



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP F 02 G / 251 229 0

(22) 25.05.83

(44) 09.10.85

(71) Karl-Marx-Universität Leipzig, 7010 Leipzig, Goethestraße 3-5, DD

(72) Kiefer, Clemens, Dr. rer. nat., DD

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Keramikbrennkraftmaschine

(57) Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Keramikbrennkraftmaschine beschrieben. Die Keramikbrennkraftmaschine besteht aus einer Kombination von Verdichter, Dampfmaschine und Verbrennungsmotor. Verdichtung und Expansion erfolgen zweistufig. In den Kraftstoffdruckbehälter wird gasförmiger oder flüssiger Kraftstoff, der dort verdampft, gepumpt. Aus den Druckbehältern D und B gelangen gasförmiger Kraftstoff und die komprimierte Luft in den kleinen Motorzylinder, in dem die Verbrennung und die Expansion 1. Stufe stattfindet. Das Arbeitsgas gelangt über einen Druckbehälter C in den großen Motorzylinder zur Expansion 2. Stufe. Die Füllmenge wird über die Ventile geregelt. Das Arbeitsverfahren ist keramikfreundlich auf Grund fehlender Schlagbelastung und relativ geringer Temperatursprünge in den Zylindern. Als Kraftübertragungsmechanismus wird ein einfach gelagerter Taumelscheibenantrieb vorgeschlagen. Die Keramikbrennkraftmaschine besitzt ein hohes Beschleunigungsvermögen und hat einen geringen Kraftstoffverbrauch, da eine Bremsenergieerückgewinnung, eine effektive Abgasenergieerückgewinnung durch Dampferzeugung und Dampfzumischung zum Arbeitsgas, Schub- und Leerlaufabschaltung, ein Zweiganggetriebe und ein sehr hohes Kompressionsverhältnis ($\epsilon \approx 42$) realisiert werden. Durch das Vermeiden extremer Temperaturen während des Verbrennungsvorganges wird die Stickoxidbildung gering gehalten. Die Verbrennung setzt sich im Druckbehälter C fort, was zu einer geringen CH_x - und CO-Emission führt. Die Keramikbrennkraftmaschine kann in reinem Gasbetrieb mit Flüssiggas, Biogas oder Wasserstoff arbeiten.

Erfindungsansprüche:

1. Verfahren zum Betreiben einer Keramikbrennkraftmaschine, **gekennzeichnet dadurch**, daß von einer Kraftstoffpumpe gasförmiger und/oder flüssiger Kraftstoff in den Kraftstoffdruckbehälter D, in dem flüssiger Kraftstoff verdampft, gepumpt wird und daß aus dem Kraftstoffdruckbehälter D gasförmiger Kraftstoff zusammen mit Luft aus dem Druckbehälter B, in den die Luft nach zweistufiger Verdichtung in den Verdichterzylindern I und II geschoben wird, über Pilz-, Schieber- oder Drehschieberventile in den Motorzylinder III gelangt, in dem die Verbrennung und Expansion 1. Stufe stattfindet, wonach die Verbrennungsgase über den Druckbehälter C in den Motorzylinder IV zur Expansion 2. Stufe gelangen aus dem sie als Abgas ausgeschoben werden.
2. Brennkraftmaschine nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß sich in den Schieber- (1) oder Drehschieberventilen Kanäle befinden, über die die Arbeitsräume der Zylinder (I, II, III, IV) während der Einlaß- oder Auslaßphase mit den Druckbehältern (A, B, C, D) oder der Außenluft verbunden sind und daß sich in den Einlaßkanälen der Motorzylinder (III, IV) kleine Kółbchen (3) oder Drosselklappen befinden, mit denen die Durchflußquerschnitte verändert werden, wodurch die in die Motorzylinder einströmende Gasmenge zur Leistungsänderung oder Energiespeicherung geregelt wird.
3. Brennkraftmaschine nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß Pilzventile zwischen dem Arbeitsraum des Motorzylinders III und den Druckbehältern B und D und zwischen dem Arbeitsraum des Motorzylinders IV und dem Druckbehälter C angebracht sind derart, daß durch die Ventilsteuerung die in die Motorzylinder einströmende Gasmenge zur Leistungsänderung oder Energiespeicherung geregelt wird.
4. Brennkraftmaschine nach Punkt 1, 2 oder 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Abgasenergie rückgewonnen wird, indem Wasser in einen oder mehrere Druckbehälter (A, B, C, D), der (die) vom Abgas durch- oder umströmt wird (werden), gepumpt wird und daß der sich bildende Dampf an heißen, zu kühlenden Motorbauteilen zur Erwärmung vorbeigeleitet wird, wonach er im (in den) Druckbehälter(n) dem über das (die) Ventil(e) in den Motorzylinder gelangenden Gas zugemischt wird.
5. Brennkraftmaschine nach Punkt 1, 2, 3 oder 4, Brennkraftmaschine oder Arbeitsmaschine, **gekennzeichnet dadurch**, daß zur Kraftübertragung ein Taumelscheibenantrieb zur Anwendung kommt, in dem eine kegelstumpfförmige Taumelscheibe (5) mittels eines am Motorblock (6) befestigten Kardangelenkes (7) am breiten Ende des Kegelstumpfes, an dessen Rand die Pleuel (4) gelagert sind, mittig gehalten wird, während in der sich am schmalen Kegelstumpfe befindenden zentrierten Bohrung (11) ein zum Kardangelenk (7) gerichteter in einer mit der Welle (8) fest verbundenen Schwungscheibe (9) befestigter Schrägkurbelzapfen (10) gelagert ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Der vorgeschlagene Verbrennungsmotor ist vorrangig als Fahrzeugmotor geeignet.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Durch elektronische Steuerung, Leerlauf- und Schubabschaltung, Aufladung, Verbesserung der Verbrennungsverfahren, Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses, Verringerung der Motorreibung usw. konnte der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugverbrennungsmotoren spürbar gesenkt werden. Infolge dieser Optimierung sind für den Metaldieselmotor, der durch seinen im Vergleich zum Ottomotor höheren Wirkungsgrad auch im PKW-Bereich an Bedeutung gewinnt, kaum noch größere Wirkungsgradsteigerungen möglich.

Der Einsatz von Keramik, der nochmals eine beträchtliche Wirkungsgradsteigerung verspricht, ist im Dieselmotor äußerst problematisch, da keramische Werkstoffe im Unterschied zu Metallen wegen ihrer außerordentlichen Härte bei schlagartigen Belastungen und rascher Temperaturveränderung brechen. Die Nachteile des Dieselmotors liegen außerdem in der Begrenzung der maximalen Drehzahl, die eine bedeutende Verkleinerung der Motoren verhindert, in einem relativ geringen Beschleunigungsvermögen und in einer relativ hohen Stickoxidemission, deren Senkung mit einem Kraftstoffmehrverbrauch verbunden ist. Gasförmige Alternativkraftstoffe, wie Flüssiggas, Biogas und Wasserstoff, dem möglichen Energieträger der Zukunft, können nur durch Umrüsten auf das mit schlechterem Wirkungsgrad arbeitende Ottoverfahren in reinem Gasbetrieb verwendet werden. Die Möglichkeit des Einsatzes von Keramik in einem Wasserstoff-Ottomotor ist auf Grund der extremen Schlagbelastung sehr fraglich. Die Entwicklung eines Keramik-Wasserstoffantriebes hohen Wirkungsgrades ist erstrebenswert. Ein solcher Antrieb würde den Aktionsradius eines wasserstoffbetriebenen Fahrzeuges mit Metallhydridspeicher vergrößern.

Ziel der Erfindung

Es soll ein umweltfreundlicher, vielstofffähiger, energiesparender Keramikmotor geschaffen werden. Der Motor soll ein hohes Beschleunigungsvermögen haben, die Bremsenergie speichern können und in reinem Gasbetrieb mit Wasserstoff arbeiten können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Brennkraftmaschine besteht aus einer Kombination von Verdichter, Dampfmaschine und Verbrennungsmotor. Verdichtung und Expansion finden in verschiedenen Zylindern — Verdichterzylinder I, II und Motorzylinder III, IV — statt. Es wird zweistufig verdichtet und expandiert. Die Arbeitsräume der Zylinder werden im entsprechenden Zeitabschnitt über Ventile (Schieberventile 1, Drehschieber- oder Pilzventile) mit den Druckbehältern oder mit der Außenluft verbunden. Der große Verdichterzylinder I saugt Frischluft an. Sie wird mit dem Kompressionsverhältnis ε_1 verdichtet und in den Druckbehälter A geschoben. Die komprimierte Luft gelangt aus dem Druckbehälter A in den kleinen Verdichterzylinder II. Hier wird sie mit dem Kompressionsverhältnis ε_2 weiter verdichtet und in den Druckbehälter B geschoben. Wie üblich wird zur Vermeidung von Arbeitsverlusten der Einlaß in die Zylinder I und II erst dann beginnen, wenn der Druck im Arbeitsraum auf den Wert des Ansaugdruckes abgefallen ist. Mit einer Kraftstoffpumpe wird flüssiger oder gasförmiger Kraftstoff in den Kraftstoffdruckbehälter D gepumpt. Infolge der hohen Umgebungstemperatur verdampft der flüssige Kraftstoff, so daß sich am Auslaß des Kraftstoffdruckbehälters D grundsätzlich gasförmiger Kraftstoff befindet. Im kleinen Motorzylinder III findet die Verbrennung statt. Noch vor dem oberen Totpunkt (OT) wird das Ausschieben beendet. Das im Arbeitsraum verbliebene Restgas wird bis auf den Druck, der im Druckbehälter B herrscht, komprimiert. Über Ventile gelangen Kraftstoff und Luft aus den Druckbehältern B und D in den Zylinder III. Ist der Motor noch kalt, so wird fremdgezündet. Bei warmem Motor zündet sich

das Gemisch von selbst. Nach Schließen der Ventile wird der Verbrennungs- und Expansionsvorgang fortgesetzt. Die Einströmmenge der Luft und des Kraftstoffes in den Zylinder III wird über die Ventile geregelt. Dies kann z. B. geschehen, indem die Eintrittsquerschnitte mittels im Schieberventil 1 oder Drehschieberventil eingebauter Kößchen 3 oder Drosselklappen verändert werden oder indem bei Verwendung von Pilzventilen (je eins für die beiden Druckbehälter B und D) die Eintrittsquerschnitte der Ventile z. B. mittels Lageveränderung des Kipphebelrehpunktes reguliert werden. Nach dem unteren Totpunkt (UT) wird das verbrannte Gas in den Druckbehälter C geschoben, von wo es in den Motorzylinder IV gelangt. Die Einströmmenge in den Zylinder IV wird ebenfalls über das Ventil geregelt. Nach Schließen des Einlaßventils expandiert das Gas im Motorzylinder IV. Das Ausschleichen nach außen wird auch hier vor Erreichen des OT beendet. Dadurch wird das verbliebene Restgas bis auf den Druck des Druckbehälters C im OT komprimiert. Die Kolben 2 sind über Pleuel 4 (oder Kolbenstangen) mit dem Kraftübertragungsmechanismus z. B. der Kurbelwelle oder einer Taumelscheibe 5 (Fig. 2) verbunden.

Anmerkung: Die Zuführung des Kraftstoffes über das Ventil wird vorgeschlagen, da der Motor dadurch sowohl mit gasförmigen als auch mit flüssigen Kraftstoffen arbeiten kann. Bei einem grundsätzlich mit Flüssigkraftstoff betriebenen Motor kann der Kraftstoff in den Motorzylinder III gespritzt werden. Es bestehen weitere Möglichkeiten der Energiezufuhr. Zum Beispiel kann die komprimierte Luft im Druckbehälter B von außen erhitzt werden, oder die Verbrennung findet durch Einspritzen von Kraftstoff im Druckbehälter B statt, wie beides im Patent DD 159356 und der DD-Anmeldung WP FO2 G/234557/2 beschrieben wurde.

1. Die Zündung erfolgt bei geöffneten Ventilen, d. h. wenn der Arbeitsraum des Motorzylinders III mit den Druckbehältern B und D verbunden ist. Dadurch können keine Druckspitzen auftreten. Kraftstoff- und Luftzufuhr erfolgen dosiert, d. h. nur wenn der Druck im Zylinder III absinkt. Da Verbrennung und Expansion gleichzeitig wirken, werden sehr hohe Temperaturen und damit die Stickoxidbildung weitestgehend vermieden. Die Verbrennung setzt sich vor der zweiten Expansion im Druckbehälter C fort, so daß sie nahezu vollständig stattfindet, was mit einer geringen CH_4 - und CO-Emission verbunden ist.

2. Das Arbeitsverfahren ist keramikfreundlich. Da keine plötzliche Druckerhöhung auftritt, wird eine für Keramik gefährliche Schlagbelastung vermieden. Durch die zweistufige Verdichtung und Expansion sind die Temperatursprünge in den Zylindern im Vergleich zu denen des Dieselmotors deutlich kleiner, was ebenfalls den Einsatz von Keramik als Werkstoff begünstigt.

3. Verdichtung und Expansion finden bei niedrigen Druckwerten in einem großen und bei hohen Druckwerten in einem kleinen Zylinder statt. Dadurch sind die maximalen Kolbenkräfte relativ klein. Im Vergleich zum Dieselmotor kann dadurch das Kompressionsverhältnis bedeutend gesteigert werden, was zu einem hohen theoretischen Wirkungsgrad führt.

4. Sowohl zündwillige als auch weniger zündwillige, leicht- oder auch schwerflüchtige Flüssigkraftstoffe können infolge der sehr hohen Kompressionstemperatur eingesetzt werden. Besteht die Kraftstoffpumpe aus einem Kleinkompressor, so ist reiner Gasbetrieb möglich.

5. Das Anschließen einer Stahlflasche (≈ 151 Rauminhalt sind für einen PKW ausreichend) an den Druckbehälter B ermöglicht die Bremsenergieerückgewinnung. Während des Bremsvorganges wird die Regelung der Einlaßventile der Motorzylinder derart eingestellt, daß die Kraftstoffzufuhr unterbrochen und die Luftzufuhr völlig oder teilweise gedrosselt wird. Damit wird das Fahrzeug mehr oder weniger durch die ständig in den Verdichterzylindern stattfindende Verdichtung abgebremst. Der Druck im Druckbehälter B steigt an. Die Bremsenergie wird gespeichert und steht teilweise zur Arbeitsgewinnung wieder zur Verfügung. Eine Energiespeicherung ist auch möglich, wenn der Motor fast die volle Leistung an die Räder abgibt, d. h. während der Fahrt.

6. Durch Hubraumvergrößerung um etwa 33% gegenüber dem Normalmotor kann das Getriebe auf ein Zweiganggetriebe verkleinert werden, da das Leistungsdefizit beim Anfahren durch zusätzliche Freisetzung gespeicherter Energie ausgeglichen werden kann. Auf Grund der hohen Kompressionstemperatur und der Möglichkeit des Fortsetzens der Verbrennung im Druckbehälter C können auch sehr magere Gemische nahezu vollständig verbrennen, so daß der spezifische Kraftstoffverbrauch nicht übermäßig ansteigt. Damit können die Schwierigkeiten des bei hohen Drehzahlen äußerst leistungsstarken Motors überwunden werden. Mit dem Zweiganggetriebe könnte die Zahl der Schaltvorgänge beim Fahren wesentlich verringert werden.

7. Die vorgeschlagene Keramikbrennkraftmaschine besitzt ein hohes Beschleunigungsvermögen. Da im allgemeinen ein Beschleunigungsvorgang auf einen Bremsvorgang, d. h. Speichervorgang, folgt, so kann durch zusätzliche Freisetzung der gespeicherten Energie kurzzeitig ein hohes Beschleunigungsvermögen realisiert werden. Infolge der relativ geringen maximalen Kolbenkräfte können die Verdichterzylinder größer als normal erforderlich ausgelegt werden. Liefert die Kraftstoffpumpe genügend Kraftstoff, so kann im Bedarfsfall eine größere Gemischmenge verbrannt werden, wodurch das Beschleunigungsvermögen auch für längere Zeiten erhöht werden kann. Mit der Abgasenergieerückgewinnung über Dampferzeugung wird der für den Beschleunigungsfall ungünstige Abgasturbolader (ATL) umgangen. Weniger Schaltvorgänge mit einem Zweiganggetriebe und die für die Getriebeverkleinerung notwendige Hubraumvergrößerung sprechen ebenfalls für ein hohes Beschleunigungsvermögen.

8. Mehrere Faktoren begünstigen einen geringen Kraftstoffverbrauch:

8.1. Mit dem Einsatz von Keramik werden infolge der hohen Wandtemperatur der schädliche Wärmeaustausch mit der Zylinderwand und die Reibungsverluste reduziert, da durch das Einlappen der Kolben keine Kolbenringe erforderlich sind.

8.2. In die (den) vom Abgas durch- oder umströmten Druckbehälter wird Wasser gepumpt, so daß sich in ihnen (ihm) ständig eine geringe Wassermenge befindet. Der sich bildende Dampf wird vor Eintritt in die (den) Motorzylinder im Druckbehälter dem Gas zugemischt. Der Dampf expandiert im Motorzylinder unter Verrichtung von Arbeit. Er kann vor der Expansion erwärmt werden, indem er an zu kühlende, heiße Motorbauteile vorbeigeleitet wird. Bei dieser Motorkühlung treten keine Energieverluste auf. Die Dampferzeugung und Zumischung zum Arbeitsgas ermöglicht eine effektivere Abgasverwertung als ein ATL. Der Abgasenergieerückgewinnung über Dampferzeugung und Zumischung des Dampfes zum Arbeitsgas kommt bei Keramikmotoren eine besondere Bedeutung zu, da die höhere Abgasenergie vom ATL nicht genutzt werden kann.

8.3. Mit der Steigerung des Kompressionsverhältnisses z. B. auf $\epsilon = 42$ ist eine Erhöhung des theoretischen Wirkungsgrades gegenüber dem Dieselmotor um etwa 5% verbunden.

8.4. Die Keramikbrennkraftmaschine erlaubt die teilweise Rückgewinnung der Bremsenergie. Die Bremsenergieerückgewinnung ist bei Wasserstoffmotoren von Bedeutung, da Metallhydridspeicher eine relativ große Masse besitzen.

8.5. Ein Zweiganggetriebe kann eine merklich geringere Reibung gegenüber einem 4- oder 5-Ganggetriebe aufweisen, da weniger Zahnradpaare ständig ineinandergreifen. Dies gilt besonders für ein Zweiganggetriebe, in dem nur ein Zahnradpaar ständig ineinandergreift.

8.6. Eine stets nahezu vollständige Verbrennung, Schubabschaltung und Leerlaufabschaltung können ohne die Notwendigkeit einer elektronischen Steuerung realisiert werden.

8.7. Insbesondere ergeben sich Vorteile im Kraftstoffverbrauch für die vorgestellte Keramikbrennkraftmaschine bei reinem Gasbetrieb mit Flüssiggas, Biogas oder Wasserstoff. Reiner Gasbetrieb ist sonst nur mit dem mit niedrigem Wirkungsgrad arbeitenden Ottoverfahren möglich. Infolge der extremen Schlagbelastung ist eine Erhöhung des Kompressionsverhältnisses und der Einsatz von Keramik in einem Wasserstoff-Ottomotor kaum möglich.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der dazugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1 Prinzipskizze der Keramikbrennkraftmaschine

Fig. 2 Kraftübertragungsmechanismus für die Keramikbrennkraftmaschine.

Als Kraftübertragungsmechanismus wird ein Taumelscheibenantrieb vorgeschlagen, da die kleinen Pleuelauslenkwinkel zur Verringerung der Kippbewegung der Keramikkolben führen. Die axiale Anordnung der Zylinder bringt außerdem räumliche Vorteile. Durch den möglichen vollständigen Massenausgleich sind in Verbindung mit Drehschieberventilen auch sehr hohe Drehzahlen möglich. Mit dem in Fig. 2 dargestellten Taumelscheibenantrieb können die allgemein bestehenden Schwierigkeiten der Lagerung eines solchen Antriebes umgegangen werden. Eine kegelstumpfförmige Taumelscheibe 5 wird mittels eines am Motorblock 6 befestigten Kardan-Gelenkes 7 am breiten Kegelstumpfe mittig gehalten. In einer mit der Welle 8 fest verbundenen Schwungscheibe 9 ist ein zum Kardan-Gelenk 7 gerichteter Schrägkurbelzapfen 10 befestigt. Der Schrägkurbelzapfen 10 ist in der zentrierten Bohrung 11 der Taumelscheibe 5 am schmalen Kegelstumpfe gelagert. Die Lagerung der Welle 8 und der Schwungscheibe 9 erfolgt über Wälzlager 12. Dreht sich die Welle, so vollführt die Taumelscheibe 5 eine Taumelbewegung. Dadurch bewegt die in der Taumelscheibe 5 gelagerten Pleuel 4 die Kolben 2 (s. Fig. 1) hin und her.

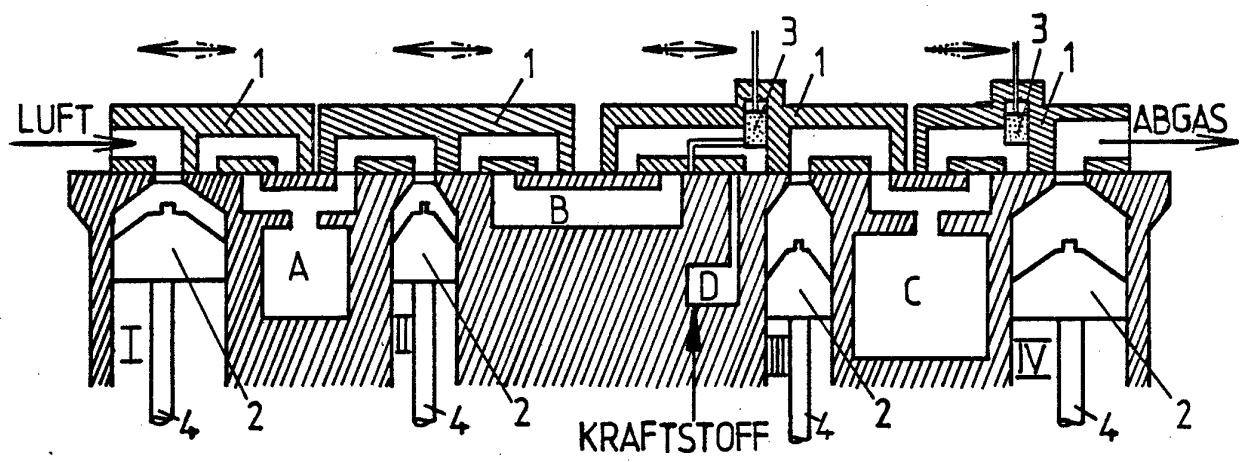


Fig.1

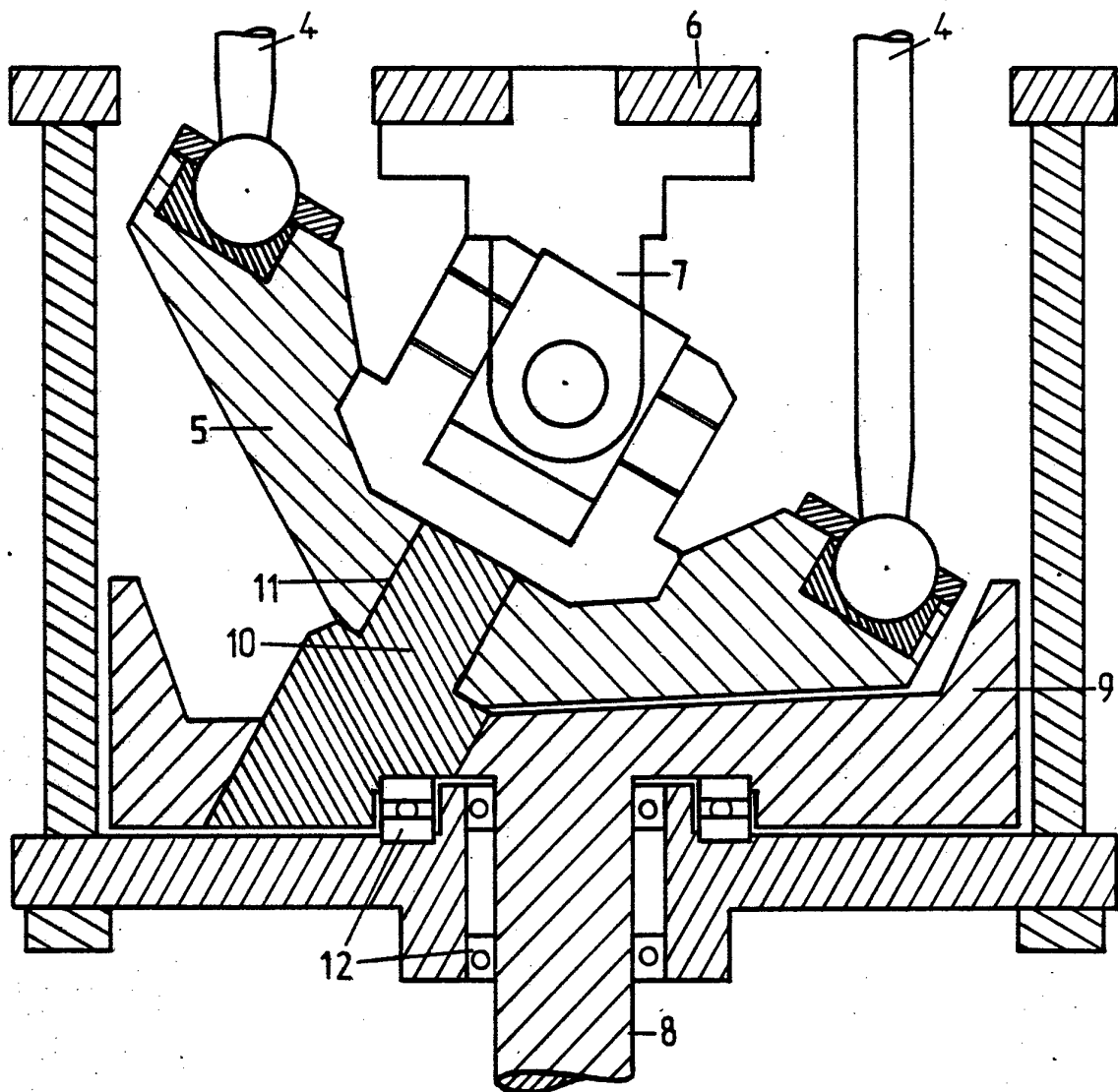


Fig.2