

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 411 235 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.07.2005 Patentblatt 2005/28

(51) Int Cl.7: **F02G 1/044**, F02G 1/043

(21) Anmeldenummer: **03023220.1**

(22) Anmeldetag: **13.10.2003**

(54) **2-Zyklen-Heissgasmotor mit zwei beweglichen Teilen**

Two cycle hot gas engine with two movable parts

Moteur à gaz chaud à deux temps avec deux parties mobiles

(84) Benannte Vertragsstaaten:
FR GB

(30) Priorität: **15.10.2002 DE 10248785**
26.06.2003 DE 10329977

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.04.2004 Patentblatt 2004/17

(73) Patentinhaber: **Enerlyt Potsdam GmbH**
14478 Potsdam (DE)

(72) Erfinder: **Andreas Gimsa**
14557 Wilhelmshorst (DE)

(74) Vertreter: **Bittner, Thomas L., Dr.**
Forrester & Boehmert
Pettenkoferstrasse 20-22
80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-01/94769 **FR-A- 2 819 555**
GB-A- 179 259 **NL-C- 12 811**
US-A- 2 465 139

EP 1 411 235 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet von Heißgasmotoren.

Hintergrund

[0002] Das Patent DE 199 38 023 offenbart erstmalig einen Heißgasmotor mit ineinander laufenden Kolben, bei dem der Hubbereich des inneren Arbeitskolbens mittig im Hubbereich des Außenkolbens liegt. Das Patent DE 100 16 707 offenbart erstmalig einen derartigen Motor als Freikolbenversion.

[0003] Sofern der Aufbau eines Heißgasmotor es zulässt, dass für die Realisierung eines oder mehrerer Heißgas-Zyklen (Kreisprozesse) auf ein Getriebe verzichtet werden kann, lassen sich die Druckschwankungen des Motors zum Antrieb von Membranen oder Piezo-Keramiken nutzen. Das Patent DE 102 40 750 beschreibt beispielsweise einen derartigen getriebelosen Heißgasmotor.

Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Zwei-Zyklen-Heißgasmotor, der mit nur zwei bewegten Teilen arbeitet, zu offenbaren. Es wird darüber hinaus eine Möglichkeit vorgeschlagen, das Verdichtungsverhältnis dieses Motors zu vergrößern.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen 2-Zyklen-Heißgasmotor nach dem unabhängigen Anspruch 1 gelöst.

[0006] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Unteransprüche.

Ausführungsbeispiele

[0007] Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf Fig. 1 bis 7 näher erläutert.

[0008] Die Bewegung des Doppel-Außenkolbens 2 beeinflusst auch bei still stehendem Innenkolben das Arbeitsgasgesamt volumen. Der Doppel-Innenkolben 3 erreicht während des Betriebes eine höhere Geschwindigkeit, als der Doppel-Außenkolben 2.

[0009] Der Doppel-Innenkolben 3 eilt, angetrieben durch den wechselnden Arbeitsgasdruck, dem Doppel-Außenkolben 2 voraus. Der Doppel-Innenkolben 3 erzeugt mit seiner Bewegung eine Druckänderung des Puffergases in den Räumen 6.1, 6.2 und zwingt damit den Außenkolben in die gleiche Richtung. Durch die Wechselwirkung seiner Magnete 2.7 mit außenliegenden Magneten 1.2 wird der Anschlag des Doppel-Außenkolbens 2 an die Zylinderwand verhindert.

[0010] Von Punkt A zu B Fig.2 ist für den ersten Gaszyklus die isochore Wärmezufuhr vom Regenerator und für den zweiten Gaszyklus die isochore Wärmeabfuhr zum Regenerator dargestellt. Die anschließende für den ersten Zyklus isotherme Erhitzung und für den zwei-

ten Zyklus isotherme Kühlung verläuft von Punkt B zu C. Das Arbeitsgasvolumen steigt für den ersten und fällt für den zweiten Zyklus. Von Punkt C zu D findet für den ersten Zyklus die isochore Wärmeabfuhr an den Regenerator und für den zweiten Zyklus die isochore Wärmezufuhr vom Regenerator statt. Bei fallendem Arbeitsgasvolumen für den ersten Zyklus verläuft die isotherme Kühlung und steigendem Arbeitsgasvolumen für den zweiten Zyklus die isotherme Erhitzung von Punkt D zu A Fig.2.

[0011] Fig.1 zeigt den Grundaufbau des Motors mit seinen wesentlichen Bauteilen. Die beiden Gaszyklen arbeiten mit 180° Phasenversatz. Die Kolbenstange 3.3 kann hohl ausgeführt sein, um die Puffergasräume 6.1 und 6.2 zu verbinden. In diesem Fall ist das Puffergasvolumen konstant und unabhängig von den Kolbenstellungen. Über eine Querschnitts- reduzierung der Öffnung in der Kolbenstange 3.3 lässt sich in ihr ein definierter Druckverlust einstellen, um bei Bewegung des Doppel-Innenkolbens 3 eine Druckänderung in den Puffergasräumen 6.1 und 6.2 zu erzielen.

[0012] Die Innenkolben 3.1 und 3.2 lassen sich unter Beibehaltung der notwendigen Kolbendichtflächen auch becherförmig ausführen, so, dass die Becheröffnungen den Magneten 2.7 zugewandt sind. Damit wird der Puffergasdruck auf ein geringeres Niveau gebracht.

[0013] Der Aufbau des Motors lässt sich wie folgt beschreiben:

[0014] In einem Zylindergrundkörper 1 ist ein Doppel-Außenkolben 2 axial beweglich angeordnet und in diesem ist ein Doppel-Innenkolben 3 axial beweglich angeordnet.

[0015] Der Zylindergrundkörper 1 enthält zwei äußere Stirnbegrenzungswände und eine dazu parallele mittlere Trennwand, so dass in seinem Innenraum zwei gleiche Räume gebildet werden.

[0016] Die mittlere Trennwand des Zylindergrundkörpers 1 enthält eine zentrale Bohrung um mindestens eine Gleitdichtung 1.1 aufnehmen zu können. Der Doppel-Außenkolben 2 verbindet über eine hohle Kolbenstange 2.3 zwei Außenkolben 2.1 und 2.2 miteinander und die hohle Kolbenstange 2.3 ist druckdicht durch die Gleitdichtung 1.1 geführt.

[0017] Der Doppel-Innenkolben 3 verbindet über eine Kolbenstange 3.3 zwei Innenkolben 3.1 und 3.2 miteinander und die Kolbenstange 3.3 ist druckdicht durch die Gleitdichtungen 2.4 geführt, die sich in der hohlen Kolbenstange 2.3 befinden.

[0018] Die Stirnbegrenzungsflächen des Zylindergrundkörpers 1 enthalten Magnete 1.2, die mit Magneten 2.7 in den Stirnbegrenzungsflächen des Doppel-Außenkolbens 2 auf Abstoßung wechselwirken (möglich sind auch Federn).

[0019] Der Außenkolben 2.1 enthält in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen 2.5, die den Gasraum 4.2 mit dem Gasraum 4.3 verbinden. Der Außenkolben 2.2 enthält in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnun-

gen 2.6, die den Gasraum 5.1 mit dem Gasraum 5.2 verbinden.

[0020] Der Außenkolben 2.1 kann alternativ zu den vorgenannten Öffnungen 2.5 diese in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche enthalten, die dann den Gasraum 4.1 mit dem Gasraum 6.1 verbinden. Der Gasraum 4.2 wird dadurch zum Pufferraum.

[0021] Der Außenkolben 2.2 kann alternativ zu den vorgenannten Öffnungen 2.6 diese in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche enthalten, die dann den Gasraum 6.2 mit dem Gasraum 5.3 verbinden. Der Gasraum 5.2 wird dadurch zum Pufferraum.

[0022] Der Gasraum 4.1 ist über einen Erhitzer 8, einen Regenerator 9 und einen Kühler 10 mit dem Gasraum 4.3 verbunden, der Gasraum 5.1 ist über einen Kühler 11, einen Regenerator 12 und einen Erhitzer 13 mit dem Gasraum 5.3 verbunden.

[0023] In einer ebenfalls sinnvollen Anordnung lassen sich Erhitzer und Kühler gegeneinander vertauschen: An Stelle des Erhitzers 8 oder 13 ist ein Kühler angeordnet oder an Stelle des Kühlers 10 oder 11 ist ein Erhitzer angeordnet.

[0024] Zur Vergrößerung des Verdichtungsverhältnisses und zur Begrenzung der Druckamplitude in den Räumen, die als Puffergasräume dienen, lässt sich der Motor abwandeln. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die beiden Puffergasräume in Arbeitsgasräume umgewandelt werden.

[0025] Fig. 3 zeigt den Grundaufbau des Motors. Es befinden sich zwei Doppel-Kolben, der äußere Kolben 200 und der innere Kolben 300 in einem Zylindergrundkörper 100. Der Zylindergrundkörper umschließt den äußeren Kolben 200, der seinerseits den inneren Kolben 300 beinhaltet.

[0026] In den Stirnflächen des Zylinders und der Kolben befinden sich zylindrische Magnete, die auf Abstößung angeordnet sind.

[0027] Der erste Arbeitsgaszyklus läuft in folgenden Räumen ab: 401, 402, 403, 404 sowie Innenräume von 800, 900, 1000 und Innenräume verbindender Rohrleitungen. Der zweite Arbeitsgaszyklus läuft in folgenden Räumen ab: 501, 502, 503, 504 sowie Innenräume von 1100, 1200, 1300 und Innenräume verbindender Rohrleitungen.

[0028] Die erfindungsgemäße Anordnung eines Heißgasmotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Gasraum 403 mit dem Gasraum 404 verbunden ist und dass der Gasraum 501 mit dem Gasraum 504 verbunden ist. Hierbei ist die erste Gasverbindung an einen der beiden Arbeitsgaszyklen und die zweite Gasverbindung an den zweiten Arbeitsgaszyklus angeschlossen. Beide Arbeitsgaszyklen sind gegeneinander abgedichtet.

[0029] Die wechselseitigen Verbindungsöffnungen lassen sich als umlaufende, zur Mittelachse parallel verlaufende Bohrungen (Kanäle 208 und 209) der hohlen Kolbenstange 203 ausführen. Die wechselseitige Gas-

verbindung kann in den inneren Begrenzungsdeckeln des Doppel-Außenkolbens 200 realisiert werden.

[0030] Eine andere Möglichkeit besteht darin, mindestens einen der Kanäle in der Kolbenstange 303 des Doppel-Innenkolbens 300 auszubilden.

[0031] Zur thermischen Entkopplung von Erhitzer und Zylinder lässt sich für beide Zyklen je ein Pulsrohr sinnvoll so anordnen, dass die Mittelachse des Pulsrohres senkrecht auf der Mittelachse des Zylindergrundkörpers 100 des Motors steht.

[0032] Falls eine mechanische Kraftableitung vom Doppel-Außenkolben 200 durch die Zylinderwand nach außen benötigt wird (Fig. 6), erfolgt die Befestigung einer Kolbenstange 210 an dem Doppel-Außenkolben 200. Die Kolbenstange wird zur Ausführung einer linearen Hubbewegung durch die Zylinderwand druckdicht nach außen geführt. Hierzu wird eine Dichtung 103 benötigt, die in der beschriebenen Anordnung auf der kalten Motorseite liegt.

[0033] Im Zusammenhang mit einer außerhalb des Zylindergrundkörpers realisierten Hubbegrenzung des Doppel- Außenkolbens 200 kann auf die Magnete 102 verzichtet werden. Dazu ist die Kolbenstange zur Kraftfortleitung nach außen und zur Hubbegrenzung des Doppel-Außenkolbens 200 mit dem Mittelpunkt einer Membran, mit einem Pleuel, der an eine Pleuelwelle anlenkt oder mit dem Spulenkörper eines Lineargenerators mechanisch verbunden.

[0034] Fig. 7 zeigt einen Motor, der völlig ohne Magnete auskommt. Die Arbeitsgasräume 404 und 504 werden dazu in Puffergasräume 404P und 504P umgewandelt. Damit dient das mit der Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 komprimierte Puffergas der Impulsübertragung auf den Doppel-Außenkolben 200.

[0035] Ebenso lässt sich unter Beibehaltung der Arbeitsgasräume 404 und 504 und der Verbindungskanäle 208 und 209 über den Querschnitt dieser Kanäle, die in ihnen wirkende Gasfeder so einstellen, dass auf Magnete verzichtet werden kann. Eine definierte Dämpfung lässt sich bspw. über die externen wärmeübertragenden Bauteile einstellen.

[0036] Fig. 4 zeigt schematisch die Anordnung der wärmeübertragenden Bauteile: Erhitzer, Regenerator und Kühler für jeden Arbeitsgaszyklus. Es lässt sich der Erhitzer 800 mit dem Erhitzer 1300 für den Betrieb mit einem Brenner zusammenfassen, indem beide Erhitzer als hintereinander liegende Spiralen eines Erhitzergrundkörpers ausgebildet werden. Eine weitere sinnvolle Anordnung ist die Verbindung der beiden Kühler 1000 und 1100. Diese lassen sich bspw. bei der Ausführung als Rohrbündelwärmeübertrager für beide Zyklen gasseitig trennen und wasserseitig zusammenfassen.

[0037] Fig. 5 veranschaulicht den Ablauf der Zustandsänderungen und die Systemfunktion.

[0038] In Stellung A befinden sich beide Kolben auf der linken Seite. Das Arbeitsgas des ersten Zyklus steht vor der Expansion unter hohem Druck (bspw. 15 bar). Das Volumen ist auf den Raum 403 komprimiert. Das

Arbeitsgas des zweiten Zyklus steht vor der Kompression unter niedrigem Druck (bspw. 5 bar). Das Volumen ist hoch und befindet sich in den Räumen 502, 503 und 504.

[0039] Bei der Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von A nach B verharrt der Doppel-Außenkolben 200 in seiner linken Stellung. Die Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von links nach rechts kommt durch die Druckdifferenz über die Kolbenseiten zustande. Gleichzeitig erfolgt eine Wärmezufuhr vom Erhitzer des ersten Zyklus und eine Wärmeabfuhr an den Kühler des zweiten Zyklus. Am Ende der Bewegung hat sich der Druck beider Zyklen angenähert. Er beträgt jetzt bspw. 10 bar in beiden Zyklen.

[0040] Der linke Magnet 207 kann sich nach reduziertem Druck im ersten Zyklus vom linken Magneten 102 abstoßen. Die kinetische Energie des Doppel-Innenkolbens 300 wird als Impuls auf den Doppel-Außenkolben 200 übertragen. Dabei schiebt der rechte Magnet 304 bei der Bewegung von B nach C über den rechten Magneten 207 den Doppel-Außenkolben 200 auf die rechte Seite. Das Volumen des ersten Zyklus bleibt dabei konstant hoch und das vom zweiten Zyklus konstant niedrig. Da durch die Verschiebewegung beide Regeneratoren durchströmt werden, fällt der Druck im ersten (bspw. auf 5 bar) und steigt der Druck im zweiten Zyklus (bspw. auf 15 bar).

[0041] Bei der Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von C nach D verharrt der Doppel-Außenkolben 200 in seiner rechten Stellung. Die Bewegung des Doppel-Innenkolbens 300 von rechts nach links kommt durch die Druckdifferenz über die Kolbenseiten zustande. Gleichzeitig erfolgt eine Wärmeabfuhr an den Kühler des ersten Zyklus und eine Wärmezufuhr vom Erhitzer des zweiten Zyklus. Am Ende der Bewegung hat sich der Druck beider Zyklen wieder angenähert. Er beträgt jetzt bspw. 10 bar in beiden Zyklen.

[0042] Der rechte Magnet 207 kann sich nach reduziertem Druck im zweiten Zyklus vom rechten Magneten 102 abstoßen. Die kinetische Energie des Doppel-Innenkolbens 300 wird als Impuls auf den Doppel-Außenkolben 200 übertragen. Dabei schiebt der linke Magnet 304 bei der Bewegung von D nach A über den linken Magneten 207 den Doppel-Außenkolben 200 auf die linke Seite. Das Volumen des ersten Zyklus bleibt dabei konstant niedrig und das vom zweiten Zyklus konstant hoch. Da durch die Verschiebewegung beide Regeneratoren durchströmt werden, steigt der Druck im ersten (bspw. auf 15 bar) und fällt der Druck im zweiten Zyklus (bspw. auf 5 bar).

[0043] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Figuren offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen von Bedeutung sein.

Bezugszeichenliste

[0044]

5	1	Zylindergrundkörper
	1.1	Dichtung zur Trennung beider Gaszyklen
	1.2	Magnet zur Abstoßung von 2.7
	2	Doppel-Außenkolben
	2.1	Außenkolben erster Gaszyklus
10	2.2	Außenkolben zweiter Gaszyklus
	2.3	Kolbenstange von 2
	2.4	Dichtung in 2.3
	2.5	Gasverbindungsöffnung in 2.1
	2.6	Gasverbindungsöffnung in 2.2
15	2.7	Magnet zur Abstoßung von 1.2
	3	Doppel-Innenkolben
	3.1	Innenkolben erster Gaszyklus
	3.2	Innenkolben zweiter Gaszyklus
	3.3	Kolbenstange von 3
20	4	Arbeitsgas erster Gaszyklus
	4.1	Gasraum 4.1
	4.2	Gasraum 4.2
	4.3	Gasraum 4.3
	5	Arbeitsgas zweiter Gaszyklus
25	5.1	Gasraum 5.1
	5.2	Gasraum 5.2
	5.3	Gasraum 5.3
	6.1	Puffergasraum 1
	6.2	Puffergasraum 2
30	7	Gasverbindungsleitung
	8	Erhitzer von 4
	9	Regenerator von 4
	10	Kühler von 4
	11	Kühler von 5
35	12	Regenerator von 5
	13	Erhitzer von 5
	100	Zylindergrundkörper
	101	Dichtung zur Trennung beider Gaszyklen
	102	Magneten zur Abstoßung von den Magneten 207
40	103	Kolbenstangendichtung im Zylindergrundkörper (für Kolbenstange 210)
	200	Doppel-Außenkolben
	201	Außenkolben erster Gaszyklus
45	202	Außenkolben zweiter Gaszyklus
	203	Kolbenstange des Doppel-Außenkolbens
	204	Dichtungen in der Kolbenstange 203
	205	Gasverbindungsöffnungen im Doppel-Außenkolben 200, erster Gaszyklus
50	206	Gasverbindungsöffnungen im Doppel-Außenkolben 200, zweiter Gaszyklus
	207	Magnet zur Abstoßung vom Magneten 102 im Zylindergrundkörper und von 304
	208	Arbeitsgasverbindungskanal zwischen Gasraum 501 und Gasraum 504
55	209	Arbeitsgasverbindungskanal zwischen Gasraum 403 und Gasraum 404
	210	Kolbenstange des Außenkolbens zur Kraftablei-

	ung aus der Maschine	
300	Doppel-Innenkolben	
301	Innenkolben erster Gaszyklus	
302	Innenkolben zweiter Gaszyklus	
303	Kolbenstange des Doppel-Innenkolbens	5
304	Magnet des Doppel-Innenkolbens zur Abstoßung vom Magneten 207	
400	Arbeitsgas erster Gaszyklus	
401	Gasraum 401	10
402	Gasraum 402 (über 205 verbunden mit 401)	
403	Gasraum 403 (über 800, 900, 1000 verbunden mit 401)	
404	Gasraum 404 (über 209 verbunden mit 403)	
404P	Puffergasraum an Stelle von 404	15
500	Arbeitsgas zweiter Gaszyklus	
501	Gasraum 501	
502	Gasraum 502 (über 206 verbunden mit 503)	
503	Gasraum 503 (über 1100, 1200, 1300 verbunden mit 501)	20
504	Gasraum 504 (über 208 verbunden mit 501)	
504P	Puffergasraum an Stelle von 504	
701	Kühleranschluss erster Gaszyklus an den Zylindergrundkörper	
702	Erhitzeranschluss erster Gaszyklus an den Zylindergrundkörper	25
703	Erhitzeranschluss zweiter Gaszyklus an den Zylindergrundkörper	
704	Kühleranschluss zweiter Gaszyklus an den Zylindergrundkörper	30
800	Erhitzer erster Gaszyklus	
801	Pulsrohr zur thermischen Entkopplung von Erhitzer 800 und Zylindergrundkörper	
900	Regenerator erster Gaszyklus	
1000	Kühler erster Gaszyklus	35
1001	Wasseranschluss von Kühler 1000	
1100	Kühler zweiter Gaszyklus	
1101	Wasseranschluss von Kühler 1100	
1200	Regenerator zweiter Gaszyklus	
1300	Erhitzer zweiter Gaszyklus	40
1301	Pulsrohr zur thermischen Entkopplung von Erhitzer 1300 und Zylindergrundkörper	

Patentansprüche

1. 2-Zyklen-Heißgasmotor mit ineinander laufenden Kolben, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Zylindergrundkörper (1) ein Doppel-Außenkolben (2) axial beweglich angeordnet ist und in diesem ein Doppel-Innenkolben (3) axial beweglich angeordnet ist.
2. Heißgasmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zylindergrundkörper (1) zwei äußere Stirnbegrenzungswände und eine dazu parallele mittlere Trennwand enthält, so dass in seinem Innenraum zwei gleiche Räume gebildet werden.

3. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittlere Trennwand des Zylindergrundkörpers (1) eine zentrale Bohrung enthält um mindestens eine Gleitdichtung (1.1) aufnehmen zu können.
4. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Doppel-Außenkolben (2) über eine hohle Kolbenstange (2.3) zwei Außenkolben (2.1) und (2.2) miteinander verbindet und die hohle Kolbenstange (2.3) druckdicht durch die Gleitdichtung (1.1) geführt ist.
5. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Doppel-Innenkolben (3) über eine Kolbenstange (3.3) zwei Innenkolben (3.1) und (3.2) miteinander verbindet und die Kolbenstange (3.3) druckdicht durch die Gleitdichtungen (2.4) geführt ist, die sich in der hohlen Kolbenstange (2.3) befinden.
6. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnbegrenzungsflächen des Zylindergrundkörpers (1) Magnete (1.2) enthalten, die mit Magneten (2.7) in den Stirnbegrenzungsflächen des Doppel-Außenkolbens (2) auf Abstoßung wechselwirken (möglich sind auch Federn).
7. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben (2.1) in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen (2.5) enthält, die den Gasraum (4.2) mit dem Gasraum (4.3) verbinden.
8. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben (2.2) in seiner den Magneten abgewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen (2.6) enthält, die den Gasraum (5.1) mit dem Gasraum (5.2) verbinden.
9. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche außer 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben (2.1) in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen (2.5) enthält, die den Gasraum (4.1) mit dem Gasraum (6.1) verbinden. Der Gasraum (4.2) wird zum Pufferraum.
10. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche außer 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenkolben (2.2) in seiner den Magneten zugewandten Stirnbegrenzungsfläche Öffnungen (2.6) enthält, die den Gasraum (6.2) mit dem Gasraum (5.3) verbinden. Der Gasraum (5.2) wird

zum Pufferraum.

11. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasraum (4.1) über einen Erhitzer (8), einen Regenerator (9) und einen Kühler (10) mit dem Gasraum (4.3) verbunden ist und dass der Gasraum (5.1) über einen Kühler (11), einen Regenerator (12) und einen Erhitzer (13) mit dem Gasraum (5.3) verbunden ist.
12. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an Stelle des Erhitzers (8) oder (13) ein Kühler angeordnet ist und dass an Stelle des Kühlers (10) oder (11) ein Erhitzer angeordnet ist.
13. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenstange (3.3) des Doppel-Innenkolbens (3) hohl ist und damit den Puffergasraum (6.1) mit dem Puffergasraum (6.2) verbindet.
14. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasraum (403) mit dem Gasraum (404) verbunden ist und dass der Gasraum (501) mit dem Gasraum (504) verbunden ist.
15. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Gasverbindung an einen der beiden Arbeitsgaszyklen angeschlossen ist, während die zweite Gasverbindung an den zweiten Arbeitsgaszyklus angeschlossen ist.
16. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Gasverbindungen über Kanäle (208) und (209) in der hohlen Kolbenstange (203) des Doppel-Außenkolbens (200) ausgebildet sind.
17. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Kanäle in der Kolbenstange (303) des Doppel-Innenkolbens (300) ausgebildet ist.
18. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur thermischen Entkopplung von Erhitzer und Zylinder für beide Zyklen je ein Pulsrohr so angeordnet ist, dass die Mittelachse des Pulsrohres senkrecht auf der Mittelachse des Zylindergrundkörpers (100) des Motors steht.
19. Heißgasmotor nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Doppel-Außenkolben (200) zur Kraftableitung mit

einer Kolbenstange (210) verbunden ist und diese druckdicht durch die Zylinderwand nach außen geführt ist.

20. Heißgasmotor nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kolbenstange (210) zur Kraftfortleitung nach außen und zur Hubbegrenzung des Doppel-Außenkolbens (200) mit dem Mittelpunkt einer Membran, mit einem Pleuel, der an eine Kurbelwelle anlenkt oder mit dem Spulenkörper eines Lineargenerators mechanisch verbunden ist.

15 Claims

1. A dual cycle hot gas engine comprising pistons which are movable inside one another, **characterized in that** a dual external piston (2) is arranged to be axially movable inside a basic cylinder member (1) and a dual internal piston (3) is arranged to be axially movable inside the dual external piston (2).
2. The hot gas engine as claimed in claim 1, **characterized in that** the basic cylinder member (1) includes two outer end walls and a central partition in parallel with the same whereby two like spaces are formed in the interior of the basic cylinder member (1).
3. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the central partition of the basic cylinder member (1) is formed with a central bore to be able to receive at least one sliding seal (1.1).
4. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the dual external piston (2) interconnects two external pistons (2.1 and 2.2) by a hollow piston rod (2.3), and the hollow piston rod (2.3) is guided tightly through the sliding seal (1.1).
5. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the dual internal piston (3) interconnects two internal pistons (3.1 and 3.2) by a piston rod (3.3), and the piston rod (3.3) is guided tightly through sliding seals (2.4) which are located in the hollow piston rod (2.3).
6. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the end surfaces of the basic cylinder member (1) include magnets (1.2) for mutually repelling interaction with magnets (2.7) disposed in the end surfaces of the dual external piston (2) (springs are conceivable too).

7. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the external piston (2.1) has apertures (2.5) in its end surface remote from the magnets which apertures connect the gas space (4.2) with the gas space (4.3).
8. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the external piston (2.2) has apertures (2.6) in its end surface remote from the magnets which apertures connect the gas space (5.1) with the gas space (5.2).
9. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, except claim 7, **characterized in that** the external piston (2.1) has apertures (2.5) in its end surface facing the magnets which apertures connect the gas space (4.1) with the gas space (6.1); gas space (4.2) becoming a buffer space.
10. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, except claim 8, **characterized in that** the external piston (2.2) has apertures (2.6) in its end surface facing the magnets which apertures connect the gas space (6.2) with the gas space (5.3); gas space (5.2) becoming a buffer space.
11. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the gas space (4.1) communicates with the gas space (4.3) via a heater (8), a regenerator (9), and a cooler (10), and that the gas space (5.1) communicates with the gas space (5.3) via a cooler (11), a regenerator (12), and a heater (13).
12. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the heater (8 or 13) is replaced by a cooler, and the cooler (10 or 11) is replaced by a heater.
13. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the piston rod (3.3) of the dual internal piston (3) is hollow, thus connecting the buffer gas space (6.1) with the buffer gas space (6.2).
14. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** gas space (403) communicates with gas space (404) and gas space (501) communicates with gas space (504).
15. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the first gas connection is linked to one of the two working gas cycles, while the second gas connection is linked to the second working gas cycle.
16. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the two

gas connections are embodied by passages (208 and 209) in the hollow piston rod (203) of the dual external piston (200).

- 5 17. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the passages is formed in the piston rod (303) of the dual internal piston (300).
- 10 18. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** a pulse tube each is provided for both cycles for thermic decoupling of heater and cylinder, the pulse tube being arranged so that its central axis extends at right angles to the central axis of the basic cylinder member (100) of the engine.
- 15 19. The hot gas engine as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the dual external piston (200) is connected to a piston rod (210) to carry off force, and the piston rod is passed tightly through the cylinder wall to the outside.
- 20 20. The hot gas engine as claimed in claim 19, **characterized in that**, to carry off force to the outside and to limit the stroke of the dual external piston (200), the piston rod (210) is mechanically connected to the center of a diaphragm, a connecting rod pivoted at a crankshaft, or the coil member of a linear generator.
- 25 30

Revendications

- 35 1. Moteur à gaz chaud à deux temps comprenant des pistons s'engageant l'un dans l'autre, **caractérisé en ce que** dans un corps de base de cylindre (1) est disposé un double piston extérieur (2) mobile axialement et dans lequel est disposé un double piston intérieur (3) mobile axialement.
- 40 2. Moteur à gaz chaud selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps de base de cylindre (1) comprend deux parois de limitation frontales extérieures et une paroi de séparation centrale parallèle à celles-ci, de telle sorte que dans son volume intérieur deux espaces identiques sont formés.
- 45 3. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la paroi de séparation centrale du corps de base de cylindre (1) comprend un alésage central pour pouvoir recevoir au moins une garniture d'étanchéité (1.1).
- 50 55 4. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le double piston extérieur (2) relie l'un à l'autre par

une tige de piston creuse (2.3) deux pistons extérieurs (2.1) et (2.2), et la tige de piston creuse (2.3) est guidée à travers la garniture d'étanchéité (1.1) de manière étanche à la pression.

5. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le double piston intérieur (3) relie l'un à l'autre par une tige de piston (3.3) deux pistons intérieurs (3.1) et (3.2), et la tige de piston (3.3) est guidée de manière étanche à la pression à travers les garnitures d'étanchéité (2.4), qui se trouvent dans la tige de piston creuse (2.3).
6. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les surfaces de limitation frontales du corps de base de cylindre (1) comprennent des aimants (1.2) qui sont interactifs par répulsion avec des aimants (2.7) dans les surfaces de limitation frontales du double piston extérieur (2) (des ressorts sont également possibles).
7. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le piston extérieur (2.1), dans sa surface de limitation frontale opposée aux aimants, comprend des orifices (2.5) reliant le volume de gaz (4.2) au volume de gaz (4.3).
8. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le piston extérieur (2.2), dans sa surface de limitation frontale opposée aux aimants, comprend des orifices (2.6) reliant le volume de gaz (5.1) au volume de gaz (5.2).
9. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le piston extérieur (2.1), dans sa surface de limitation frontale en regard des aimants, comprend des orifices (2.5) reliant le volume de gaz (4.1) au volume de gaz (6.1). Le volume de gaz (4.2) devient une zone tampon.
10. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes sauf 8, **caractérisé en ce que** le piston extérieur (2.2), dans sa surface de limitation en regard des aimants, comprend des orifices (2.6) reliant le volume de gaz (6.2) au volume de gaz (5.3). Le volume de gaz (5.2) devient une zone tampon.
11. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volume de gaz (4.1) est relié au volume de gaz (4.3) par l'intermédiaire d'un réchauffeur (8), d'un régénérateur (9) et d'un radiateur (10), et **en ce que**

le volume de gaz (5.1) est relié au volume de gaz (5.3) par l'intermédiaire d'un radiateur (11), d'un régénérateur (12) et d'un réchauffeur (13).

- 5 12. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'à** la place du réchauffeur (8) est disposé un radiateur (13), et **en ce qu'à** la place du radiateur (10) est disposé un réchauffeur (11).
- 10 13. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tige de piston (3.3) du double piston intérieur (3) est creuse et relie ainsi le volume de gaz tampon (6.1) au volume de gaz tampon (6.2).
- 15 14. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volume de gaz (403) est relié au volume de gaz (404), et **en ce que** le volume de gaz (501) est relié au volume de gaz (504).
- 20 15. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première liaison de gaz est raccordée à l'un des deux cycles du gaz de travail tandis que la deuxième liaison de gaz est raccordée au deuxième cycle du gaz de travail.
- 25 16. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux liaisons de gaz sont formées par des canaux (208) et (209) dans la tige de piston creuse (203) du double piston extérieur (200).
- 30 17. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins l'un des canaux est formé dans la tige de piston (303) du double piston intérieur (300).**
- 35 18. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour le découplage thermique du réchauffeur et du cylindre pour les deux cycles respectivement un tube de pulsation est disposé de telle sorte que l'axe médian du tube de pulsation soit perpendiculaire à l'axe médian du corps de base de cylindre (100) du moteur.
- 40 19. Moteur à gaz chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le double piston extérieur (200), pour évacuer des efforts, est relié à une tige de piston (210) et celle-ci est guidée vers l'extérieur à travers la paroi de cylindre de manière étanche à la pression.
- 45 20. Moteur à gaz chaud selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** la tige de piston (210), pour
- 50
- 55

transmettre des efforts vers l'extérieur et pour limiter la course du double piston extérieur (200), est reliée mécaniquement au point médian d'une membrane, à une bielle articulée à un vilebrequin ou au corps de bobine d'un générateur linéaire.

5

10

15

20

25

30

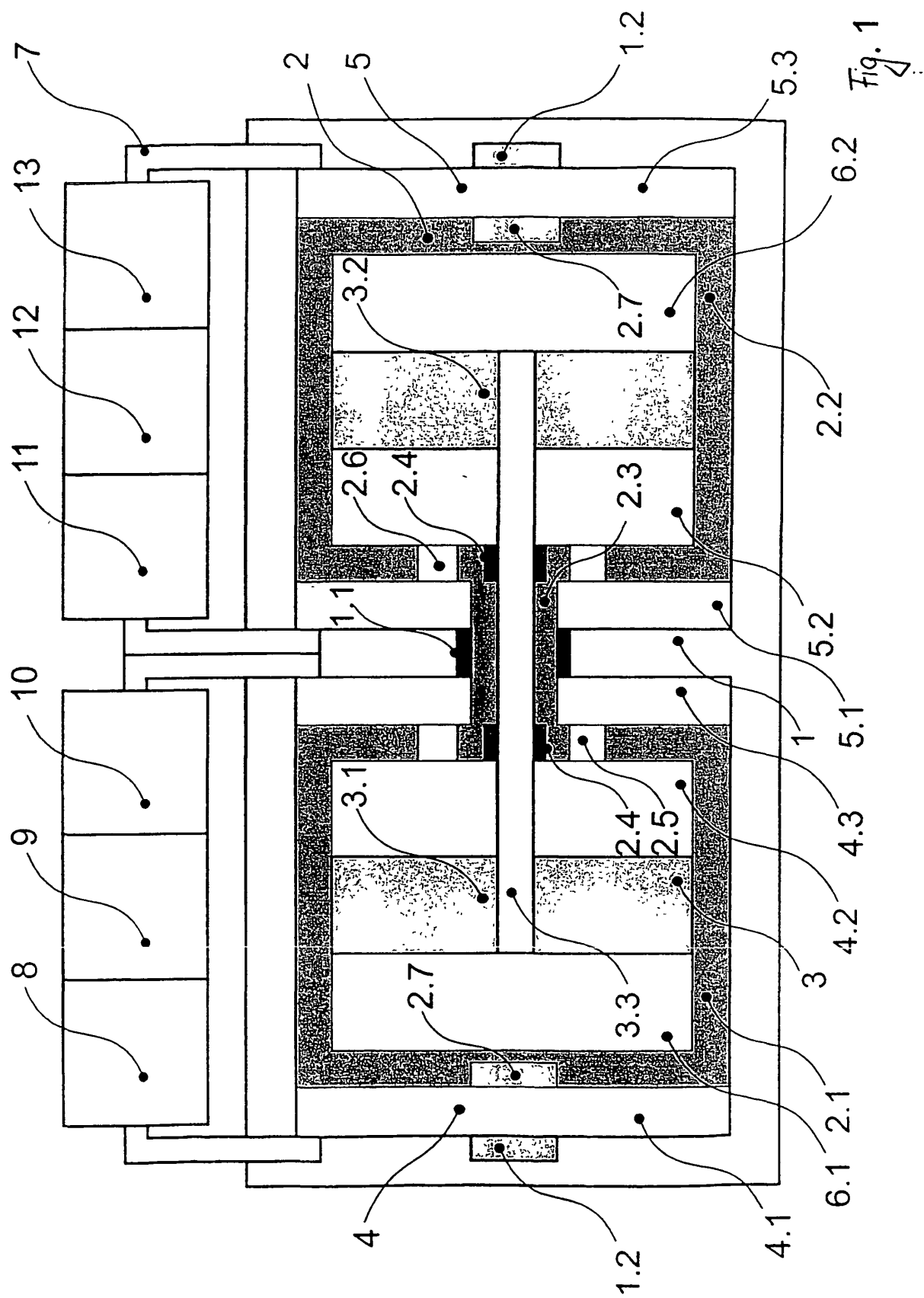
35

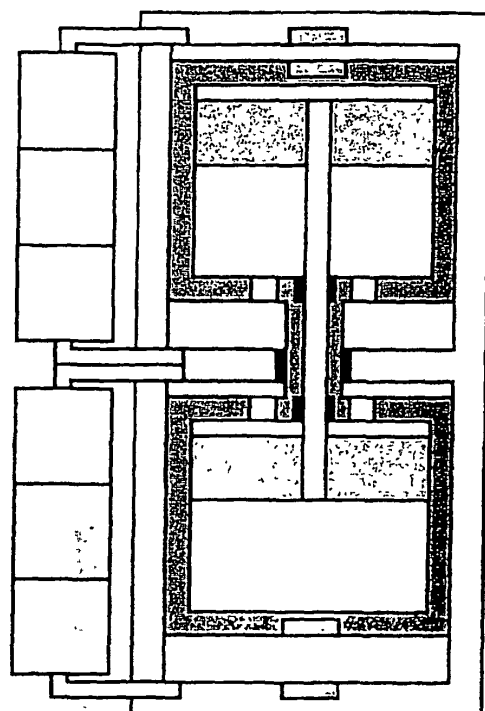
40

45

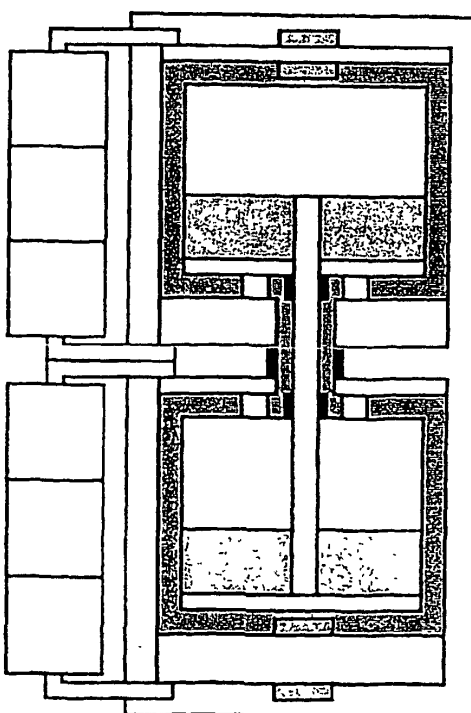
50

55

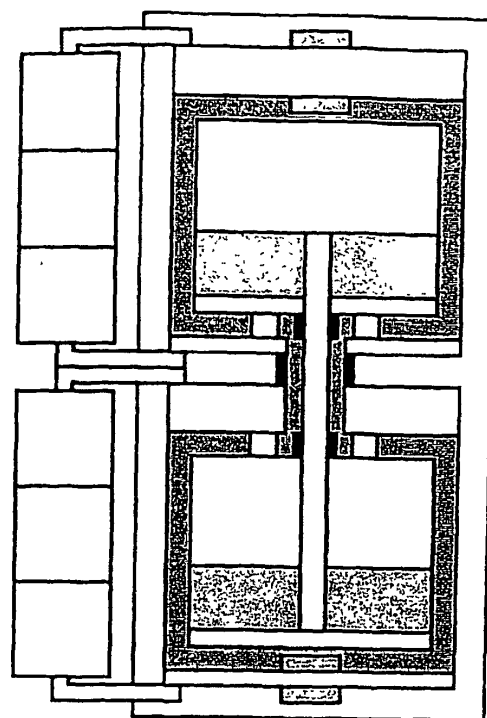




A



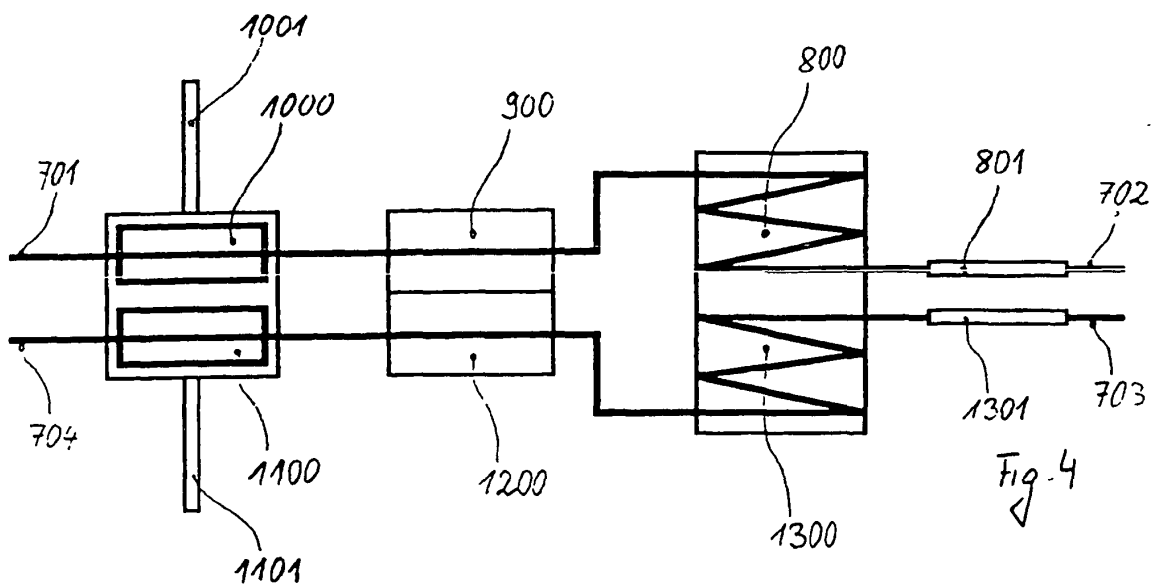
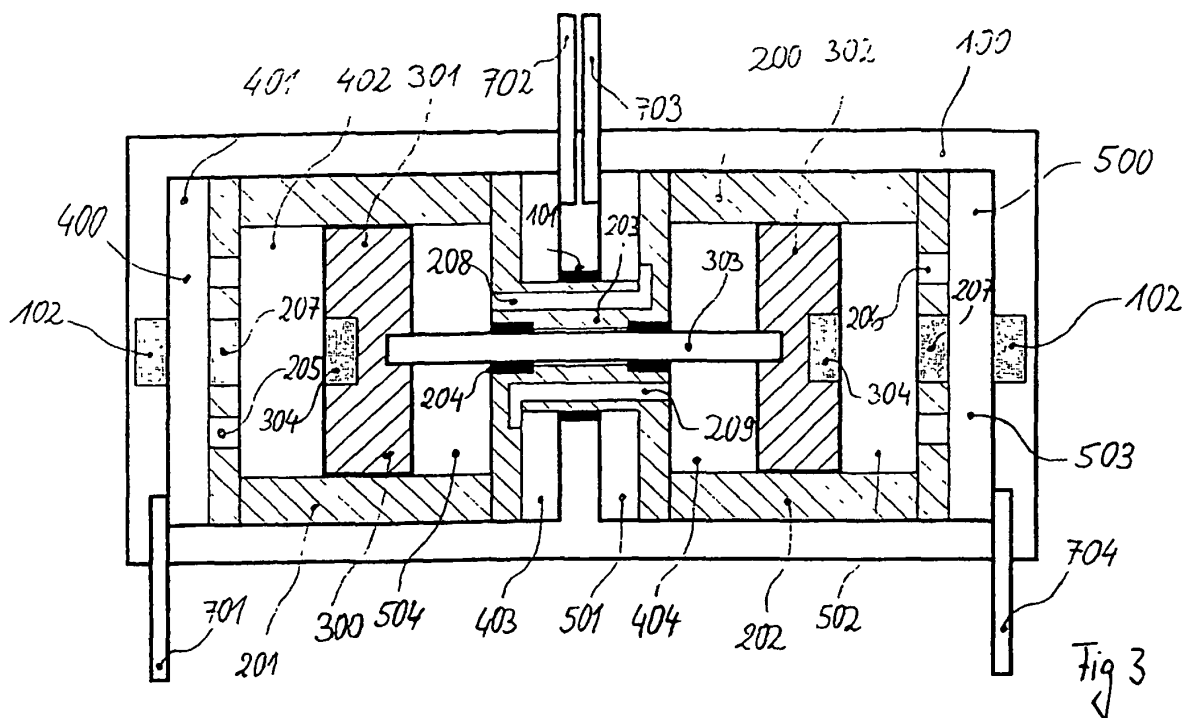
C



D

Fig 2

B



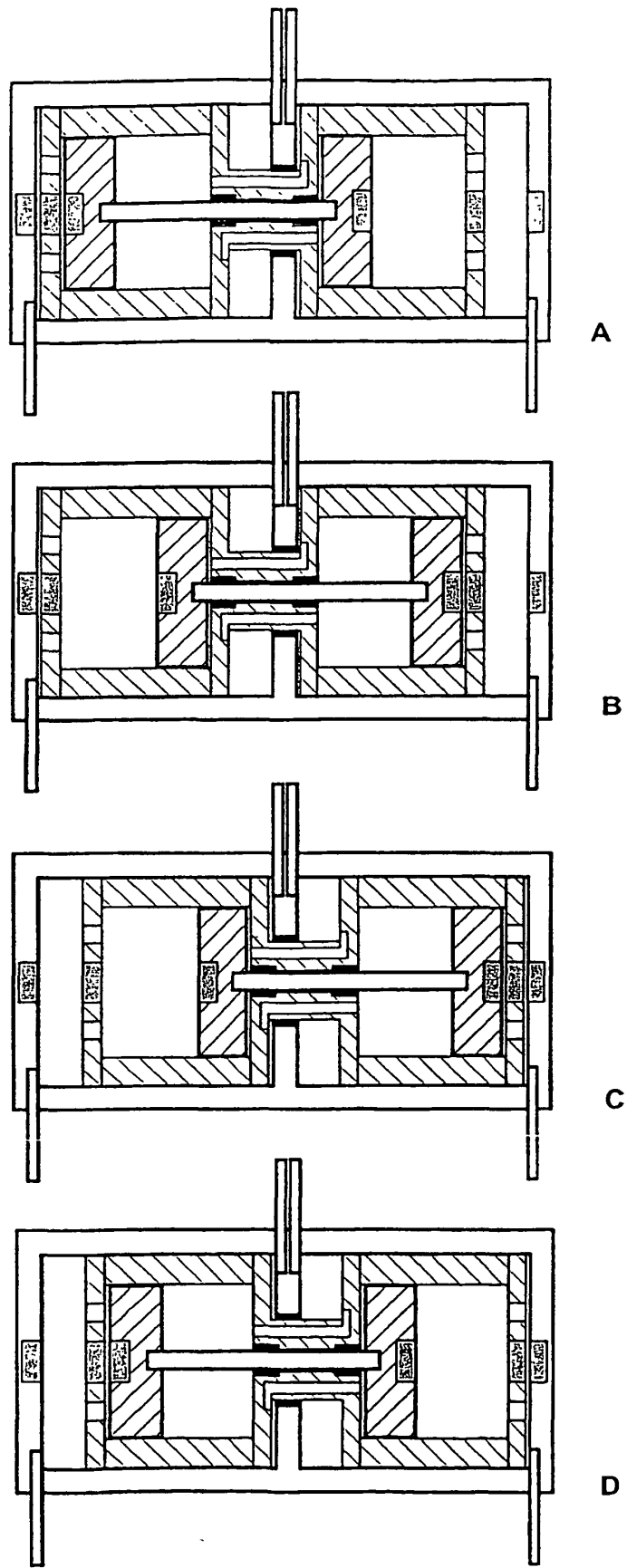


Fig.5

