



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 09 042 T2 2004.10.21**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 155 226 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F02B 71/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 09 042.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/00788**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 906 902.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/50749**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.01.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **31.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.10.2004**

(30) Unionspriorität:
252831 22.02.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB, NL

(73) Patentinhaber:
Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

(72) Erfinder:
**BAILEY, M., Brett, Peoria, US; BERLINGER, G.,
Willibald, Peoria, US**

(74) Vertreter:
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **FREIKOLBENBRENNKRAFTMASCHINE MIT ALS LAGER WIRKENDEM KOLBENKOPF**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Freikolbenverbrennungsmotoren und insbesondere auf Kolben- und Zylinderkonfigurationen in solchen Motoren.

Technischer Hintergrund

[0002] Freikolbenverbrennungsmotoren weisen einen oder mehrere Kolben auf, die hin und her beweglich innerhalb entsprechender Verbrennungszyylinder angeordnet sind. Jedoch sind die Kolben nicht miteinander durch Anwendung einer Kurbelwelle verbunden. Stattdessen ist jeder Kolben typischerweise starr mit einer Stößelstange bzw. Kolbenstange verbunden, die verwendet wird, um eine gewisse Art der Arbeitsausgabe vorzusehen. Beispielsweise kann die Stößelstange bzw. Kolbenstange verwendet werden, um eine elektrische Leistungsausgabe vorzusehen, und zwar durch Einleitung eines elektrischen Stroms, oder eine Strömungsmittelleistungsausgabe, wie beispielsweise eine pneumatische oder hydraulische Leistungsausgabe. Bei einem Freikolbenmotor mit einer hydraulischen Ausgabe wird der Stößel bzw. Kolben verwendet, um hydraulisches Strömungsmittel zu pumpen, welches für eine spezielle Anwendung verwendet werden kann. Typischerweise definiert das Gehäuse, welches den Verbrennungszyylinder definiert, auch einen Hydraulikzylinder, in dem der Kolben angeordnet ist, und einen dazwischenliegenden Kompressionszylinder zwischen dem Verbrennungszyylinder und dem Hydraulikzylinder. Der Verbrennungszyylinder hat den größten Innendurchmesser; der Kompressionszylinder hat einen Innendurchmesser, der kleiner ist als der Verbrennungszyylinder; und der Hydraulikzylinder hat einen Innendurchmesser, der noch kleiner ist als der Kompressionszylinder. Ein Kompressionskopf, der an dem Stößel angebracht ist und von diesem an einer Stelle zwischen dem Kolbenkopf und dem Stößelkopf getragen wird hat einen Aussendurchmesser, der nur geringfügig kleiner ist als der Innendurchmesser des Kompressionszylinders. Ein Hochdruck-Hydraulikkumulator, der strömungsmittelmässig mit dem Hydraulikzylinder verbunden ist, wird durch die Hin- und Herbewegung des Stößels während des Betriebes des Freikolbenmotors unter Druck gesetzt. Ein zusätzlicher Hydraulikkumulator wird selektiv mit dem Gebiet in dem Kompressionszylinder verbunden, um einen relativ hohen axialen Druck gegen den Kompressionskopf auszuüben und dadurch den Kolbenkopf zur oberen Totpunktposition (TDC) zu bewegen.

[0003] Bei einem Freikolbenverbrennungsmotor, wie er oben beschrieben wird, wird die Stößelstange verschiebbar durch ein Paar von Dichtungen/Lagern

getragen, die jeweils zwischen dem Verbrennungszyylinder und dem Kompressionszyylinder angeordnet sind, und zwischen dem Kompressionszyylinder und dem Hydraulikzylinder. Jede Lagerung/Dichtung gestattet eine Hin- und Herbewegung der Stößelstange, während sie gleichzeitig um die Stößelstange herum abdichtet, um strömungsmittelmässig die assoziierten Zylinder zu trennen. Da die Stößelstange verschiebbar durch das Paar von Lagerungen/Dichtungen getragen wird, definiert die Längsachse der Stößelstange die Achse der Hin- und Herbewegung des Kolbens. Wegen Herstellungstoleranzen usw. ist es möglich, dass der Kolbenkopf nicht genau konzentrisch mit der Längsachse der Stößelstange angeordnet sein kann. Alternativ ist es möglich, dass die Längsachse des Verbrennungszyinders nicht exakt konzentrisch mit der Längsachse der Stößelstange angeordnet sein kann, die von dem Paar von Lagerungen/Dichtungen getragen wird.

[0004] WO 93/10 342 offenbart einen Freikolbenmotor mit einer Strömungsmittelenergieeinheit, der einen Zylinder und einen Kolben aufweist, der sich innerhalb des Zylinders hin und her bewegt. Der Kolben ist mit einer stößelförmigen Verlängerung ausgerüstet, die eine erste Axialstirnseite aufweist, die sich innerhalb einer Kammer bewegt, wenn der Kolben bewegt wird. Es sind Versorgungsmittel vorgesehen, um eine Flüssigkeit von einem Versorgungsvorrat zu der Kammer zu liefern und Auslassmittel, um Strömungsmittel aus der Kammer zu einem Akkumulator auszulassen. Die stößelförmige Verlängerung weist weiterhin eine Axialstirnseite auf, die zu der ersten Axialstirnseite entgegengesetzt ist und einen unter Druck gesetzten Raum an dem oberen Totpunkt des Kolbens begrenzt. Die hydraulische Einheit weist weiterhin einen Kompressionsabschnitt auf, um einen Kompressionshub des Kolbens auszuführen. Die Auslassmittel weisen getrennte erste und zweite Auslasskanäle auf, wobei der erste Auslasskanal in Verbindung mit der Kammer derart ist, dass das Auslassen von Flüssigkeit aus der Kammer zum Akkumulator nur bei einem ersten Teil des Expansionshubes des Kolbens stattfinden kann, und so dass der erste Auslasskanal einen geringen Flusswiderstand hat, wobei der zweite Auslasskanal mit einem unter Druck gesetzten Raum derart in Verbindung ist, dass das Auslassen von Flüssigkeit aus diesem Raum zum Akkumulator zumindest in einem Teil des Expansionshubes des Kolbens stattfinden kann, und so dass der zweite Auslasskanal ein schnell schließendes Einweg-Ventil aufweist, welches einen Fluss der Flüssigkeit zu dem unter Druck gesetzten Raum verhindert. Der Kolbenkopf innerhalb des Zylinders weist mehrere Kolbenringe zum gleitenden Kontakt mit dem Zylinder auf. Für weitere Details sei insbesondere auf **Fig. 3** dieser Veröffentlichung Bezug genommen.

[0005] Die vorliegende Erfindung ist darauf gerich-

tet, eines oder mehrere der oben dargelegten Probleme zu überwinden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Die vorliegende Erfindung sieht einen Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 1 vor, wobei ein Kolben einen Kolbenkopf besitzt, der als eine Lagerung innerhalb des Verbrennungszyinders wirkt, um konzentrische Fehlausrichtungen zwischen dem Kolbenkopf und der Stößelstange während des Gebrauches aufzunehmen. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können aus den abhängigen Ansprüchen gewonnen werden.

[0007] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass der Kolbenkopf und die einzelne Lagerung, die die Stößelstange trägt, die zwei Lagerungspunkte einer gleitenden Masse bilden, um konzentrische Fehlausrichtungen zwischen dem Verbrennungszyinder und dem Hydraulikzylinder und/oder konzentrische Fehlausrichtungen zwischen dem Kolbenkopf und der Stößelstange aufzunehmen.

[0008] Ein weiterer Vorteil ist, dass die radiale Belastung auf dem Kolbenkopf und auf der Stößelstange, die mit konzentrischen Fehlausrichtungen assoziiert ist, verringert wird oder eliminiert wird.

[0009] Noch ein weiterer Vorteil ist, dass der Teil des Kolbenkopfes, der die Lagerfläche definiert, aus einem Material mit den Eigenschaften einer niedrigen Reibung, geringer thermischer Ausdehnung und hoher Temperaturbeständigkeit konstruiert ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die oben erwähnten und andere Merkmale und Vorteile dieser Erfindung und die Art und Weise, wie sie erreicht werden, werden offensichtlicher werden, und die Erfindung wird besser mit Bezugnahme auf die folgende Beschreibung der Ausführungsbeispiele der Erfindung verständlich werden, wenn diese in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen aufgenommen wird, wobei die Figuren folgendes zeigen:

[0011] **Fig. 1** eine vereinfachte Seitenschnittansicht eines Teils eines Freikolbenverbrennungsmotors, wobei ein Ausführungsbeispiel eines Kolbens des der vorliegenden Erfindung darin angeordnet; und

[0012] **Fig. 2** eine seitliche Schnittansicht des in **Fig. 1** gezeigten Kolbens.

[0013] Entsprechende Bezugszeichen zeigen entsprechende Teile in den verschiedenen Ansichten an. Die hier beispielhaft dargestellten Ausführungen veranschaulichen ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer Form, und solche bei-

spielhaften Ausführungen sollen nicht als für den Umfang der Erfindung in irgendeiner Weise einschränkend angesehen werden.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0014] Mit Bezug auf die Zeichnungen und insbesondere auf **Fig. 1** ist dort eine vereinfachte Seitenschnittansicht eines Ausführungsbeispiels eines Teils eines Freikolbenverbrennungsmotors **10** gezeigt, der ein Gehäuse **12** und einen Kolben **14** aufweist.

[0015] Das Gehäuse **12** weist im allgemeinen einen Verbrennungszyinder **16** auf, einen Kompressionszyinder **18** und einen Hydraulikzylinder **20**. Das Gehäuse **12** weist auch einen Verbrennungslufteinlass **22** auf, weiter einen Luftspülkanal **24** und einen Abgasauslass **26**, die in Verbindung mit einer Brennkammer **28** innerhalb des Verbrennungszyinders **16** angeordnet sind. Die Verbrennungsluft wird durch den Verbrennungslufteinlass **22** und den Luftspülkanal **24** in die Brennkammer **28** transportiert, wenn der Kolben **14** auf oder nahe einer unteren Totpunktposition ist. Ein geeigneter Brennstoff, wie beispielsweise eine ausgewählte Güte bzw. Qualität von Dieselmotorenstoff wird in die Brennkammer **28** eingespritzt, wenn sich der Kolben **14** zu einer oberen Totpunktposition bewegt, und zwar unter Verwendung eines steuerbaren Brennstoffeinspritzsystems, wie es schematisch bei **30** gezeigt ist und so bezeichnet ist. Die Hublänge des Kolbens **14** zwischen einer unteren Totpunktposition und einer oberen Totpunktposition kann fest oder variabel sein.

[0016] Der Kolben **14** ist hin und her beweglich innerhalb des Verbrennungszyinders **28** angeordnet und weist im allgemeinen einen Kolbenkopf **32** auf, der an einer Stößelstange **34** angebracht ist. Ein Stößelkopf **36** ist an einem Teil **38** mit kleinerem Durchmesser der Stößelstange **34** an einem Ende im allgemeinen gegenüberliegend zum Kolbenkopf **32** angebracht. Der Hydraulikzylinder **20** ist in Verbindung mit sowohl einem Einlassanschluss **40** als auch einem Auslassanschluss **42** in dem Gehäuse **12** angeordnet. Die Hin- und Herbewegung des Stößelkopfes **36** innerhalb des Hydraulikzylinders **20** bewirkt, dass hydraulisches Strömungsmittel in dem Hydraulikzylinder **20** durch den Einlassanschluss **40** von einer Quelle für hydraulisches Strömungsmittel gezogen wird, wie beispielsweise von einem (nicht gezeigten) Niederdruck-Hydraulikkumulator, und zwar in einem Kompressionshub des Kolbens **14**; und bewirkt, dass unter Druck gesetztes hydraulisches Strömungsmittel aus dem Auslassanschluss **42** zu einem (nicht gezeigten) Hochdruck-Hydraulikkumulator bei einem Rückhub des Kolbens **14** abgelassen wird.

[0017] Der Kolbenkopf **32**, der genauer in **Fig. 2** gezeigt ist, weist eine Außenfläche **66** auf, die eng be-

nachbart zu einer Innenfläche **68** (Fig. 1) des Verbrennungszylinders **16** liegt und eine Lagerfläche damit bildet. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel haben die Außenfläche **66** des Kolbenkopfes **32** und die Innenfläche **68** des Verbrennungszylinders **16** ein radiales Betriebsspiel dazwischen von ungefähr zwischen 0,000 und 0,001 Inch und insbesondere vorzugsweise von ungefähr 0,000 Inch. Der Ausdruck "radiales Betriebsspiel", wie er hier verwendet wird, meint das radiale Spiel zwischen der Außenfläche **66** des Kolbenkopfes **32** und der Innenfläche **68** des Verbrennungszylinders **16**, wenn der Freikolbenmotor **10** auf Betriebsbedingungen ist. Das heißt, das radiale Betriebsspiel ist das Betriebsspiel, wenn der Kolben **12** und der Verbrennungszylinder **16** auf einer Betriebstemperatur sind.

[0018] Wie in Fig. 2 gezeigt, weist die Außenfläche **66** des Kolbenkopfes **32** nicht irgendwelche Kolbenringnuten darin auf, und trägt entsprechend keine Kolbenringe. Um ein übermäßiges Vorbeiblasen von Abgasprodukten während des Rückhubes des Kolbens **12** zu verhindern, und um eine übermäßige Abnutzung zwischen der Außenfläche **66** und der Innenfläche **68** des Verbrennungszylinders **16** zu verhindern, ist der Kolbenkopf **32** aus einem Material geformt, welches ausgewählte physikalische Eigenschaften hat. Insbesondere ist der Kolbenkopf **32** aus einem nicht metallischen Material geformt, welches einen relativ niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, einen niedrigen Reibungskoeffizienten und eine hohe Temperaturbeständigkeit hat. Beispiele von solchen nicht metallischen Materialien, die als geeignet befunden wurden, weisen Verbundmaterialien und keramische Materialien auf. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Kolbenkopf **32** aus einem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial geformt, welches Kohlenstoff-Verstärkungsfasern **70** innerhalb einer Kohlenstoff-Matrix hat. Die Kohlenstoff-Matrix kann ein Kohlenstoffpulver innerhalb eines geeigneten Harzes aufweisen. Die Kohlenstoff-Verstärkungsfasern können zufällig orientierte zerschnittene Fasern sein oder können längere Fasern bzw. Filamente sein die entweder zufällig orientiert sind oder in einer oder mehreren Richtungen orientiert sind. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Kohlenstoff-Verstärkungsfasern **70** innerhalb des Kolbenkopfes **32** im allgemeinen orientiert, wie gezeigt, um eine Festigkeit für den Kolbenkopf **32** bei einer axiale Belastung in jeder Richtung durch die Stößelstange **34** vorzusehen.

[0019] Das nicht metallische Material, aus dem der Kolbenkopf **32** vorzugsweise aufgebaut ist, hat einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von zwischen ungefähr 0,5 und 10 ppm/°C darüber hinaus hat das nicht metallische Material, aus dem der Kolbenkopf **32** vorzugsweise aufgebaut ist, vorzugsweise einen Reibungskoeffizienten von zwischen 0,01 und 0,15. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel hat

das Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial, aus dem der Kolbenkopf **32** aufgebaut ist, einen Reibungskoeffizienten von ungefähr 0,10. Zusätzlich hat das nicht metallische Material, aus dem der Kolbenkopf **32** aufgebaut ist, vorzugsweise eine Temperaturbeständigkeit von bis zu zwischen ungefähr 400°C und 2500°C. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel hat das Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial, aus dem der Kolbenkopf **32** aufgebaut ist, eine Temperaturbeständigkeit von bis zu ungefähr 500°C.

[0020] Der Kolbenkopf **32** weist eine Nabe **72** mit einer Öffnung **74** mit Innengewinde auf, die verschraubbar mit einem Aussendurchmesser der Kolbenstange **34** in Eingriff ist, um dadurch starr den Kolbenkopf **32** mit der Stößelstange **34** zu verbinden. Andere Verfahren zur starren Anbringung des Kolbenkopfes **32** und der Stößelstange **34** sind natürlich möglich.

[0021] Der Verbrennungszylinder **16** weist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Längsachse **76** und eine Auskleidung **78** auf, die die Innenfläche **68** definiert. Die Auskleidung **78** ist aus einem nicht metallischen Material geformt, welches physikalische Eigenschaften hat, die ähnlich dem nicht metallischen Material sind, aus dem der Kolbenkopf **32** geformt ist, wie oben beschrieben. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Auskleidung **78** auch aus einem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial geformt, und zwar mit physikalischen Eigenschaften, die im wesentlichen die Gleichen sind wie bei dem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial, aus dem der Kolbenkopf **32** geformt ist. Da das Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial, aus dem sowohl die Außenfläche **66** als auch die Innenfläche **68** geformt sind, einen relativ niedrigen Reibungskoeffizienten hat, wird die Abnutzung zwischen der Außenfläche **66** und der Innenfläche **68** minimiert. Da darüber hinaus das Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial, aus dem sowohl die Außenfläche **66** als auch die Innenfläche **68** geformt sind, einen relativ niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, kann das radiale Betriebsspiel dazwischen auf einer minimalen Distanz (beispielsweise 0,000 Inch) gehalten werden, wodurch ein Vorbeiblasen der Verbrennungsprodukte während des Betriebs verhindert wird.

[0022] Ein Kompressionskopf **44** ist zwischen dem Kolbenkopf **32** und dem Stößelkopf **36** angeordnet und verbindet einen Teil **38** mit kleinerem Durchmesser mit einem Teil **46** der Stößelstange **34** mit größerem Durchmesser. Eine Hin- und Herbewegung des Kolbenkopfes **32** zwischen einer unteren Totpunktposition und einer oberen Totpunktposition und umgekehrt bewirkt eine entsprechende Hin- und Herbewegung des Kompressionskopfes **44** in dem Verbrennungszylinder **18**. Der Kompressionskopf **44** weist eine Vielzahl von sequentiell benachbarten Erhebungen und Tälern **48** auf, die effektiv mit dem Kompres-

sionskopf **44** abdichten und die Reibung zwischen dem Kompressionskopf **44** und einer Innenseite des Kompressionszylinders **18** verringern. Der Kompressionszylinder **18** ist in Verbindung mit Strömungsmittelanschlüssen **50** und **52** im allgemeinen an gegenüberliegenden Enden davon angeordnet. Unter Druck gesetzte Strömungsmittel, welches in den Kompressionszylinder **18** auf einer Seite des Kompressionskopfes **44** benachbart zum Strömungsmittelanschluss **50** transportiert wird, bewirkt, dass der Kolben **14** sich zu einer oberen Totpunktposition während eines Kompressionshubes bewegt. Im Gegensatz dazu kann unter Druck gesetzte Strömungsmittel durch den Strömungsmittelanschluss **52** in den Kompressionszylinder **18** in einem ringförmigen Raum **54** transportiert werden, der den Teil **46** mit größerem Durchmesser umgibt, um einen Rückhub des Kolbens **14** beim anfänglichen Start oder beim Auftreten einer Fehlzündung zu bewirken.

[0023] Der Verbrennungszylinder **16** ist strömungsmittelmässig vom Kompressionszylinder **18** unter Verwendung einer ringförmigen Dichtung **56** getrennt, die den Teil **46** mit größerem Durchmesser der Stößelstange **34** umgibt. Die Dichtung **56** gestattet eine gleitende Bewegung des Teils **46** mit größerem Durchmesser dort hindurch, unterstützt jedoch den Teil **46** mit größerem Durchmesser nicht in radialer Richtung. Vielmehr wirkt die Dichtung **56** nur dahingehend, dass sie strömungsmittelmässig den Verbrennungszylinder **16** und den Kompressionszylinder **18** trennt.

[0024] Der Kompressionszylinder **18** ist strömungsmittelmässig von dem Hydraulikzylinder **20** unter Verwendung einer ringförmigen Lagerung/Dichtung **58** getrennt. Die Lagerung/Dichtung **58** gestattet eine gleitende Bewegung des Teils **38** mit kleinerem Durchmesser der Stößelstange **34**, während sie gleichzeitig radial den Teil **38** mit kleinerem Durchmesser unterstützt. Da der Kolbenkopf **32** und die Lagerung/Dichtung **58** die zwei Gleitlagerpunkte des Kolbens **14** bilden, wird offensichtlich sein, dass konzentrische Fehlausrichtungen, die mit Herstellungstoleranzen assoziiert sind, zwischen dem Verbrennungszylinder **16** und dem Hydraulikzylinder **20** und/oder konzentrische Fehlausrichtungen zwischen dem Kolbenkopf **32** und der Stößelstange **34** aufgenommen werden.

[0025] In dem in den **Fig. 1** und **2** gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Kolbenkopf **32** in Form eines nicht metallischen Kolbenkopfes, der keine Kolbenringe aufweist.

[0026] Darüber hinaus weist in dem in **Fig. 1** und **2** gezeigten Ausführungsbeispiel der Kolbenkopf **32** eine im allgemeinen flache Stirnseite auf der Seite auf, die zur Brennkammer **28** hinweist. Es sei jedoch bemerkt, dass die Form der Stirnseite, die benach-

bart zur Brennkammer **28** angeordnet ist, abhängig von der speziellen Anwendung variieren kann.

[0027] Zusätzlich wird bei dem oben gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispiel des Freikolbenmotors **10** die Lagerung/Dichtung **58** verwendet, um verschiebbar die Stößelstange **34** zu tragen, während die Dichtung **56** nicht trägt sondern nur mit der Stößelstange **34** abdichtet. Jedoch kann abhängig von der speziellen Anwendung und der speziellen Geometrie des Freikolbenmotors **10** die genaue Lage der Lagerung und/oder Lagerung/Dichtung variieren, die die Stößelstange **34** trägt. Beispielsweise kann die Dichtung **56** als Lagerung/Dichtung konfiguriert sein, und die Lagerung/Dichtung **58** kann nur als Dichtung konfiguriert sein.

Industrielle Anwendbarkeit

[0028] Während der Anwendung ist der Kolben **14** hin und her beweglich innerhalb des Verbrennungszylinders **16** angeordnet. Der Kolben **14** läuft zwischen einer unteren Totpunktposition und einer oberen Totpunktposition über einen Kompressionshub, und zwischen einer oberen Totpunktposition und einer unteren Totpunktposition während eines Rückhubes. Die Verbrennungsluft wird in die Brennkammer **28** durch den Verbrennungslufteinlass **22** und einen Luftspülkanal **24** eingeleitet. Brennstoff wird steuerbar in die Brennkammer **28** unter Verwendung einer Brennstoffeinspritzvorrichtung **30** eingespritzt. Die nicht metallischen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Lagerflächen, die von der äußeren Lagerfläche des Kolbenkopfes und von der Innenseite **68** des Verbrennungszylinders **16** definiert werden, gestatten, dass der Kolbenkopf **32** als Lager während der Anwendung wirkt, wodurch gestattet wird, dass nur ein weiteres zusätzliches Lager verwendet wird, welches die Stößelstange **34** trägt. Konzentrische Fehlausrichtungen zwischen dem Verbrennungszylinder **16** und dem Hydraulikzylinder **20** und/oder zwischen der Längsachse der Stößelstange **34** und dem Kolbenkopf **32** werden aufgenommen, indem man gestattet, dass der Kolbenkopf **32** als eines von zwei Lagern wirkt, die den Kolben **14** gleitend tragen.

[0029] Andere Aspekte, Ziele und Vorteile dieser Erfindung können aus einer Studium der Zeichnungen, der Offenbarung und der beigefügten Ansprüche erhalten werden.

Patentansprüche

1. Freikolbenverbrennungsmotor (**10**) der folgendes aufweist:
ein Gehäuse (**12**), welches einen Verbrennungszylinder (**16**) und einen zweiten Zylinder (**20**) aufweist;
einen Kolben (**14**), der einen Kolbenkopf (**32**) aufweist, der hin und her bewegbar innerhalb des Verbrennungszylinders (**16**) angeordnet ist, weiter einen

zweiten Kopf (36), der hin und her bewegbar innerhalb des zweiten Zylinders (20) angeordnet ist, und eine Stößelstange (34), die im wesentlichen starr an sowohl dem Kolbenkopf (32) als auch an dem zweiten Kopf (36) angebracht ist und diese verbindet, wobei der Kolbenkopf (32) eine zylindrische Außenfläche (66) besitzt, die eine Lagerfläche (66) mit der Innenfläche des Verbrennungszyinders (16) ohne irgendwelche Kolbenringe dazwischen definiert; und eine einzelne Lagerung (58), die von dem Gehäuse (12) innerhalb des zweiten Zylinders (20) getragen wird und hin und her bewegbar die Stößelstange (34) trägt, wobei die einzelne Lagerung (58) die einzige Lagerung ist, die direkt die Stößelstange (34) trägt.

2. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 1, wobei der zweite Zylinder (20) einen Hydraulikzylinder (20) aufweist, und wobei der zweite Kopf (36) einen Stößelkopf (36) aufweist.

3. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 2, wobei das Gehäuse (12) weiter einen Kompressionszylinder (18) aufweist, und wobei der Kolben (14) weiter einen Kompressionskopf (44) aufweist, der hin und her beweglich innerhalb des Kompressionszylinders (18) angeordnet ist, wobei der Kompressionskopf (44) an der Stößelstange (34) angebracht ist und zwischen dem Kolbenkopf (32) und dem Stößelkopf (36) angeordnet ist.

4. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 3, der weiter eine Dichtung (56) aufweist, die von dem Gehäuse (12) innerhalb des Kompressionszylinders (18) und umlaufend um die Stößelstange (34) getragen wird, wobei die Dichtung (56) strömungsmittelmässig den Verbrennungszyylinder (16) und den Kompressionszylinder (18) trennt.

5. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 4, wobei das einzelne Lager (58) eine Lagerung/Dichtung (58) aufweist, die strömungsmittelmässig den Kompressionszylinder (18) und den Hydraulikzylinder (20) trennt.

6. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 1, wobei der Verbrennungszyylinder (16) eine erste Längsachse (76) definiert, und wobei der zweite Zylinder eine zweite Längsachse (60) definiert, wobei das einzelne Lager und der Kolbenkopf, der als Lagerung wirkt, die konzentrischen Fehlausrichtungen zwischen der ersten Längsachse (76) und der zweiten Längsachse (60) aufnehmen.

7. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 1, wobei der Kolbenkopf 32 aus einem nicht metallischen Material aufgebaut ist.

8. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 7, wobei das nicht metallischen Material aus der

Gruppe ausgewählt ist, die aus Verbundwerkstoffen und keramischen Materialien besteht.

9. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 8, wobei das nicht metallischen Material im wesentlichen aus einem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Verbundmaterial mit Kohlenstoff-Verstärkungsfasern innerhalb einer Kohlenstoff-Matrix besteht.

10. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 7, wobei das nicht metallische Material einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von zwischen 0,5 und 10 ppm/°C hat.

11. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 10, wobei das nicht metallische Material einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von zwischen 1 und 2 ppm/°C hat.

12. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 7, wobei das nicht metallische Material einen Reibungskoeffizienten von zwischen 0,01 und 0,15 hat.

13. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 12, wobei das nicht metallische Material einen Reibungskoeffizienten von ungefähr 0,10 hat.

14. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 7, wobei das nicht metallische Material eine Temperaturbeständigkeit von bis zu zwischen 400°C und 2500°C hat.

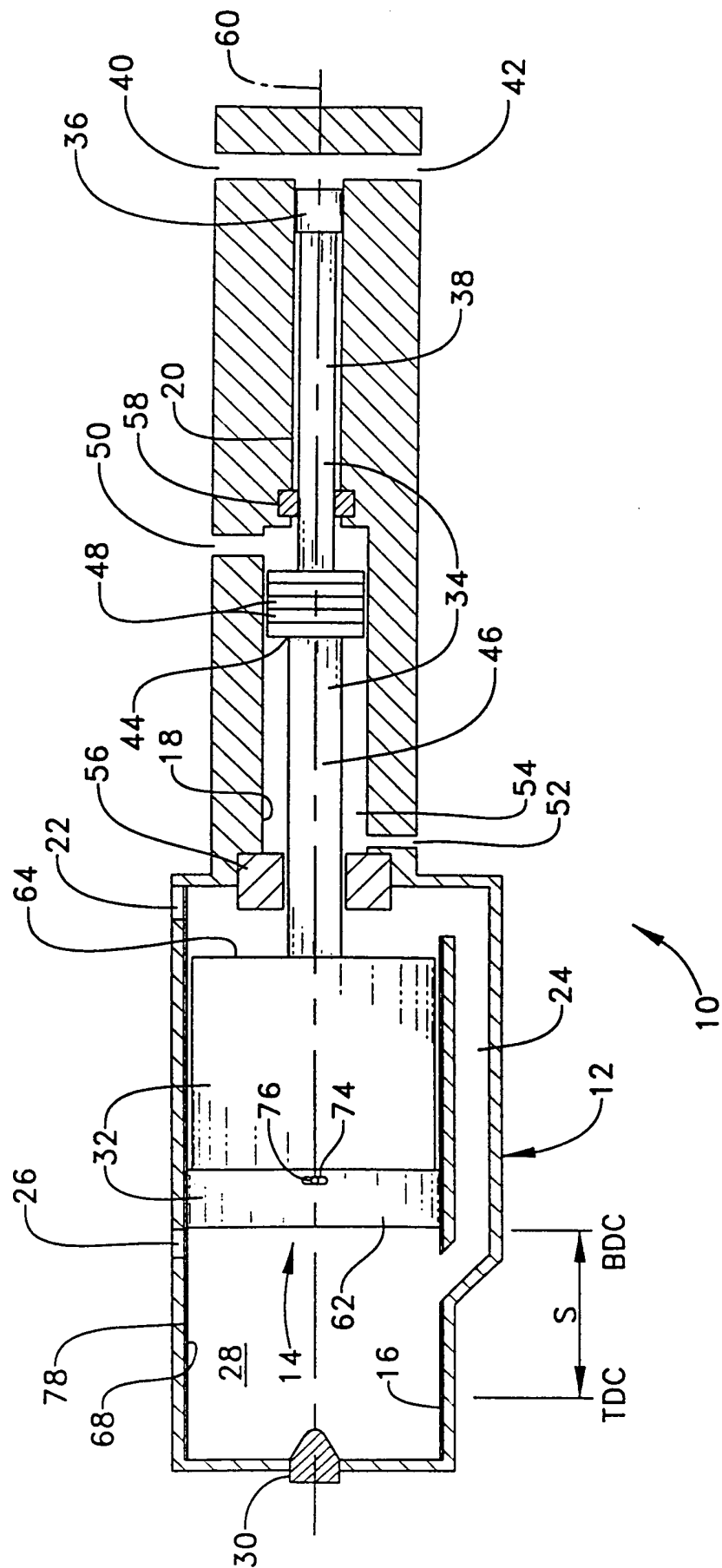
15. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 14, wobei das nicht metallische Material eine Temperaturbeständigkeit von bis zu ungefähr 500°C hat.

16. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 1, wobei die Außenfläche (66) des Kolbenkopfes (32) und die Innenfläche (68) des Verbrennungszyinders (16) einen radiales Betriebsspiel dazwischen von zwischen 0,000 und 0,001 Inch haben.

17. Freikolbenverbrennungsmotor nach Anspruch 16, wobei die Außenfläche (66) des Kolbenkopfes (32) und die Innenfläche (68) des Verbrennungszyinders (16) ein radiales Betriebsspiel dazwischen von ungefähr 0,000 Inch haben.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1



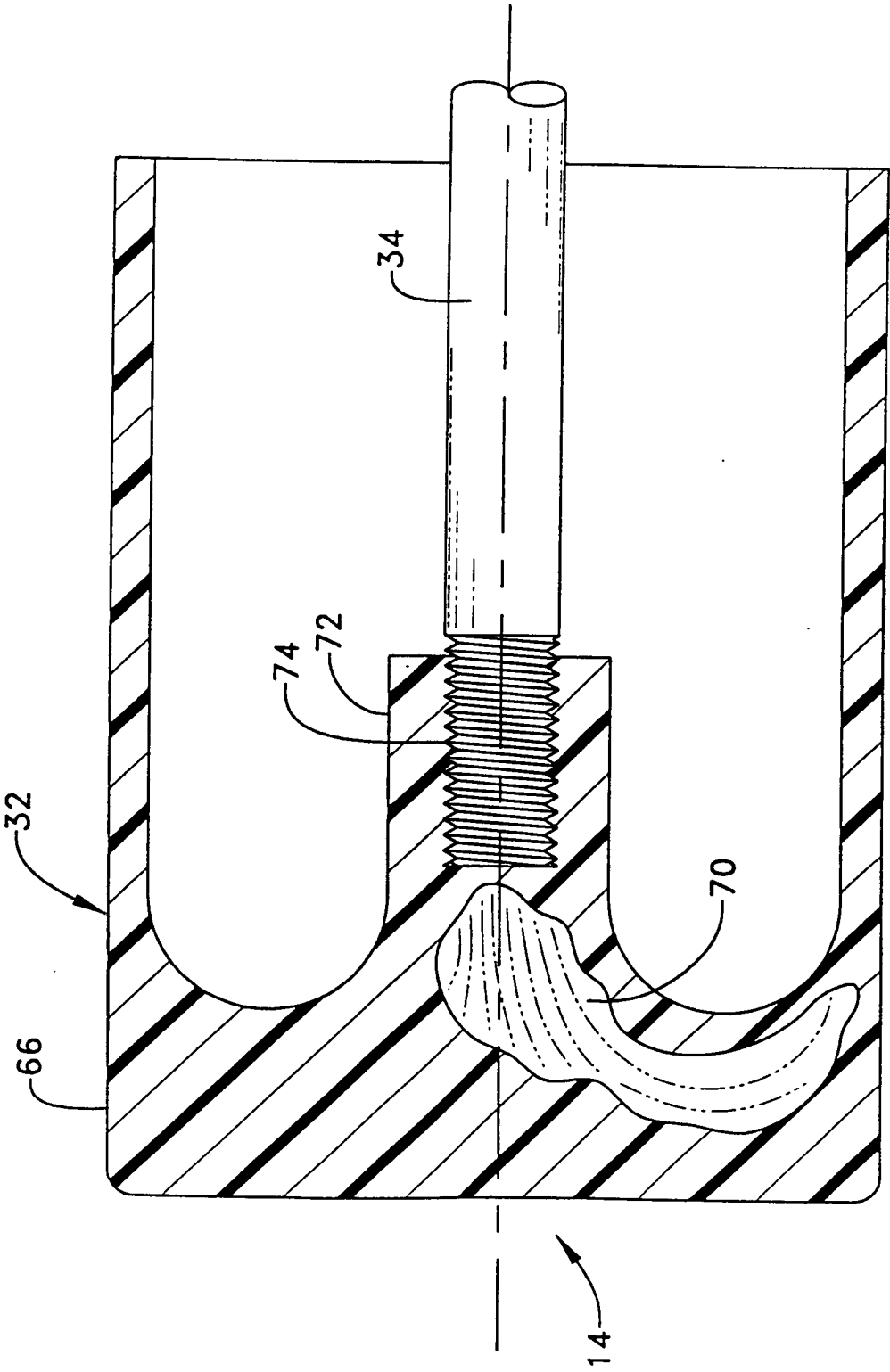


Fig. 2-

