

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 11 2012 006 249 B4** 2016.09.01

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 006 249.3**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/RU2012/000308**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/157981**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.04.2012**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.10.2013**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **05.03.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **01.09.2016**

(51) Int Cl.: **F02B 43/12 (2006.01)**
F02B 47/08 (2006.01)
F02M 31/08 (2006.01)
F02M 26/01 (2016.01)
F02B 1/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Fedin, Konstantin I., Moscow, RU

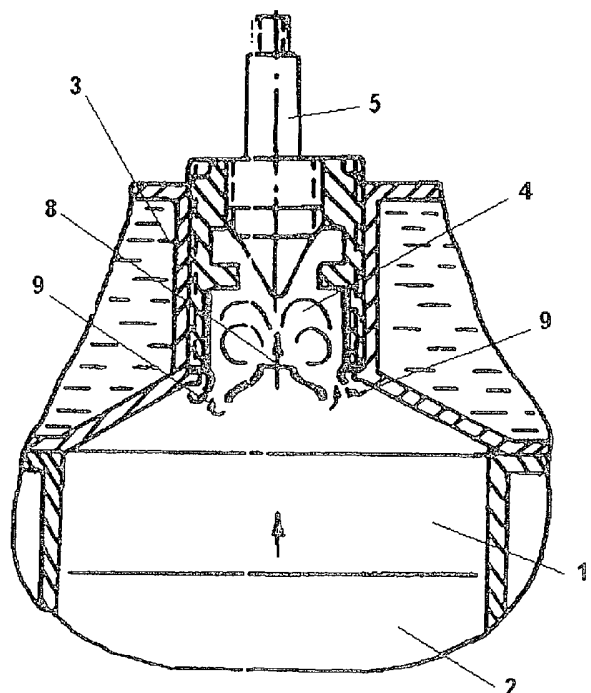
(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(74) Vertreter:
**Jeck · Fleck · Herrmann Patentanwälte, 71665
Vaihingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Gestaltung eines Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Gestaltung des Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung mit einem Eintritt eines Gasluftgemischs aus einem Brennraum (1) in eine Zündkammer (4) während der Verdichtung, dadurch gekennzeichnet, dass Restgase in der Zündkammer (4) bei einer Temperatur von 500 bis 700°C gehalten werden und dass mit Hilfe von diesen Restgasen, und zwar durch ihren Kontakt und Vermengung mit dem Gasluftgemisch kombinierte Reforming-Reaktionen niederer Alkane als Bestandteil eines Kohlenwasserstoffgases unter Freisetzung von Wasserstoff und Kohlenoxid eingeleitet werden, wobei eine Intensivierung der kombinierten Reforming-Reaktionen während der Verdichtung durch eine Steigerung von Druck und Temperatur des Gasluftgemischs bis zu 5–5,5 MPa und 500–600°C zum Zeitpunkt der Funkenbildung in der Zündkammer (4) und im Brennraum (1) sichergestellt wird.



(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2012 006 249 B4 2016.09.01

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	26 18 961	A1
DE	10 2009 012 249	A1
US	5 611 307	A
WO	93/ 08 385	A1
WO	2008/ 150 370	A1
RU	2 080 471	C1
RU	2 099 549	C1

KRYLOV, Oleg Valentinovič: Kohlensauere Methan-Synthesegas-Umwandlung. In: Zeitschrift der russischen chemischen Mendeleev-Gesellschaft, 2000, 19-33. <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2000-1/19.pdf> [abgerufen am 17.12.2015]

USAČEV, Nikolaj Jakovlevič [et al.]: Oxydationsverarbeitung der niederen Alkanen-Reihe: Stand und Aussichten. In: Russische chemische Zeitschrift (Zeitschrift der russischen chemischen Mendeleev-Gesellschaft), Band 52, 2008, JYS 4, 22-31. <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2008-4/22.pdf> [abgerufen am 17.12.2015]

V. T. Dyachenko: Theorie der Verbrennungskraftmaschinen. Kharkov : Verlagzentrum HNADU, 2009. 500 S. - ISBN 978-966-303-247-4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gestaltung eines Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die Erfindung ist im Motorenbau einsetzbar und kann in Kolbengasmotoren mit Kerzenzündung angewendet werden, die vorwiegend mit armen Kohlenwasserstoffgas-Gemischen betrieben werden.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist ein Sechstaktmotor (Gasmotor mit Vorkammer-Fackelzündung) bekannt. Er enthält einen Zylinder und einen Zylinderdeckel. Im Zylinderdeckel ist eine Hauptzündkerze koaxial mit Zylinderachse angeordnet. Der Zylinderdeckel weist eine Vorkammer mit einer zusätzlichen Zündkerze und einem Gaseinlassventil auf (s. Patent RU 2080471) [1]. Die Mängel dieses Gasmotors sind seine komplizierte Bauweise und ein hoher Preis der Brennstoffanlage. Trotzdem wird dieser Gasmotor in Großmotoren meistens ab 2 MW verwendet.

[0004] Das Patent US 561 1307 [2] beschreibt eine technische Lösung, wonach ein fettes Wasserstoff-Luftgemisch über ein gesteuertes Ventil in eine Vorkammer eines Gasmotors gefördert wird. Nach einer Zündung von Kerzen zündet ein Wasserstoff-Luftgemisch ein abgemagertes Haupt-Kraftstoffluftgemisch in einem Zylinder des Motors. Dieses Verfahren ist effizienter als die vorher beschriebene russische Erfindung, es ist jedoch viel komplizierter, weil es das Vorhandensein von zwei verschiedenen Brennstoffarten voraussetzt. Dabei handelt es sich bei der zweiten Brennstoffart um Wasserstoff, welcher in Form von Wasserstoff-Luftgemisch von außen her über ein gesteuertes Ventil eingespeist wird. Eine der Ausgestaltungen des Verfahrens erwähnt auch die Möglichkeit von Reforming (Konvertierung) eines abgemagerten Gasluftgemischs unmittelbar in der Vorkammer dank einer Anwendung eines Katalysators mit elektrischer Heizung. Bei Wasserstoffmangel wird der Wasserstoff als Wasserstoff-Luftgemisch über das gesteuerte Ventil von außen her zugeführt. Jedoch kann die in [2] vorgeschlagene Konstruktion nicht funktionsfähig sein, weil eine beheizbare Struktur aus einem Träger (einem elektrischen Heizelement) und einem Katalysator-Gitter besteht, sich in der Vorkammer befindet und eine zerstörende Wirkung von zyklischen scharf alternierenden Änderungen nicht aushalten kann. Bei zyklischen scharf alternierenden Änderungen handelt es sich um Druck- und Temperaturwandlungen im Bereich von 0,1 bis 11 MPa und von 50 bis 1700°C, die alle 80 mSek bei einer Motordrehzahl von 1500 Min⁻¹ zustande kommen. Das Verfahren ist praktisch nicht zur Anwendung gekommen.

[0005] Das Verfahren zur Zündung von Kraftstoffluftgemischen in einer Verbrennungskraftmaschine

nach Patent RU 2099549 [3] hat die der Erfindung am nächsten kommenden Merkmale. Der Prototyp [3] schlägt ein Verfahren zur Zündung von Kraftstoffluftgemisch, vorwiegend von magerem Kraftstoffluftgemisch, vor. Die Zündung erfolgt in der Verbrennungskraftmaschine mit einem Hauptbrennraum und einer Zündkammer. Das Verfahren umfasst folgende Schritte: Ansaugen des Kraftstoffluftgemischs aus dem Hauptbrennraum in die Zündkammer in einem Verdichtungshub; Zündung des Kraftstoffluftgemischs; Auspuff eines Brennstrahls in den Hauptbrennraum am Anfang eines Ausdehnungshubs. Als kennzeichnendes Hauptmerkmal dieses Verfahrens (s. **Fig. 1**) wird beansprucht, dass das Kraftstoffluftgemisch aus dem Hauptbrennraum **1** in die Zündkammer **4** entlang ihrer Mittelachse über gasdynamische Detektoren angesaugt wird. Dabei ist wenigstens ein Detektor **8** in Richtung der Zündkammer durchflussfähig. Der Auspuff des Brennstrahls aus der Zündkammer in den Hauptbrennraum erfolgt an seinem Kreisumfang über gasdynamische Detektoren **9**. Wenigstens zwei der Detektoren **9** sind in Richtung des Hauptbrennraums durchflussfähig. Dabei werden die Brennstrahlen auf eine theoretische Kreislinie des Massenmittelpunkts für den vorgegebenen Umfang des Hauptbrennraums ausgerichtet. Um das vorgeschlagene Verfahren auszuführen, ist auch eine Konstruktion von einzelnen Baugruppen der modifizierten Verbrennungskraftmaschine beansprucht. **Fig. 1** zeigt eine solche Baugruppe mit einem Brennraum **1**, einem Kolben **2**, einem Gehäuse **3**, einer Zündkammer **4**, einer Zündvorrichtung **5**, einem Einlass-Einwegkanal (Detektor) **8**, einem Auslass-Einwegkanal (Detektor) **9**. Diese technische Lösung benutzt nur eine Brennstoffart. Die Erfinder behaupten, dass diese technische Lösung eine erhöhte Zuverlässigkeit und einen höheren Nutzeffekt bei einer Verbrennung von armen Kraftstoffluftgemischen sicherstellt. Jedoch liegen bisher keine Angaben über eine breite Anwendung dieses Motors vor. Die Hauptmängel des Prototyps [3] sind seine komplizierte Bauweise und erhöhte Anforderungen an die Fertigungs- und Bearbeitungsgenauigkeit der Bauteile sowie sein geringer Nutzeffekt.

[0006] Durch DE 26 18 961 A1 ist eine Motoranlage mit einem Verbrennungsmotor, einer Kraftstoffreformiervorrichtung und einer Vorrichtung zur Aufbereitung eines brennbaren Gemischs und Versorgung des Verbrennungsmotors mit diesem Gemisch bekannt. Die Kraftstoffreformiervorrichtung kann eine Kraftstoffreformierreaktion bewirken, die ausgehend von zumindest einem Kraftstoff aus der Gruppe Kohlenwasserstoffkraftstoffe, Alkohole, Stickstoff-Wasserstoff-Verbindungen und feste Kohle- beziehungsweise Kohlenstoffkraftstoffe zu einem gasförmigen Kraftstoff führt, der als brennbaren Bestandteil zumindest Wasserstoffgas oder Kohlenmonoxid enthält. Das brennbare Gemisch wird von der Vorrichtung aus Luft und dem von der Kraftstoffreformiervor-

richtung gelieferten gasförmigen Kraftstoff aufbereitet. Zur Optimierung des Arbeitsflusses des Verbrennungsmotors wird Wasserstoff benutzt.

[0007] Durch DE 10 2009 012 249 A1 sind eine Zündeinrichtung für einen Gasmotor, ein mit einer solchen Zündeinrichtung ausgerüsteter Gasmotor und ein Verfahren zum Betreiben des Gasmotors bekannt. Die Zündeinrichtung weist einen Hohlkörper auf, der zum Zusammenwirken mit einer Vorkammer eines Zylinders des Gasmotors eingerichtet ist. Der Innenraum des Hohlkörpers ist über wenigstens eine Öffnung in einer dessen Wandungen zugänglich. Der Innenraum ist zum Aufnehmen und Sammeln von Gasgemisch über die Öffnung eingerichtet, so dass das Gasgemisch in dem Innenraum auf einer Mindesttemperatur von 1150 K haltbar ist. Die Zündeinrichtung weist außerdem eine Zündungs-Auslösevorrichtung auf, die eingerichtet ist, die Brennfähigkeit des Gasgemisches so zu erhöhen, so dass das Gasgemisch über die Öffnungen der Wandung des Hohlkörpers stabil in die Vorkammer hinein durchbrennen kann. Während der Verdichtung fließt das Gasgemisch in den Innenraum, wobei das Gasgemisch nicht brennbar ist. Im Innenraum ist ein beispielsweise elektrisches, Mikrowellen- oder Laser-Heizelement angeordnet, um die Temperatur von knapp 877°C aufrechtzuerhalten. Aufgrund der hohen Temperatur werden freie Radikale gebildet.

[0008] Zum rechten Zeitpunkt wird ein Ausstoß des Gasgemisches in die Vorkammer sichergestellt, wobei es sich in der Vorkammer mit Luft vermischt, entzündet und weiter in der Triebwerkskammer durchzündet.

[0009] Durch WO 93/008385 A1 ist eine Zündvorrichtung für eine periodisch arbeitende Brennkraftmaschine bekannt. Um bei sowohl bei magerer Verbrennung, als auch bei hohen Verdichtungsverhältnissen eine wirkungsvolle, klopfreie Verbrennung sicherzustellen und die Stickoxidemissionen zu verringern umfasst die Zündvorrichtung eine kleine Vorkammer, deren Volumen etwa 0,7% eines zugeordneten Brennraums beträgt. Die Vorkammer hat eine in den Brennraum führende Auslassdüsenöffnung. Die Auslassdüsenöffnung hat im engsten Querschnitt einen sich aus dem Quotienten des Produkts der Fläche des engsten Querschnitts und dem Bohrungsdurchmesser des Brennraums mit dem Volumen der Vorkammer ergebenden dimensionslosen Parameter von 0,3. Ein Ventil regelt die Zufuhr gasförmigen Wasserstoffs in die Vorkammer, so dass dort ein Gemisch mit gegenüber dem stöchiometrischen Verhältnis bis zu dreifachem Brennstoffüberschuss angereichert wird. Eine Zündkerze zündet das Gemisch in der Vorkammer, wodurch ein Zündstrahl brennenden Gases durch die Auslassdüsenöffnung in den Brennraum ausgestoßen wird.

[0010] Durch WO 2008/150370 A1 ist eine Motoranlage mit einem im Wesentlichen zur Verbrennung stöchiometrischer Brennstoff-Luft-Gemische vorgesehenen, eine Abgasströmung erzeugenden Motor bekannt. Die Motoranlage hat eine in der Abgasströmung beherbergte katalytische Einrichtung und eine Abgasrückführung. Darüber hinaus umfasst die Motoranlage einen in der Abgasrückführung angeordneten Dampf-Brennstoff-Reformer. Dieser führt eine Methan-Synthesegas-Dampfumwandlung aus.

[0011] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Gestaltung des Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung zu entwickeln, wobei die Konstruktion der Dieselmotoren, die als Grundlage zur Herstellung der Kolbengasmotoren mit Kerzenzündung dient, nur im geringsten Maß verändert werden muss. Dabei muss ein Motor, der den erfindungsgemäßen Prozess benutzt, erhöhte Betriebseigenschaften aufweisen und fertigungsgerecht sein.

[0012] Die gestellte Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0013] Die Erfindung geht von einem Verfahren der eingangs erwähnten Art aus, bei dem während der Verdichtung ein Eintritt eines Gasluftgemisches aus einem Brennraum in eine Zündkammer erfolgt.

[0014] Das vervollkommnete Verfahren zur Gestaltung des Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung sieht erfindungsgemäß ein Verfahren mit folgenden Schritten vor: Eintritt eines mageren Gasluftgemisches aus dem Brennraum in die Zündkammer während der Verdichtung, wobei die Zündkammer Restgase aufweist; Bildung eines Wasserstoff-Luftgemisches in der Zündkammer infolge einer kombinierten Konvertierungsreaktion (Reforming-Reaktion) der Gasluftgemisch-Komponenten, so dass Wasserstoff und Kohlenoxid freigesetzt werden; Funkentzündung des Wasserstoff-Luftgemisches; Austritt eines Brennstrahls in den Brennraum unter Entflammung des mageren Haupt-Gasluftgemisches.

[0015] Das der Erfindung zugrunde liegende Konzept zeichnet sich gegenüber dem konventionellen Ansatz zur Entwicklung von Kolbengasmotoren grundsätzlich aus. Alle bekannten Konstruktionen sehen die Entfernung von Restgasen aus der Vorkammer vor. Dabei wird der Raum freigemacht, um das fette (Zünd-)Gasluft- oder Wasserstoff-Luftgemisch zuzuführen. Das erfindungsgemäße Verfahren sieht keine Entfernung der Restgase vor. Im Gegenteil, es wird eine rationelle Nutzung der Eigenschaften vorgeschlagen, die den Restgasen eigen sind, um die Betriebskenndaten des Motors zu steigern.

[0016] Es sei bemerkt, dass als Brennstoff in diesem Fall Kohlenwasserstoffgase angewendet werden. Diese Gase enthalten Komponenten aus einer niederen Alkanen-Reihe und zwar: Methan, Äthan, Propan, Butan usw. Sie sind Bestandteile von Naturgas, Erdölbegleitgas, verflüssigtem Erdölgas (Propan-Butan-Gemisch) und anderen Gasen.

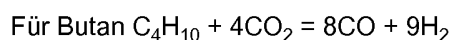
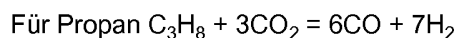
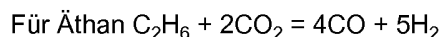
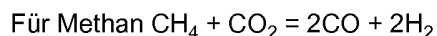
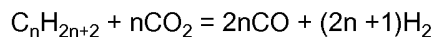
[0017] Die Erfindung beruht auf einer Reihe von theoretischen Forschungen und zwar: V. T. Dyachenko. Theorie der Verbrennungskraftmaschinen/-Khar'kov: Verlagszentrum HNADU, 2009. – 500 S. [4]; O. V. Krylov Kohlensäure Methan-Synthesegas-Umwandlung//Zeitschrift der russischen chemischen Mendeleev-Gesellschaft. – M., 2000. -T.XLIV. -N<1 1 – S. 19–33 [5]; N. Ya. Usachev. Oxydationsverarbeitung der niederen Alkanen-Reihe: Stand und Ausichten/N. Ya. Usachev, V. V. Kharlamov, E. P. Belanova, T. S. Starostina, I. M. Krukovsky/Russische chemische Zeitschrift (Zeitschrift der russischen chemischen Mendeleev-Gesellschaft). – 2008. – Band 52, JYS 4. – S. 22–31 [6].

[0018] Laut Angaben aus [4] setzen sich Restgase im Durchschnitt wie folgt zusammen (% Vol.): 6,7–5,6% Kohlendioxid, 6,6–8,8% Sauerstoff, 12,8–10,8% Wasserdampf. Das Luftverhältnis (Luftüberschusszahl) ist dabei 1,5 bis 1,8. Bei einem Kontakt und bei einer Vermengung der Restgase, die in der Zündkammer gehalten werden, mit dem Gasluftgemisch, welches aus dem Brennraum während des Verdichtungshubes eintritt, entsteht ein Wasserstoff-Luftgemisch, welches ziemlich leicht entflammt.

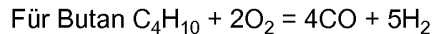
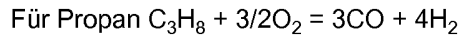
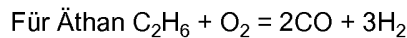
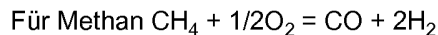
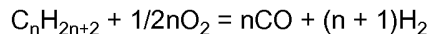
[0019] Eine der Hauptvoraussetzungen zur Bildung von Wasserstoff-Luftgemisch ist eine Erhitzung des Ausgangs-Gasluftgemisches bis zu einer Temperatur, bei der spontane Konvertierungsreaktionen verlaufen, so dass aus niederen Alkanen Wasserstoff und Kohlenoxid freigesetzt werden.

[0020] Die Konvertierungsreaktionen (Umwandlungsreaktionen, Reformingreaktionen) werden gemäß Druckschriften [5] und [6] mit folgenden Gleichungen beschrieben:

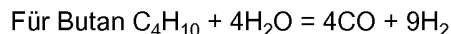
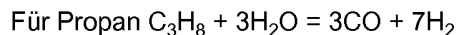
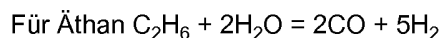
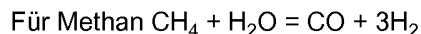
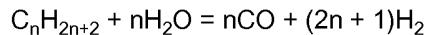
Kohlensäure Umwandlung



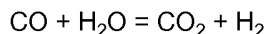
Partiale Oxidation mit Sauerstoff



Dampfreforming



[0021] Parallel läuft ein Dampfreforming von Kohlenmonoxid zu Wasserstoff ab:



[0022] Die Anfangstemperatur beim Reforming beträgt:

für Methan CH_4 400°C,

für Äthan C_2H_6 300°C,

für Propan C_3H_8 und Butan C_4H_{10} 200°C.

[0023] Die Restgastemperatur in der Zündkammer beträgt 500–700°C. Die Temperatur der Zündkammerwandungen stellt sich wegen einer Wärmeableitung im Durchschnitt auf 350–400°C ein (s. [4]). Somit stellen sich im Zündkammeraum Bedingungen für den kombinierten Reforming-Reaktionsverlauf (kombinierte Konvertierung) her, wenn das magere Gasluftgemisch in die Zündkammer während der Verdichtung einfließt. Dabei wird die Steigerung der Reaktionsstärke durch den Druckaufbau in der Zündkammer während der Verdichtung wesentlich beeinflusst. Die oben angeführten Einflussgrößen reichen dafür aus, optimale Bedingungen für die Bildung von Wasserstoff-Luftgemisch in der Zündkammer zu schaffen. Das auf diese Weise gebildete Wasserstoff-Luftgemisch wird (durch Funken) fremdgezündet. Der gebildete Brennstrahl tritt über einen Kanal, der die Zündkammer mit dem Brennraum verbindet, in den Brennraum hinein und zündet das magere Haupt-Gasluftgemisch.

[0024] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

[0025] Fig. 1 einen Kolbengasmotor als Dieselmotormaschine im Schnitt und

[0026] Fig. 2 den Schnitt eines Kolbengasmotors mit einer Kerzenzündung, welcher die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht.

[0027] Der Kolbengasmotor nach der Erfindung hat einen Brennraum **1** und eine Zündkammer **4**. Der Brennraum **1** stellt den oberen Teil des Arbeitszylinders dar. Die Zündkammer **4** ist vorteilhaft symmetrisch zur Zylinderachse ausgebildet und mit einer Zündkerze **5** versehen. Die Zündkammer **4** kommuniziert mit dem Brennraum **1** mittels eines Kanals **8**. Der Brennraum **1** ist durch einen Kolben **2** und einen Zylinderkopf **3** begrenzt. Die Zündkammer **4** ist vorteilhaft aus einem Material gefertigt, welches als Katalysator für kombinierte Reforming-Reaktionen (kombinierte Konvertierungsreaktionen) wirkt. Es kann sich z. B. um einen hitzebeständigen Nickelstahl handeln. Die Zündkerze **5** ist in der Zündkammer **4** eingebaut. Jedoch laufen die kombinierten Reforming-Reaktionen auch ohne einen Katalysator erfolgreich ab. Der Gasaustausch erfolgt über ein Einlass-Ventil **6** und ein Auslass-Ventil **7**.

[0028] Die Reihenfolge der Schritte zur Gestaltung eines Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung gemäß der Erfindung wird weiter unten beschrieben.

[0029] Während der Ladeperiode tritt ein mageres Gasluftgemisch mit einer Luftüberschusszahl von 1,5–1,8 über das Einlass-Ventil **6** in den Brennraum **1** (Zylinder des Motors) ein. Dabei bleiben Restgase in der Zündkammer **4** und im Kanal **8** bei einer Temperatur von 500–700°C (aufgrund ihrer Konstruktion ist kein Ausblasen vorgesehen). Die Restgase setzen sich wie folgt zusammen (Vol. %): 6,7–5,6% Kohlendioxid, 6,6–8,8% Sauerstoff, 12,8–10,8% Wasserdampf. Im VerdichtungsHub tritt das magere Gasluftgemisch aus dem Brennraum **1** in die Zündkammer **4** über den Kanal **8** hinein. Somit kommen der Kontakt und die Vermengung des Gasluftgemischs mit Restgasen im Kanal **8** und in der Zündkammer **4** zustande. Dabei fangen die kombinierten Reforming-Reaktionen der niederen Alkane (Methan, Äthan, Propan, Butan usw.) unter Freisetzung von Wasserstoff und Kohlenoxid an. Mit der Verdichtung und bei der Temperatur- und Druckzunahme des aus dem Brennraum **1** in die Zündkammer **4** fließenden Gasluftgemischs verstärken sich die kombinierten Reforming-Reaktionen. Zum Zeitpunkt der Funkenbildung (bei einer Entladungsenergie von wenigstens 200 mJ) erreichen die Temperatur und der Druck im Brennraum und in der Zündkammer jeweils 500 bis 600°C und 5 bis 5,5 MPa. Eine erhöhte Entladungsenergie ist ein wesentliches kennzeichnendes Merkmal der Erfindung, denn nur eine Entladung von über 200 mJ stellt eine sichere Entzündung des Wasserstoff-Luft-

gemischs unter Hochverdichtungs- und dementsprechend Hochdruckbedingungen sicher.

[0030] Die während der Ausführung der Erfindung durchgeführten Forschungen bestätigten die Richtigkeit der in den Druckschriften [5] und [6] offenbarten Informationen und ermöglichen, diese zur Bildung eines optimalen Wasserstoff-Luftgemischs in der Zündkammer **4** in der Praxis zu nutzen. Dank seinem minimalen Gewicht sammelt sich Wasserstoff in der Zündkammer **4** im Bereich der Zündkerze **5**, im Kanal **8**, der die Zündkammer **4** mit dem Brennraum **1** verbindet, sowie lagenweise am Austritt des Kanals **8**. Zum Zeitpunkt der Funkenbildung wird im Bereich der Zündkerze **5** eine für die Entzündung ausreichende Menge an Wasserstoff gespeichert.

[0031] Wasserstoff hat einen sehr großen Konzentrationsbereich (Vol. %) für die Entzündung in Luft und zwar 4,09 bis 80% wie auch Kohlenmonoxid mit 12,5 bis 80% im Gegensatz zu Methan: 5,28 bis 15,4%. Wasserstoff hat eine höhere Diffusionszahl gegenüber Methan, und zwar 0,66 cm/Sek. Gegenüber von 0,196 cm/Sek. für Methan. Der Energiebedarf für die Entzündung von Wasserstoff ist ca. 17 mal kleiner. Die minimale Zündenergie für Wasserstoff liegt bei 0,019 mJ und für Methan bei 0,33 mJ. (s. F. G. Gaynullin. Naturgas als Motorkraftstoff für Transportmittel/F. G. Gaynullin, A. I. Grishshenko, Yu. N. Vasiliev, L. S. Zolotarevsky. M.: Nedra, 1986.–255 S.) [7].

[0032] Die oben beschriebenen Maßnahmen ermöglichen es, das Wasserstoff-Luftgemisch während der Funkenbildung in der Zündkerze **5** zu entzünden. Danach tritt der brennende Wasserstoffstrahl in den Brennraum **1** hinein und zündet in breiter Front das arme Haupt-Gasluftgemisch. Damit wird ein stabiler klopfreier Motorbetrieb mit einem hohen Verdichtungsgrad und über den gesamten Drehzahl- und Lastbereich sowie bei Einschwingvorgängen sichergestellt. Dabei werden die Zuverlässigkeit sowie die Leistungskennzahlen und die Umweltfreundlichkeit des Motors erhöht.

[0033] Es sei insbesondere betont, dass eine scharfe Konzentrationsüberwachung des Wasserstoff-Luftgemischs in der Zündkammer **4** in diesem Fall entfällt. Das liegt daran, dass der Wasserstoff einen sehr großen Konzentrationsbereich (Vol. %) hinsichtlich der Entzündung in Luft aufweist, und zwar 4,09 bis 80%. Der Inhalt der Zündkammer **4** samt dem Verbindungskanal **8** macht 3 bis 10% des Brennraums **1** aus und hängt von der Konstruktion, den Abmessungen, der Schnellgängigkeit des Motors und von zahlreichen weniger kritischen Parametern ab.

[0034] Das erfindungsgemäße Verfahren wird bei der Herstellung von Kolbengasmotoren mit Kerzenzündung auf der Grundlage von Serien-Dieselmotormaschinen ausgeführt. Dabei wird die Dieselmotormaschine

maschine nur geringfügig modifiziert, und zwar: In die Aufnahme einer Düse wird eine Anschlusseinheit (Zwischenstück) in Form eines Zylinders **3** eingebaut. Im oberen Teil des Zylinders **3** befindet sich eine Zündkerze **5**, und der untere Teil dient als Zündkammer **4**.

[0035] Die Erfindung wurde benutzt, um eine Umwandlung vorzunehmen und den Betrieb von einigen Dieselmotoren (**ЯМЗ-238ДИ, ЯМЗ-7514, ЯМЗ-850**) mit Naturgas zu ermöglichen. Es wurden folgende Ergebnisse erhalten.

[0036] Der Kolbengasmotor mit Kerzenzündung läuft stabil und kloppfrei, der Verdichtungsgrad entspricht dem der Dieselmotoren über den gesamten Drehzahl- und Lastbereich sowie bei Einschwingvorgängen mit einer Luftüberschusszahl von 1,5 bis 1,8.

[0037] Der Wirkungsgrad der Versuchsmodelle des Kolbengasmotors mit Kerzenzündung beträgt mehr als 40%.

[0038] Die umweltspezifischen Eigenschaften des Verfahrens sind die geringstmöglichen, ohne dass Katalysatoren angewendet werden. Die Abgastoxizität (g/kW·h) beträgt: bei Stickstoffoxiden NO_x 2,39–3,84, bei Kohlenoxiden CO 3,11–4,99, bei Kohlenwasserstoffen CH 0,79–1,15.

[0039] Die Temperatur der Abgase liegt im Bereich von 400–450°C. Das erhöht wesentlich die Zuverlässigkeit der Kolbengasmotoren mit Kerzenzündung und verlängert die Lebensdauer des Auslasssystems und vor allem der Auslassventile und Auslassventilsitze.

[0040] Die Zündkammer samt dem Verbindungskanal passt in allen Fällen gut in die Einbaustelle bei Serien-Dieselmotoren hinein. Das vereinfacht wesentlich ihre Umwandlung für den Betrieb mit Gaskraftstoff, besonders wenn der Verdichtungsgrad unverändert bleibt.

[0041] Die Erfindung zeichnet sich durch eine einfache Ausführbarkeit aus und kann im Motorenbau breit angewendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gestaltung des Arbeitsflusses eines Kolbengasmotors mit Kerzenzündung mit einem Eintritt eines Gasluftgemischs aus einem Brennraum (**1**) in eine Zündkammer (**4**) während der Verdichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass Restgase in der Zündkammer (**4**) bei einer Temperatur von 500 bis 700°C gehalten werden und

dass mit Hilfe von diesen Restgasen, und zwar durch ihren Kontakt und Vermengung mit dem Gasluftgemisch kombinierte Reforming-Reaktionen niedriger Alkane als Bestandteil eines Kohlenwasserstoffgases unter Freisetzung von Wasserstoff und Kohlenoxid eingeleitet werden, wobei eine Intensivierung der kombinierten Reforming-Reaktionen während der Verdichtung durch eine Steigerung von Druck und Temperatur des Gasluftgemischs bis zu 5–5,5 MPa und 500–600°C zum Zeitpunkt der Funkenbildung in der Zündkammer (**4**) und im Brennraum (**1**) sichergestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass dabei Restgase mit folgender Zusammensetzung benutzt werden: Kohlendioxid 6,7–5,6%, Sauerstoff 6,6–8,8%, Wasserdampf 12,8–10,8%, wobei die Luftüberschusszahl 1,5 bis 1,8 beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Zeitpunkt der Funkenbildung eine Entladungsenergie von mindestens 200 mJ sichergestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zündkammer (**4**) aus einem Material gefertigt wird, welches als Katalysator für die kombinierten Reforming-Reaktionen von niedrigeren Alkanen unter Freisetzung von Wasserstoff und Kohlenoxid dient.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

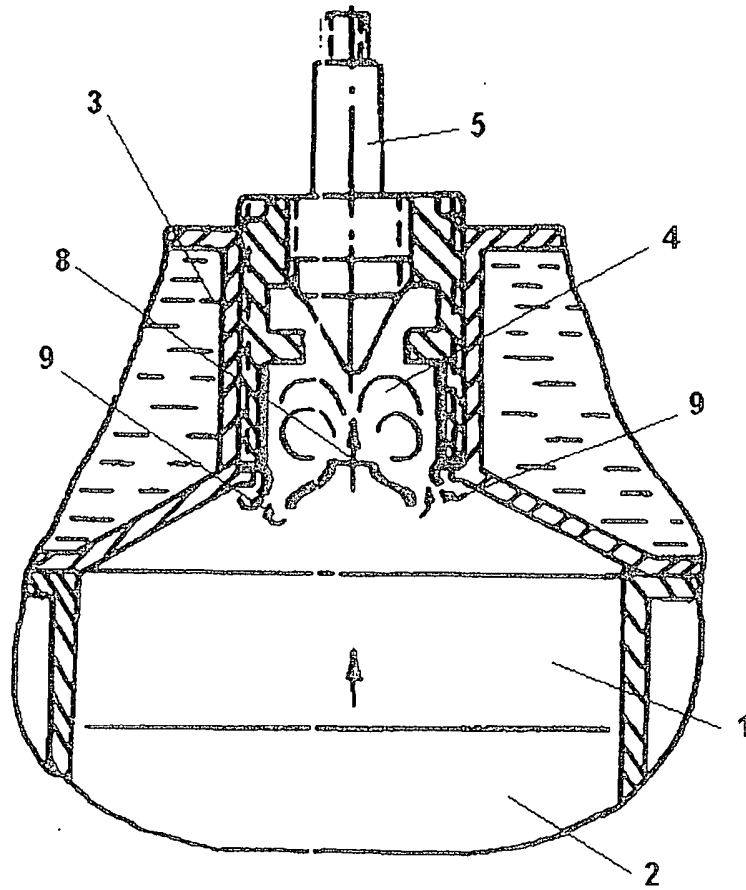


FIG. 1

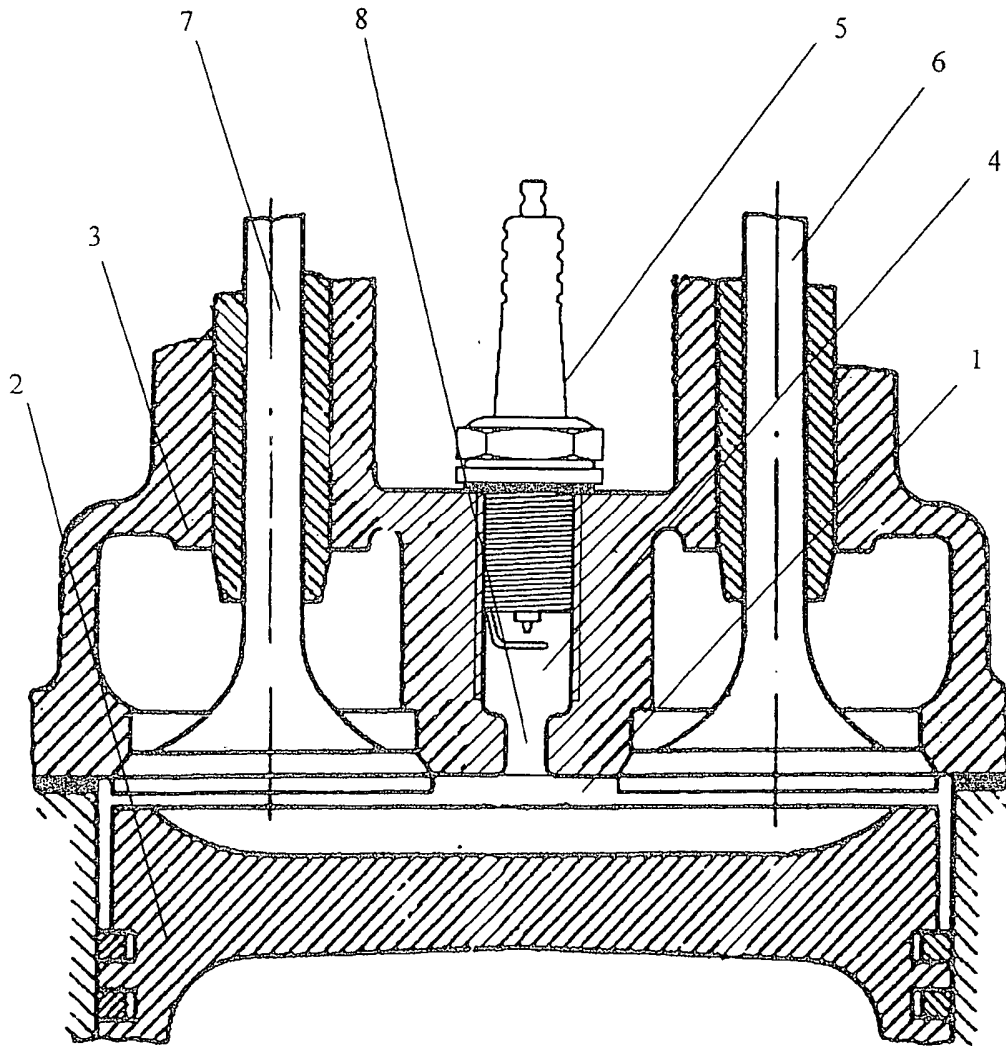


FIG. 2