbelwellen die Mittel zur Kraftübertragung oder eine Arbeitsmaschine direkt eingeschaltet sind.

[0011] Neue Verbrennungsverfahren werden insbesondere für die Benzin-Direkteinspritzung (GDI) und die Diesel-Direkteinspritzung (DI) geschaffen. Beim Benzin-GDI-Verfahren sind erfindungsgemäß eine Einspritzdüse und mehrere Zündkerzen ringförmig um den Motorzylinder angeordnet. Die Zündkerzen werden entsprechend der Motorbelastung stufenweise aktiviert, so dass die Kraftstoffwolke unterschiedliche Wege von der Einspritzdüse bis zur aktivierten Zündkerze zurücklegt.

[0012] Beim Diesel-DI-Verfahren ragt eine Doppelkopfdüse mit beidseitig mehreren Einspritzbohrungen in den Motorzylinder hinein und ist konzentrisch oder leicht exzentrisch zu den beidseitig liegenden Kolbenbrennräumen angeordnet.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel dargestellt.

[0014] Die Zeichnungen zeigen:

[0015] Fig. 1 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäß ausgeführten Motor,

[0016] Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Motorzylinder mit Einsatz des Benzin-GDI-Verfahrens,

[0017] Fig. 3 einen Längsschnitt durch einen Motorzylinder mit Einsatz des Diesel-DI-Verfahrens,

[0018] Fig. 4 den Triebwerksstrang zwischen den Kurbelwellen mit Einbeziehung des Rädersatzes eines Wechselgetriebes,

[0019] Fig. 5 den Triebwerksstrang analog Fig. 4 mit Einbeziehung einer Arbeitsmaschine,

[0020] Fig. 6 den Triebwerksstrang mit Einbeziehung von Umschlingungsgetrieben und

[0021] Fig. 7 den Längsschnitt durch einen Motorzylinder mit Mittel zur Verstellung der Spül- und Auslasssteuerzeiten.

[0022] Die Fig. 1 zeigt den Schnitt durch den Gegenkolbenmotor, wobei auf der linken Seite der Schnitt durch einen Arbeitskolben **1**, die Spülpumpe und das Triebwerk angegeben ist. Die Unterseite des Arbeitskolbens **1** arbeitet zusammen mit einem Einlassventil **2** und einem Auslassventil **3** als Spülpumpe. Die durchgesetzte Ansaugluft tritt direkt in den an der Motorunterseite angebrachten Spülmittelaufnehmer **4** ein, welcher zugleich als Ladeluftkühler und Ölabscheider dient. Ein unter Umständen aus dem Dichtelement **5** an der Pleuelstange **6** austretendes Schmieröl, welches in die Ansaugluft gerät, wird im Ölabscheider ausgeschieden. Vom Spülmittelaufnehmer **4**, in welchen alle Spülpumpen über ihre Auslassventile **3** einspeisen, tritt die gekühlte und vollständig entölte Spülluft über eine Verbindungsleitung, die in Fig. 1 nicht dargestellt ist, in die Spülluftkammer **7** des Motors ein. Ebenfalls nicht dargestellt und beschrieben ist ein

am Motor angeordneter Abgaslader, dessen vom Verdichter gelieferte Luft ebenfalls in den Spülmittelaufnehmer 4 (= Ladeluftkühler) eingespeist wird.

[0023] Die eingangs beschriebene Spülpumpe kann auch ohne das Einlassventil 2 ausgeführt werden. In diesem Fall steuert, wie bei Zweitaktmotoren üblich, die Unterkante des Arbeitskolbens 1 den Lufteinlass in die Spülpumpe, so dass diese nur das Auslassventil 3 benötigt.

[0024] Die Pleuelstange 6 ist über ein Gelenk 8 mit dem Arbeitskolben 1 verbunden, während sie mit dem Kreuzkopf 9, welcher die Seitenkräfte des Triebwerks aufnimmt, starr verbunden ist. Sie kann jedoch auch doppelgelenkig zwischen dem Arbeitskolben 1 und dem Kreuzkopf 9 eingebaut sein, so dass jegliche Seitenkräfte auf den Arbeitskolben 1, die auch durch unsymmetrische thermische Verformungen der Motorteile entstehen können, vermieden werden. Damit sind erfindungsgemäß die Voraussetzungen für seitenkraftfreie und trocken laufende Arbeitskolben 1 geschaffen, deren Arbeitsweise damit auf die Grundfunktionen Abdichtung und axiale Kraftübertragung zurückgeführt wird.

[0025] Auch für Kolben aus Werkstoffen wie z. B. Kohlegraphit, bei denen die völlige Abschirmung vom Triebwerksöl eher vorteilhaft als nachteilig ist, sind damit gute Laufeigenschaften und somit die Voraussetzungen für einen schadstoffarmen Motorbetrieb geschaffen worden.

[0026] Die Fig. 2 zeigt im Querschnitt durch einen Motorzylinder 10 die Anordnung und Arbeitsweise eines Benzin-Direkteinspritzverfahrens (GDI). Die Einspritzdüse 11 und mehrere Zündkerzen 12, 13 und 14 sind ringförmig um den Motorzylinder 10 angeordnet. Die Einspritzdüse 11 spritzt eine Kraftstoffwolke 15 schräg in Richtung der Zündkerze 12 und dadurch wird eine hohe Ladungsschichtung an dieser Zündkerze 12 erreicht. Ist diese aktiviert, kann für Leerlauf und geringe Teillast eine Verbrennung mit großen Luftzahlen erreicht werden. Wird anstelle der Zündkerze 12 die Kerze 13 oder 14 aktiviert, muss die Kraftstoffwolke 15 längere Wege bis zu ihrer Entzündung zurücklegen, womit bei natürlich verringerter Ladungsschichtung eine verbesserte Gemischaufbereitung eintritt. Dies entspricht einem Verbrennungsablauf bei höherer Teillast und Vollast.

[0027] Somit verweisen bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren die Grenzen zwischen strahl- und luftgeführten Verbrennungsablauf in vorteilhafter Weise. Im Falle des Leerlaufes und geringer Teillast entspricht die Verbrennung eher einem strahlgeführten Verfahren, wobei die geringen Einspritzmengen die Zündkerze 12 nicht übermäßig belasten. Durch den Ladungsdrall sind aber auch Einflüsse einer Luftführung vorhanden, es kann also durch die Drallintensität Einfluss auf die Verbrennung genommen werden.

[0028] Mit höheren Motorbelastungen und Motordrehzahlen kommen zunehmend eine Luft- und teilweise auch Wandführung der Kraftstoffwolke 15 zum Tragen. Sie wird vom Ladungsdrall – und teilweise von der Zylinderwandung – bis zu ihrer Entzündung an den Kerzen 13 oder 14 geführt.

[0029] Der maximale Weg der Kraftstoffwolke 15 von der Einspritzdüse 11 bis zur Zündkerze 14 beträgt also etwa 3/4 des Zylinderumfanges, während bei herkömmlichen Motoren mit Zylinderkopf dafür nur maximal der Zylinderdurchmesser zur Verfügung steht. Bei Motoren mit Zylinderkopf ergeben sich bei Einsatz eines GDI-Verfahrens drei weitere Nachteile:

- Der Kolben wird wegen der Umlenkmulde für den Einspritzstrahl kopflastig und bis zu 25% schwerer,
- die Zerklüftung des Kolbenbodens erhöht die Klopfgefahr und bedingt Einschränkungen bei der Ventilüberschneidung und

– die Ladungsschichtung bei Teillast erfordert eine Annäherung des Kolbens an den oberen Totpunkt, d. h. die Einspritzung kann erst sehr spät erfolgen.

5 [0030] Diese Nachteile werden beim GDI-Verfahren im Gegenkolbenmotor vermieden.

[0031] Die Fig. 3 zeigt im Längsschnitt durch einen Motorzylinder 10 die Anordnung und Arbeitsweise einer Diesel-Direkteinspritzung (DI). Eine Doppelkopfdüse 16 besitzt beidseitig mehrere Einspritzbohrungen 17, aus welchen Kraftstoffstrahlen 18 in die beidseitig liegenden Kolbenbrennräume 19 eingespritzt werden. Hierbei ist von Vorteil, dass durch die beidseitige Anordnung des Einspritzsystems die doppelte Anzahl von Einspritzbohrungen 17 eingebracht werden kann. Die thermisch hoch belastete Doppelkopfdüse 16 kann mit Hilfe eines Kraftstoffdurchflusses gekühlt werden. Sie kann auch mit keramischen oder anderen wärmedämmenden Stoffen beschichtet sein oder selbst aus solchen Stoffen bestehen.

[0032] Die Fig. 4 zeigt die direkte Anbindung oder Einbeziehung eines Wechselgetriebes an den bzw. in den Motorblock. Die beiden Kurbelwellen 20 (vgl. Fig. 1), die untereinander formschlüssig verbunden sein müssen, sind hier durch die Kegelradsätze 21 und die Verbindungswelle 22 gekoppelt. Eine Kegelradverbindung zwischen den Kurbelwellen 20 ist technisch durchaus sinnvoll, da Kegelrädern nach neuzeitlichem Standard im Wirkungsgrad den Stirnrädern nicht nachstehen und die Verbindungswelle 22 aufgrund ihrer Elastizität unerwünschte Schwingungen zwischen den Kurbelwellen 20 abbauen kann. Erfindungsgemäß ist nun auf der Verbindungswelle 22 eine Hohlwelle 23 angeordnet, welche den 1. Rädersatz 24 eines Wechselgetriebes trägt. Zwischen der Verbindungswelle 22 und der Hohlwelle 23 ist eine schaltbare Kupplung 25 angeordnet.

[0033] Mit einer derartigen Motor-Getriebe-Kombination kann beispielsweise ein platzsparender Fahrzeug-Frontantrieb in sehr flacher Bauart geschaffen werden.

[0034] Die Fig. 5 zeigt analog zur Fig. 4 die gleiche Anordnung der Kegelradsätze 21, der Verbindungswelle 22 und der schaltbaren Kupplung 25, wobei hier auf der Hohlwelle 23 eine Arbeitsmaschine 26 wie Elektromotor, Hydraulikpumpe o. a. angeordnet ist. Auch hier ergibt die Einbeziehung der anzutreibenden Organe in den Motortriebstrang zwischen den Kurbelwellen 20 eine raum- und bauaufwandsparende Konstruktion. Hieraus ist auch ein Hybridantrieb ableitbar.

[0035] Die Fig. 6 zeigt die Anordnung eines leichten Rädergetriebes 27, welches den erforderlichen Synchronlauf zwischen den Kurbelwellen 20 herstellt. Die Drehmomentübertragung erfolgt durch zwei feste oder regelbare Umschlingungsgetriebe 28, welche das Drehmoment jeder Kurbelwelle 20 auf die zentrale Abtriebswelle 29 übertragen. Anstelle des Rädergetriebes 27 kann auch ein Kettenge triebe den Formschluss zwischen den Kurbelwellen 20 herstellen. Die hier erfolgte Art der Einbindung der Abtriebs-elemente in den Motortriebstrang hat den Vorteil, dass nur jeweils ein halbes Motordrehmoment von den Umschlingungsgetrieben 28 übertragen werden muss.

[0036] Die Fig. 7 zeigt die Mittel zur Verstellung der Spül- und Auslasssteuerzeiten. Auf dem Motorzylinder 10 sind im Bereich der Spülöffnungen 30 und der Auslassöffnungen 31 die Steuerringe 32 und 33 beweglich angeordnet. Durch Verschieben und/oder Verdrehen derselben werden die Spül- und Auslassöffnungen 30 und 31 – wenn auch nur am äußeren Umfang – teilweise verdeckt, so dass zumindest mittelbar der Eintritt der Spülluft in die Spülöffnungen 30 und der Austritt der Abgase aus den Auslassöffnungen 31 zeitlich verschoben wird.

## Bezugszeichenliste

1	Arbeitskolben	
2	Einlassventil	
3	Auslassventil	
4	Spülmittelaufnehmer	5
5	Dichtelement	
6	Pleuelstange	
7	Spülluftkammer	
8	Gelenk	10
9	Kreuzkopf	
10	Motorzylinder	
11	Einspritzdüse (Benzin)	
12, 13, 14	Zündkerzen	
15	Kraftstoffwolke	15
16	Doppelkopfdüse (Diesel)	
17	Einspritzbohrung	
18	Kraftstoffstrahl	
19	Kolbenbrennraum	
20	Kurbelwelle	20
21	Kegelradsatz	
22	Verbindungswelle	
23	Hohlwelle	
24	1. Rädersatz	
25	schaltbare Kupplung	25
26	Arbeitsmaschine	
27	Rädergetriebe	
28	Umschlingungsgetriebe	
29	zentrale Abtriebswelle	
30	Spülöffnungen	30
31	Auslassöffnungen	
32, 33	Steuerringe	

## Patentansprüche

1. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor in Kreuzkopfbauart und mit zwei Kurbelwellen, wobei die Kurbelwellen durch einen Triebwerksstrang verbunden sind und die Unterseiten der Arbeitskolben als Spülpumpen arbeiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Spülpumpe über mindestens ein selbsttätig arbeitendes Ventil (3) mit einem gemeinsamen, zugleich als Ladeluftkühler und ölabscheider dienenden Spülmittelaufnehmer (4) verbunden ist, die Arbeitskolben (1) im Motorzylinder (10) trocken laufend über ein- oder doppelgelenkige Pleuelstangen (6) mit den Kreuzköpfen (9) verbunden und in den Triebwerksstrang (21; 22) die Mittel zur Kraftübertragung (23; 24; 25; 27; 28; 29) oder die Arbeitsmaschine (26) integriert sind.
2. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Motorbetrieb mit Benzin-Direkteinspritzung (GDI) eine Ladungsschichtung durch eine um den Motorzylinder (10) ringförmige Anordnung einer Einspritzdüse (11) und mehrerer, stufenweise aktivierter Zündkerzen (12; 13; 14) erfolgt, derart, dass bei Teillast der Weg zwischen der Einspritzdüse (11) und der aktivierten Zündkerze (12) kurz ist und bei zunehmend höheren Motorlasten die Kraftstoffwolke (15) längere und stärker vom Drall der Verbrennungsluft beeinflusste Wege von der Einspritzdüse (11) zur aktivierten Zündkerze (13; 14) zurücklegt.
3. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Motorbetrieb mit Diesel-Direkteinspritzung (DI) eine Doppelkopfdüse (16) mit beidseitig mehreren Einspritzbohrungen (17) in den Motorzylinder (10) hineinragt und konzentrisch oder leicht exzentrisch zu den beid-

seitig liegenden Kolbenbrennräumen (19) angeordnet ist.

4. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppelkopfdüse (16) mittels eines Kraftstoffdurchflusses gekühlt und mit keramischen oder anderen wärmedämmenden Stoffen beschichtet ist oder selbst aus solchen Stoffen besteht.

5. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in den Triebwerksstrang zwischen den Kurbelwellen (20) einen Teil des Wechselgetriebes bildet, dergestalt, dass eine die Verbindungswelle (22) umschließende Hohlwelle (23) den 1. Rädersatz (24) trägt und eine schaltbare Kupplung (25) zwischen der Verbindungswelle (22) und der Hohlwelle (23) angeordnet ist.

6. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in den Triebwerksstrang zwischen den Kurbelwellen (20) auf der Hohlwelle (23) eine Arbeitsmaschine (26) wie Elektromotor, Hydraulikpumpe o. a. angeordnet ist.

7. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein leichtes Räder- oder Kettengetriebe (27) den Synchronlauf zwischen den Kurbelwellen (20) herstellt und die Drehmomentübertragung durch zwei feste oder regelbare Umschlingungsgetriebe (28) von den Kurbelwellen (20) auf die zentrale Abtriebswelle (29) erfolgt.

8. Schadstoffarmer Gegenkolben-Zweitaktmotor nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bewegliche Steuerringe (32; 33) auf dem Motorzylinder (10) in den Bereichen der Spülöffnungen (30) und der Auslassöffnungen (31) angeordnet und durch ihre Verschiebung und/oder Verdrehung die Spül- und Auslasssteuerzeiten verstellbar sind.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

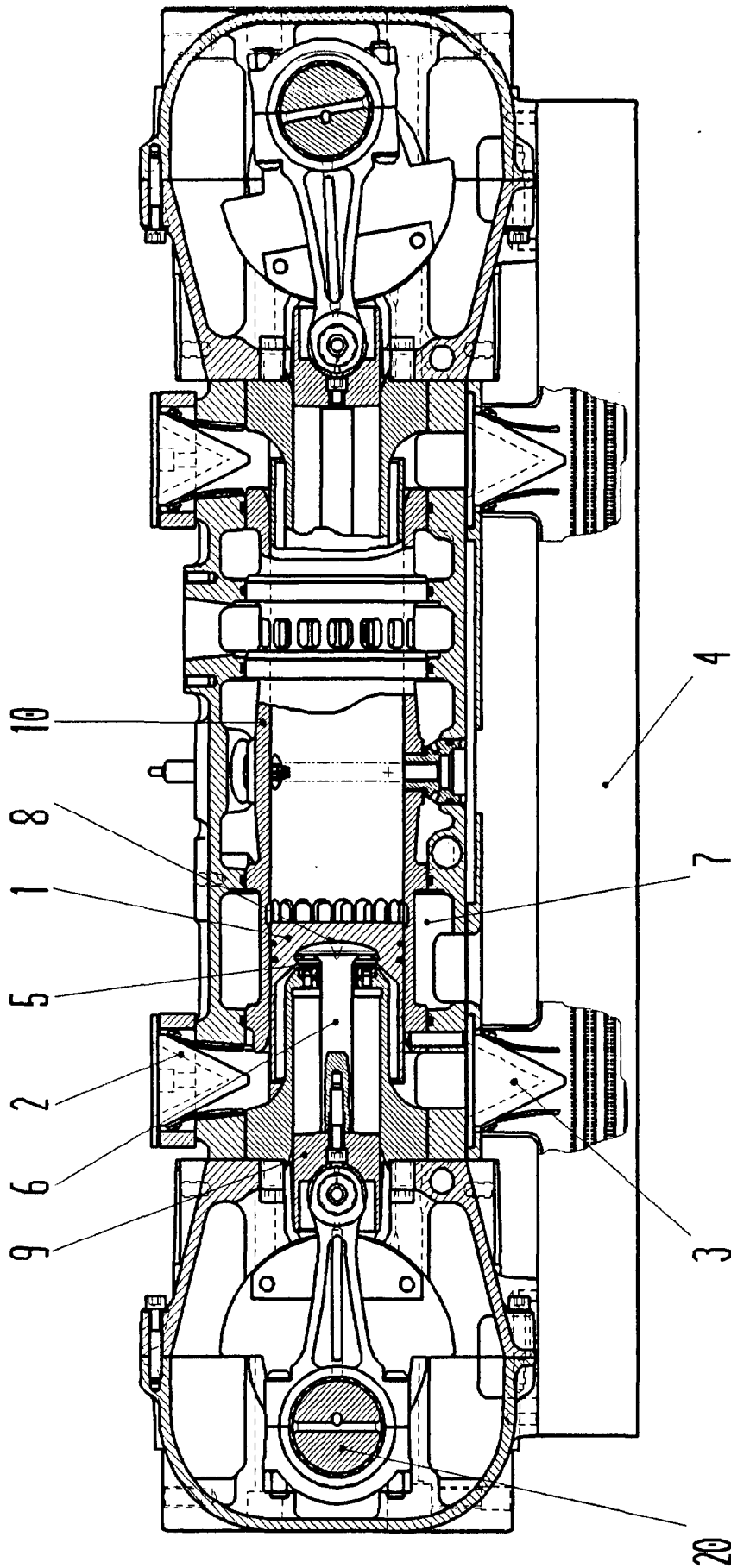


Fig. 1

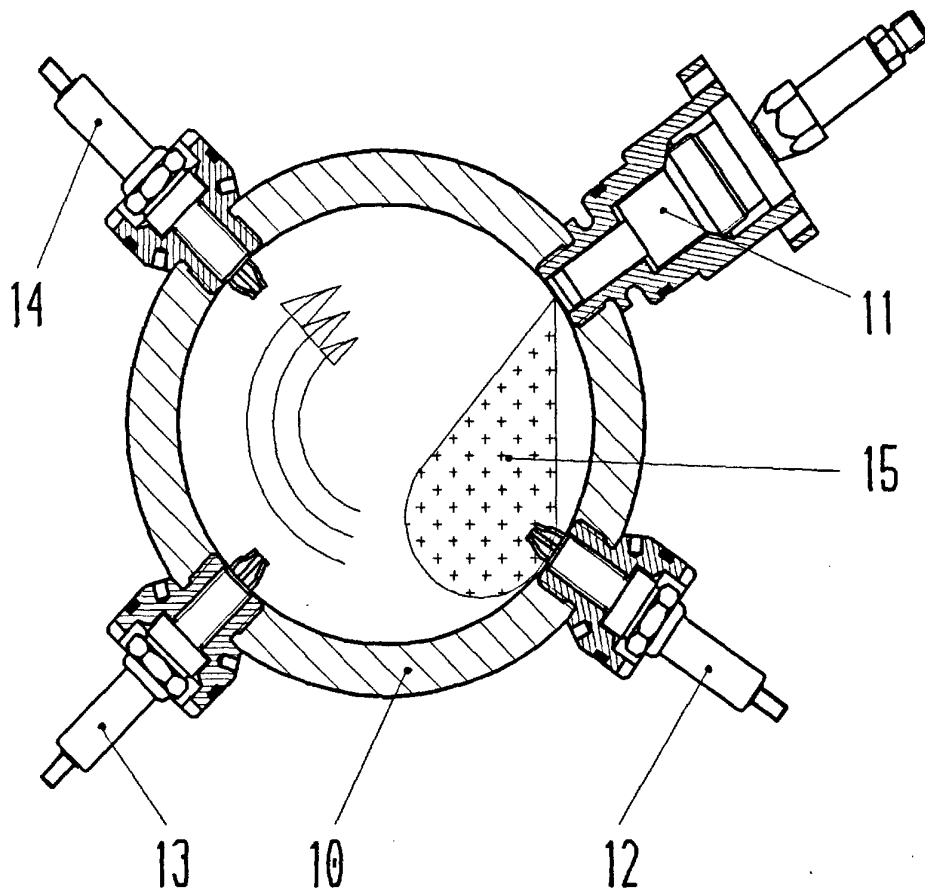


Fig. 2

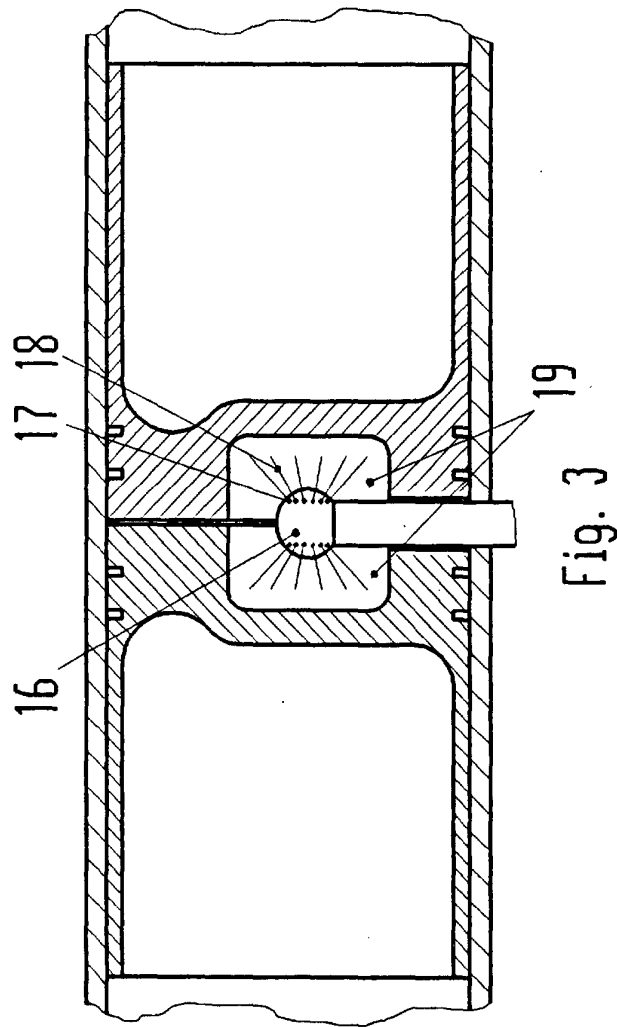


Fig. 3



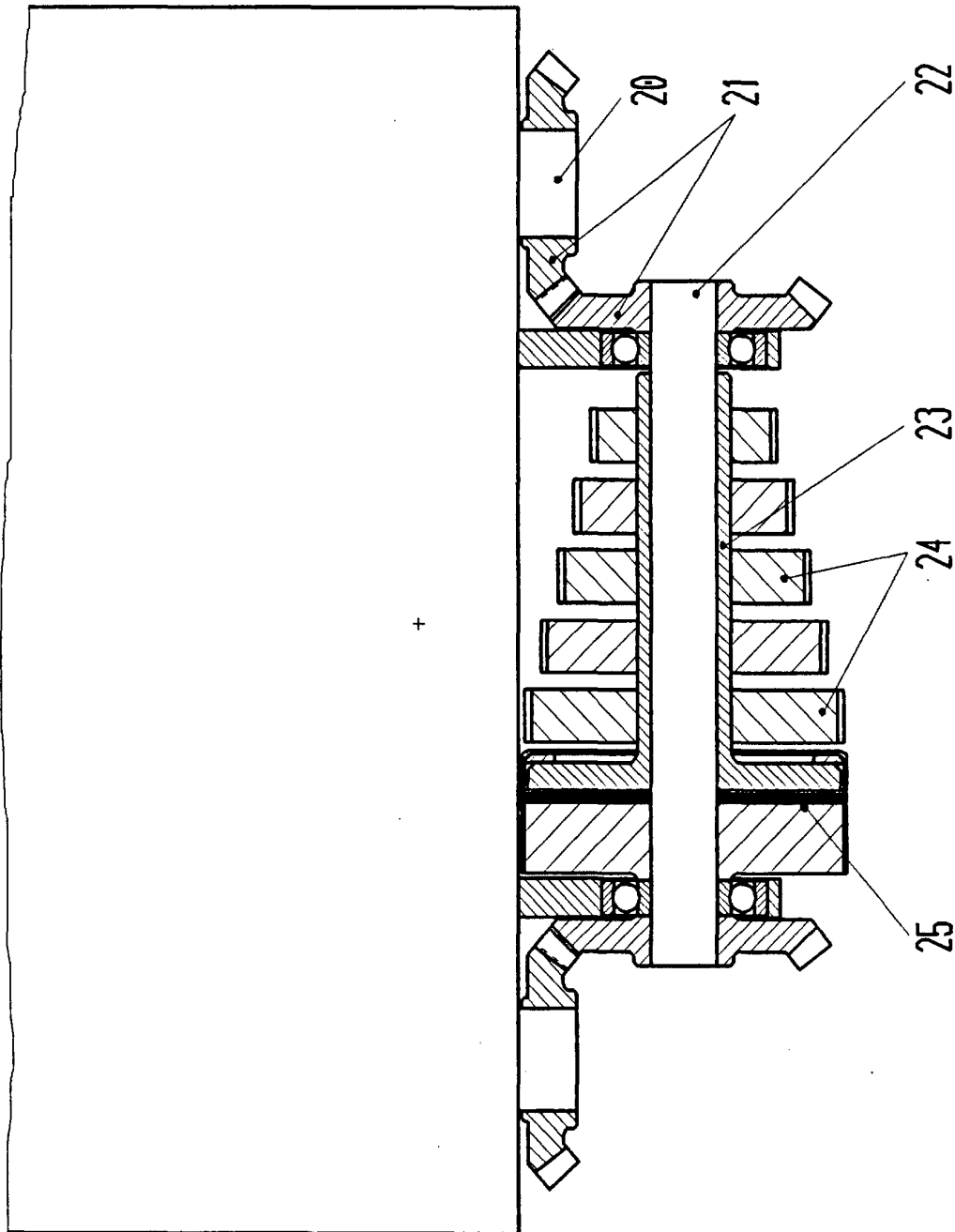


Fig. 4

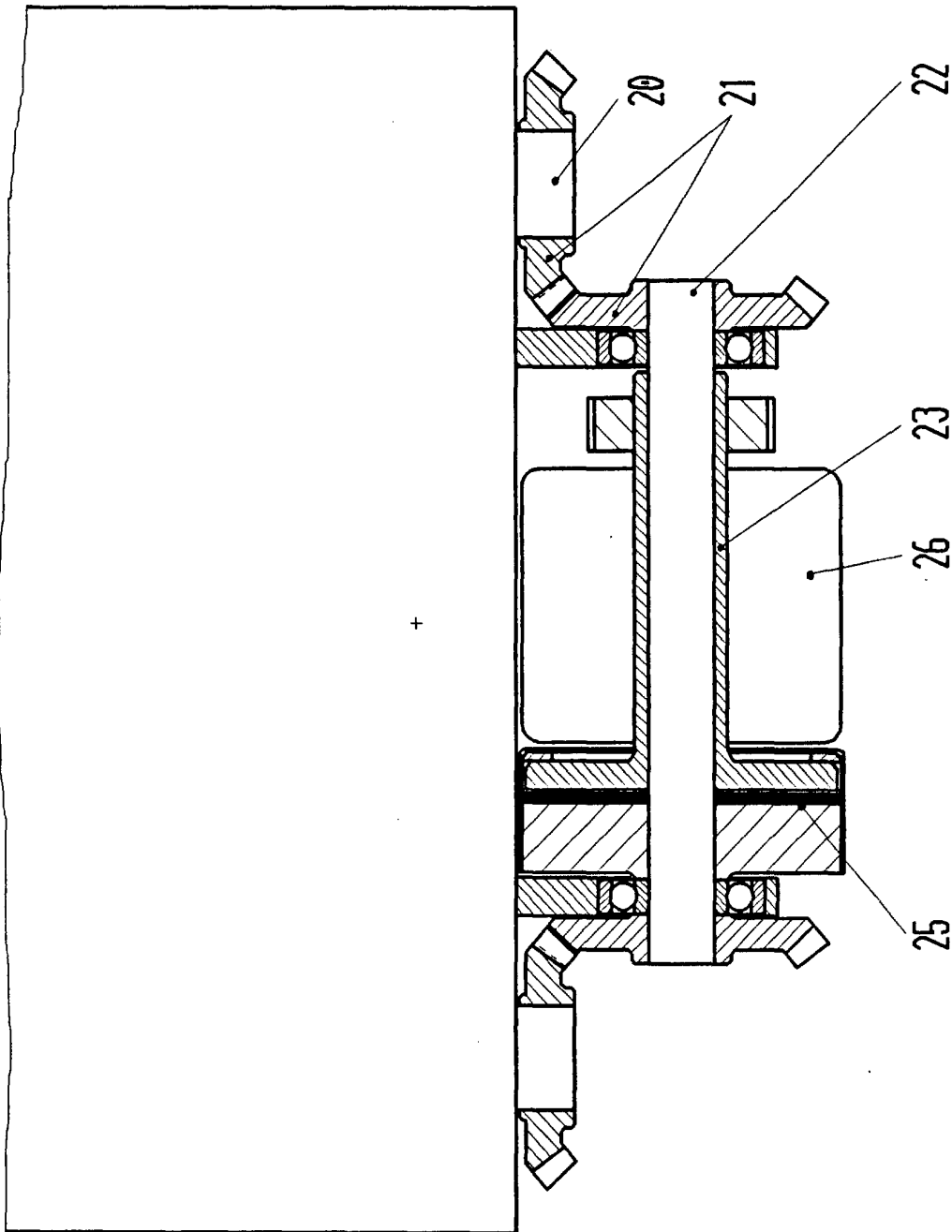


Fig. 5

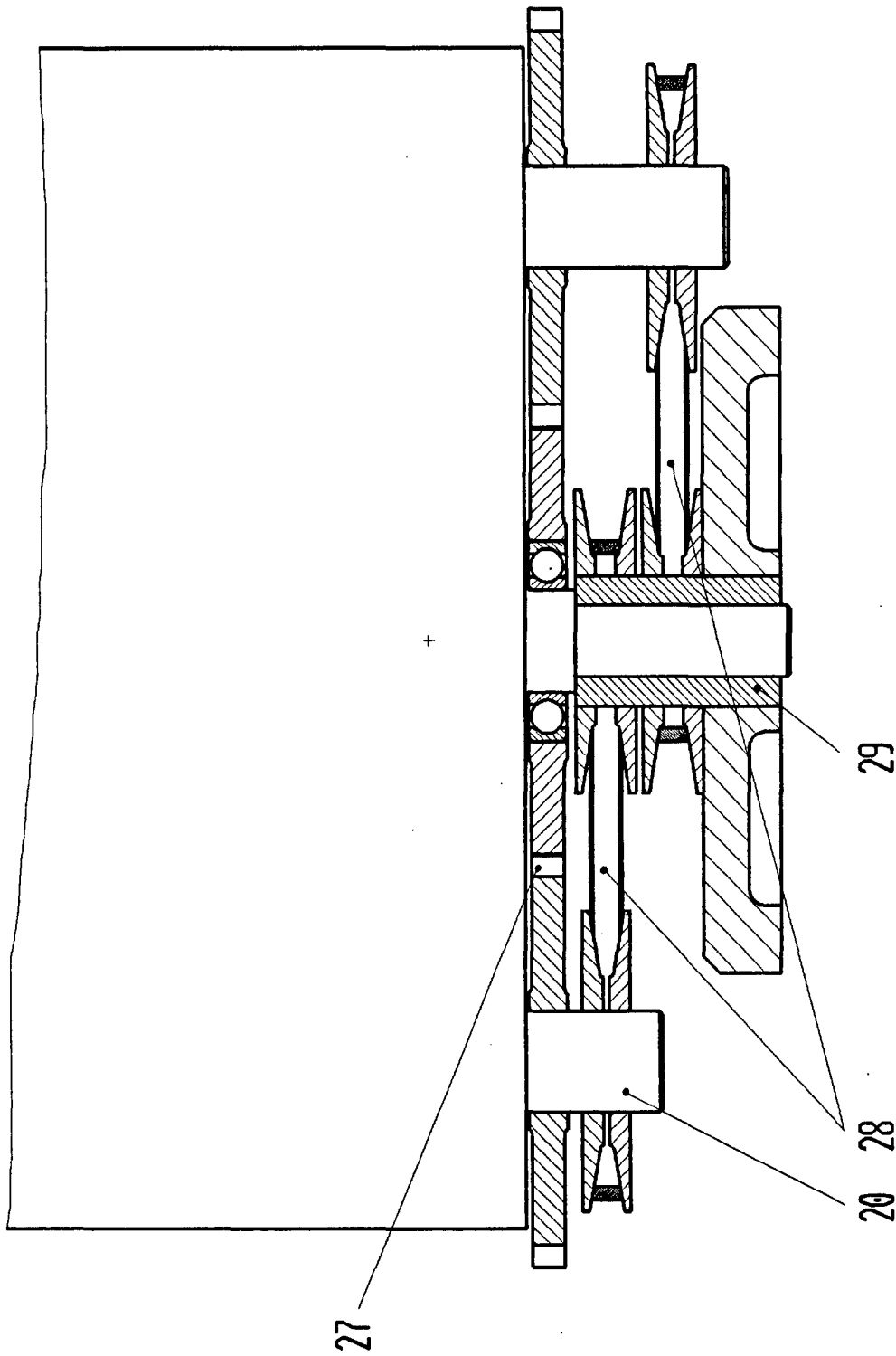


Fig. 6

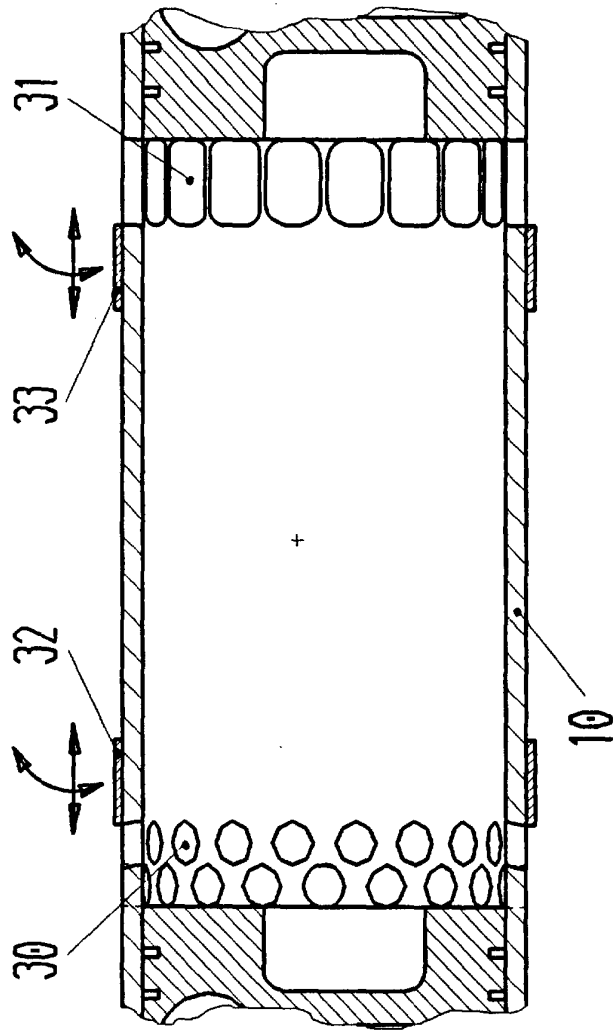


Fig. 7