

(19)



(11)

EP 3 054 136 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
06.04.2022 Patentblatt 2022/14

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02F 3/10 ^(2006.01) **F01P 9/00** ^(2006.01)
F02F 3/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16153904.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02F 3/10; F02F 3/16

(22) Anmeldetag: **02.02.2016**

(54) **VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG**

COMBUSTION ENGINE FOR A MOTOR VEHICLE

MOTEUR A COMBUSTION INTERNE DE VEHICULE AUTOMOBILE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **03.02.2015 DE 102015201847**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.08.2016 Patentblatt 2016/32

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft 38440 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder: **Henn, Dr. Michael 38165 Lehre (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 258 330 EP-A2- 1 933 022
DE-A1- 3 605 918 DE-C1- 19 815 988
US-A- 4 466 399 US-A1- 2007 218 303

EP 3 054 136 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verbrennungskraftmaschine für ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 10 2009 002 183 A1 ist eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Brennraum bekannt. Eine mit einem Luft-Kraftstoff-Gemisch oder einem Abgasstrom in Kontakt kommende Oberfläche eines Bauteils des Brennraums oder eines brennraumnahen, abgasströmungsführenden Bauteils der Verbrennungskraftmaschine weist nun eine katalytische Beschichtung auf. Die Beschichtung ist insbesondere auf einem Kolbenboden, einer Zylinderinnenfläche und einer Zylinderkopfinnenfläche aufgebracht. Die katalytische Beschichtung weist eine aus Strukturelementen länglicher Gestalt aufgebaute Nanostruktur auf, wobei die Strukturelemente mit einem Ende an der beschichteten Oberfläche anhaften und mit ihrem zweiten Ende in dem Brennraum oder dem abgasströmungsführenden Raum enden. Eine solche Beschichtung erfolgt vorzugsweise mit den Methoden des Gasflusssputterns oder des Magnetronsputterns. Diese Sputterverfahren zählen zu den Verfahren der physikalischen Gasphasenabscheidung. Die katalytische Beschichtung soll die Oxidation von Verkokungsrückständen des Verbrennungsprozesses unterstützen. Durch eine hohe katalytische Aktivität soll eine hohe Umsatzrate gewährleistet werden. Die Schichtdicke soll zwischen 0,1 μm bis 50 μm betragen.

[0003] Aus der DE 195 24 015 A1 ist eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Kolben bekannt. Der Kolben weist einen Kolbenkörper auf, wobei der Kolbenkörper einen Kolbenboden an der Gasverbrennungszone aufweist. Die Gasverbrennungszone ist durch eine Brennkammeroberfläche eingeschlossen. Es ist nun eine Beschichtung, nämlich eine Wärmeleitbeschichtung niedriger Wärmeleitfähigkeit auf dem Kolbenboden und auf der Brennkammeroberfläche mit einer für den Einsatz als thermische Diode geeigneten Dicke aufgebracht. Die Wärmeleitbeschichtung soll den Wärmeübergang auf den Kolbenkörper und die Brennkammer begrenzen. Die Wärmeleitbeschichtung kann aus Thoriumoxid, Zirkonoxid, aus einer Titaniumlegierung oder aus rostfreiem Stahl mit 22 Gewichtsprozent Chrom bestehen. Die Wärmeleitbeschichtung weist eine Wärmeleitfähigkeit im Bereich von 0 bis $70 \cdot 10^{-6}$ metrische Einheiten und entsprechend $93 \cdot 10^{-6}$ metrische Einheiten für Aluminiumkolben auf. Die Dicke der Wärmeleitbeschichtung soll im Bereich von 0,5 mm bis 1,8 mm liegen. Der Kolben weist ferner im Bereich einer Umfangsfläche eines Feuerstegs eine thermisch leitfähige Abrasivschicht auf, die sich während des anfänglichen Betriebs der Verbrennungskraftmaschine abnutzt, um den Kolben an die Zylinderbohrungswand möglichst mit wenig Spiel anzupassen. Die thermische Leitfähigkeit der Abrasivschicht wird durch leitfähige Partikel oder leitfähige Flocken aus Kupfer oder Aluminium in einer Schichtmatrix erreicht. Die Schichtmatrix weist eine Mischung von mindestens zwei Elementen

auf, wobei die beiden Elemente aus einer Gruppe bestehend aus Graphit, Molybdändisulfid und Bornitrid ausgewählt sind.

[0004] Aus der WO 02/18770 A1 ist eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Kolben bekannt. Der Kolben weist einen Kolbenboden und einen Kolbenmantel auf. Der Kolbenboden ist mit dem Kolbenmantel durch eine Haltefeder verbunden. Die Haltefeder soll einen Ausgleich von Mikrobewegungen in Folge unterschiedlicher Wärmedehnung des Kolbenbodens und des Kolbenmantels ermöglichen. Der Wärmeübergang zwischen dem Kolbenboden und dem Kolbenmantel ist durch eine Beschichtung des Kolbenbodens behindert. Die Beschichtung ist auf wenigstens einer Sitzfläche des Kolbenbodens aufgebracht, mit der der Kolbenboden an dem Kolbenmantel anliegt. Der Kolbenboden kann somit wesentlich höhere Temperaturen annehmen als der Kolbenmantel, ohne zu viel Wärme auf die Laufflächen zu übertragen. Die Beschichtung kann auch auf der dem Brennraum zugewandten Seite des Kolbenbodens ausgebildet sein. Die Beschichtung kann Titan oder Titanverbindungen, Keramik, Hardcoat oder andere durch chemische oder physikalische Gasphasenabscheidungen aufgebraute Werkstoffe aufweisen.

[0005] Aus der DE 198 15 988 C1 ist eine Verbrennungskraftmaschine mit einer Kolbenzylinderanordnung bekannt. Ein entsprechender Zylinder aus Metall oder aus einer Keramik weist eine innere Bohrung auf, die eine Kolbenführungsfläche bildet. Die Kolbenführungsfläche ist mit einer harten Beschichtung ausgestattet. Diese Beschichtung ist wenige Zehntelmillimeter oder Mikrometer dick. Insbesondere harte Materialien kommen als Beschichtung in Betracht, also Carbide, Oxide, Nitride sowie Diamantbeschichtungen. Die Beschichtung kann aus polykristallinem Diamant bestehen oder als diamantähnliche Kohlenstoffbeschichtung (DLC-"diamond like carbon") ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Beschichtung metallhaltigen Kohlenwasserstoff (Me:CH) aufweisen, wobei als metallische Dotierung zum Beispiel Titan, Wolfram, Bor beziehungsweise deren besonders harte Carbidphase in Betracht kommen, die zugleich eine günstige Affinität zu Kohlenstoff aufweist. Ferner ist die Verwendung von amorphem Kohlenwasserstoff (a:CH) oder von tetragonal koordiniertem Kohlenstoff (a:C) denkbar. Der Kolben weist zwei Gleitabschnitte in Form jeweils eines Ringes auf, deren geschlossener zylindrischer Umfang jeweils einen Gleitabschnitt des Kolbens definiert. Das Material der Gleitabschnitte besteht aus mesophasigem Graphit oder ultrafeinkörnigem Graphit. Die Ringe sind aus mesophasigem Graphit im Wege der Urformens herstellbar.

[0006] Aus der DE 36 059 18 A1 und EP 0 258 330 A1 sind eine Kolbenzylinderanordnung bekannt, wobei der Kolben aus Pressgraphit in Form von Hartbrandkohle oder Elektrographit ausgebildet ist. Ein Boden des Kolbens ist an der brennraumseitigen Fläche abbrandfest vergütet ausgebildet, wobei Siliziumpulver in dünner Schicht aufgebracht und im Autoklaven aufsiliziert wird,

wobei das Pulver mit dem Graphit eine homogene Verbindung eingeht und die so entstandene Vergütungsschicht sowohl einen Abbrandschutz darstellt als auch zur Verfestigung des Gefüges der Beaufschlagungsfläche beiträgt. Der Kolben ist Kolbenringen bestückt. Die Kolbenringe können aus keramikbeschichtetem Ferroguß, Keramik, wie Zirkonoxid oder aus vergütetem Kohlenstoffmaterial ausgebildet sein. Eine Lauffläche des Zylinders ist aus gleichem, aber laufflächenvergüteten oder einem ähnlichen Material gebildet, das in etwa das gleiche Wärmedehnungsverhalten wie das Material des Kolbens hat. Die Wandung des Zylinders ist entsprechend vergütet. Als Materialien für die Laufflächen des Zylinders sind silizierter Kohlenstoff, Siliziumcarbid, Siliziumnitrit oder Invar-Stahl mit einer keramischen Spritzschicht genannt.

[0007] Aus der US 4,446/399 A ist eine Zylinderanordnung bekannt, wobei ein Zylinderbuchse von einer aus einem Faserverbundwerkstoff bestehenden Bandage umgeben ist, deren thermische Ausdehnung in radialer Richtung geringer ist als die der Zylinderbuchse. Der Kolben weist zwei Bestandteile auf, nämlich eine den heißen Verbrennungsgasen ausgesetzte Kappe und ein Krafteinleitungskern, der mit der Kappe über rotationssymmetrische Teile in Verbindung steht und nicht von den heißen Verbrennungsgasen beaufschlagt wird. Die Kappe besteht aus einem keramischen Werkstoff, das Graphit enthält. Die Bereiche der Zylinderbuchse und der Kappe, die mit den heißen Brenngasen im direkten Kontakt stehen und an denen keine Relativverschiebung auftritt, weisen eine Schutzschicht aus MoSi_2 , Al_2O_3 oder TaC auf. Diese Schutzschicht ist somit brennraumseitig ausgebildet und liegt nicht der Zylinderlauffläche gegenüber. Die Kappe besteht aus einem keramischen Material bspw. Siliziumnitrit. Eine Zwischenschicht ist zwischen der Kappe und dem Krafteinleitungskern angeordnet, die der thermischen Isolierung und der Druckübertragung zwischen dem Kern und der Kappe dient. Diese Zwischenschicht besteht aus Aluminiumtitanat oder Cordierit. Diese Zwischenschicht befindet sich im Inneren der Kappe und liegt nicht der Zylinderlauffläche gegenüber.

[0008] Aus der gattungsbildenden DE 10 2008 011 921 A1 ist es bekannt, eine DLC-Beschichtung (DLC-"diamond like carbon") auf thermisch und tribologisch hochbeanspruchte Bauteile einer Verbrennungskraftmaschine wie Bolzen, Kolbenringe, Pleuellager, Laufflächen des Kolbens und dergleichen aufzubringen, so dass Reibung, Verschleiß und Adhäsionsneigung verringert werden. Auf das Bauteil wird mittels plasmaunterstützter chemischer Gasphasenabscheidung eine erste DLC-Beschichtung aufgebracht, wobei diese erste DLC-Beschichtung die Funktion einer Haftvermittlerschicht übernimmt. Danach wird eine weitere DLC-Beschichtung aufgebracht, die gegenüber der ersten DLC-Beschichtung eine verringerte Steifigkeit, Härte und geringere Eigenspannung aufweist. Unter einer DLC-Beschichtung nämlich einer Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlen-

stoff sollen hierbei alle in der VDI 2840 in Gruppe 2 aufgeführten Schichten zu verstehen sein. DLC-Beschichtungen bestehen im Wesentlichen aus Kohlenstoff, der in sp²- und/oder sp³-Bindung gebunden ist, wobei der Bindungscharakter die Eigenschaft der Schicht wesentlich bestimmt. Als besonders vorteilhaft wird eine amorphe, wasserstoffhaltige, metallfreie DLC-Beschichtung angegeben, bei der die beiden Bindungsarten im Verhältnis 60 bis 80 zu 20 bis 40 vorhanden sind.

[0009] Die gattungsbildende Verbrennungskraftmaschine ist noch nicht optimal ausgebildet.

[0010] Effizienz und Leistungssteigerungen von Verbrennungskraftmaschinen können zu höheren thermischen Belastungen führen. Aus Temperaturschutzgründen werden brennraumnahe Bauteile, insbesondere Kolben der Verbrennungskraftmaschine gekühlt. Als aktive Kühlmöglichkeit der Kolben ist eine Einspritzkühlung bekannt. Ferner sind Kolben mit Kühlkanälen bekannt. Durch die Kühlkanäle und die Spritzdüsen können sich Konstruktionseinschränkungen ergeben und es ist ein Energieaufwand zum Umwälzen des Kühlmediums Öl nachteilig. Eine Ölverkokung in Kühlkanälen ist zu vermeiden.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, zu hohe Bauteiltemperaturen im Betrieb der Verbrennungskraftmaschine zu vermeiden. Insbesondere liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Kühlung eines Zylinders im Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine darzustellen.

[0012] Diese der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird nun durch eine Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen charakterisiert.

[0013] Eine erfindungsgemäße Verbrennungskraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, umfasst einen Kolben, der eine Beschichtung mit einem Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,8$ für Wärmestrahlung aufweist, und eine der Beschichtung des Kolbens gegenüberliegende Zylinderlauffläche, die eine Beschichtung aufweist, welche einen Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,8$ hat, der im Wesentlichen gleich dem Emissionsgrad der Beschichtung des Kolbens ist.

[0014] Der Emissionsgrad ist insbesondere der Gesamt-Emissionsgrad, insbesondere der gerichtete Gesamt-Emissionsgrad, bevorzugt der Gesamt-Emissionsgrad in Richtung einer Flächennormale. Der Kolben und die Zylinderlauffläche gehören zu einem Zylinder. Bevorzugt ist die Verbrennungskraftmaschine eine Hubkolbenmaschine.

[0015] Dass die Emissionsgrad der Beschichtung des Kolbens im Wesentlichen gleich dem Emissionsgrad der Beschichtung der Zylinderlauffläche ist, bedeutet insbesondere dass sich die Emissionsgrade nur unwesentlich voneinander unterscheiden, zum Beispiel dass die Differenz der zwei Emissionsgrade nur 0,15, bevorzugt nur 0,1, insbesondere bevorzugt nur 0,05 beträgt. Beson-

ders bevorzugt sind die Emissionsgrade gleich. Die Erfindung hat den Vorteil, dass eine Strahlungskühlung ermöglicht ist. Der Emissionsgrad ε der Beschichtung des Kolbens und/oder der Emissionsgrad ε der Beschichtung der Zylinderlauffläche beträgt vorzugsweise mehr als 0,9. Dies ermöglicht eine höhere Leistungsdichte durch niedrigere Bauteiltemperaturen insbesondere ohne zusätzliches Gewicht oder ohne zusätzlichen apparativen Aufbau bspw. ohne zusätzliche aktive Kühlmaßnahmen.

[0016] Die Beschichtung kann für Kolben ohne Kühlkanäle aber auch für Kolben mit Kühlkanälen verwendet werden. Die Verbrennungskraftmaschine kann eine Anspritzkühlung zur Kühlung des Kolbens aufweisen oder ohne Anspritzkühlung zur Kühlung des Kolbens ausgeführt sein. Über die heißen Verbrennungsgase wird dem Kolben ein Wärmestrom zugeführt. Von dem Kolben gehen nun unterschiedliche Wärmeströme über Kolbenringe, durch den Kontakt mit der Gehäuseluft und über einen Kolbenschaft ab. Wenn eine Anspritzkühlung vorgesehen ist und/oder die Kolben mit Kühlkanälen ausgestattet sind, wird ein großer Teil der Wärme über das entsprechende Öl abgeleitet. Durch die Wahl einer Beschichtung mit einem entsprechend großen Emissionsgrad ε kann der Beitrag der Strahlungskühlung zum Abtransport der über die Verbrennungsgase eingebrachten Wärme deutlich gesteigert werden.

[0017] Die Beschichtung ist insbesondere auf der Kolbenumfangsfläche ausgebildet oder angeordnet. Die Beschichtung kann insbesondere am Feuersteg, an einer Ringpartie, am Kolbenschaft beziehungsweise am Kolbenhemd und/oder an der Kolbenunterseite ausgebildet beziehungsweise angeordnet sein. Die Beschichtung ist vorzugsweise sowohl an der Außenumfangsfläche der Kolbenschaftes als auch an einer Innenseite des Kolbenschaftes vorgesehen. Am Feuersteg und an der Ringstegpartie ergibt sich ein großer Wirkeffekt aufgrund der vergleichsweise hohen Temperaturen, daher ist diese Ausgestaltung vorteilhaft. Hierdurch ist eine Abgabe der Wärme in Richtung des Zylinders durch Strahlungskühlung verbessert.

[0018] Die Beschichtung weist Werkstoffe auf, deren Emissionsgrad ε für Wärmestrahlung mehr als 0,8 beträgt. Insbesondere beträgt der Emissionsgrad ε für Wärmestrahlung der Beschichtung mehr als 0,9. Der Wärmetransport durch Strahlung ist proportional der Umgebung ausgesetzten Oberfläche A und der vierten Potenz der Oberflächentemperatur T. Der Wärmetransport wird durch den Emissionsgrad ε begrenzt. Der Emissionsgrad ε beträgt 1,0 für einen schwarzen Körper und ist hierbei maximal. Für eloxiertes Aluminium beträgt der Emissionsgrad ε ungefähr 0,85. Für unbehandeltes Aluminium im Neuzustand beträgt der Emissionsgrad ca. 0,05. Für gealtertes, unbehandeltes Aluminium beträgt der Emissionsgrad ca. 0,2.

[0019] Die übertragene Strahlungsleistung P zwischen zwei beabstandet parallel angeordnete Platten mit den Emissionsgraden ε_1 und ε_2 beträgt $P = A\sigma(T_1^4 - T_2^4)/(1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1) = A\alpha_{str}(T_1 - T_2)$, wobei der Wär-

meübertragungskoeffizient $\alpha_{str} = \sigma(T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)/(1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)$ beträgt. Die Stefan-Boltzmann-Konstante ist σ . Näherungsweise gilt dieser Zusammenhang auch für die Zylinderlauffläche und die gegenüberliegende Kolbenumfangsfläche im Bereich des Feuerstegs, der Ringpartie und des Kolbenhemds. Aus der genannten Formel ergeben sich folgende Beispielswerte für den Wärmeübertragungskoeffizient α_{str} [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$], wenn die Temperatur T_1 des Kolbens beispielsweise 500 Kelvin beträgt und die Temperatur T_2 der Zylinderlauffläche beziehungsweise der entsprechenden Zylinderbuchse 400 Kelvin entspricht.

[0020] Mit der genannten Formel lassen sich nun unterschiedliche Wärmeübertragungskoeffizienten α_{str} in Abhängigkeit der Emissionsgrade ε_1 und ε_2 bestimmen. Der Wärmeübertragungskoeffizient α_{str} beträgt $2.092 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, wenn die Emissionsgrade $\varepsilon_1 = 1$ und $\varepsilon_2 = 1$ betragen. Der Wärmeübertragungskoeffizient α_{str} beträgt $1750 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, wenn die Emissionsgrade $\varepsilon_1 = 0,9$ und $\varepsilon_2 = 0,92$ betragen. Der Wärmeübertragungskoeffizient α_{str} beträgt $1400 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, wenn die Emissionsgrade $\varepsilon_1 = 0,8$ und $\varepsilon_2 = 0,8$ betragen. Der Wärmeübertragungskoeffizient α_{str} beträgt $350 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, wenn die Emissionsgrade $\varepsilon_1 = 0,2$ und $\varepsilon_2 = 0,5$ betragen. Der Wärmeübertragungskoeffizient α_{str} beträgt $100 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, wenn die Emissionsgrade $\varepsilon_1 = 0,05$ und $\varepsilon_2 = 0,5$ betragen.

[0021] Hieraus lässt sich ablesen, dass es besonders vorteilhaft ist, wenn sowohl die Beschichtungen des Kolbens als auch die Beschichtung der entsprechenden Zylinderlauffläche einen Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,8$, vorzugsweise von $\varepsilon > 0,9$ aufweisen. Hierdurch ist die Strahlungswärmeübertragung ungefähr um den Faktor vier bis zwanzig steigerbar.

[0022] Beispielsweise ist es in konkreten Ausführungsformen vorgesehen, dass die Beschichtung durch ein Eloxal-Verfahren hergestellt ist. Der Emissionsgrad ε für eloxiertes Aluminium kann ca. 0,85 betragen. Die Beschichtung kann insbesondere durch Schwarzanodisieren hergestellt sein. Die Beschichtung kann beispielsweise als oxidische Schutzschicht, insbesondere als gefärbte, oxidische Schutzschicht ausgebildet sein. Ferner handelt es sich beim Schwarzanodisieren um ein kostengünstiges, verfügbares Herstellungsverfahren. Durch Eloxieren der Aluminiumoberfläche lässt sich die Strahlungswärmeübertragung um den Faktor vier bis zwanzig im Vergleich zu einer nicht-eloxierten Aluminiumoberfläche steigern.

[0023] Die Schichtdicke sollte dick genug sein, um den Emissionsgrad ε entsprechend zu erhöhen und andererseits dünn genug sein, um auch bei thermischer Beanspruchung gut zu haften. Die Beschichtungen weisen daher vorzugsweise eine Schichtdicke von 10 bis 50 μm auf.

[0024] Zur weiteren Optimierung können weitere Oberflächen des Kolbens oder weitere Zylinderflächen mit Werkstoffen zur Verbesserung des Emissionsgrads ε beschichtet sein beziehungsweise werden. Insbesondere weist eine Zylinderlauffläche eine Beschichtung auf,

wobei die Beschichtung als DLC-Kohlenstoffschicht oder als Siliciumcarbid-Beschichtung ausgebildet sein. Dann weisen die einander gegenüberliegende Zylinderlauffläche und Außenumfangsfläche des Kolbens eine Beschichtung mit einem Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,8$ auf.

[0025] Durch die hier vorgeschlagene Verbesserung der Strahlungskühlung ist der Leistungsbedarf für die Ölpumpe verringert. Es ist eine weitere Steigerung der spezifischen Leistung des Verbrennungsmotors durch Kombination einer Anspritzkühlung und/oder Kanalkühlung mit der Strahlungskühlung möglich.

[0026] Die eingangs genannten Nachteile sind daher vermieden und entsprechende Vorteile sind erzielt.

[0027] Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, die erfindungsgemäße Verbrennungskraftmaschine in vorteilhafter Art und Weise auszugestalten und weiterzubilden. Hierfür wird auf die dem Anspruch 1 nachgeordneten Ansprüche verwiesen. Im Folgenden wird nun eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung in der dazugehörigen Beschreibung näher erläutert.

[0028] In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 in einer schematischen Schnittdarstellung eine Ausführungsform eines Kolbens und eines entsprechenden Zylinders einer Verbrennungskraftmaschine.

[0029] In Fig. 1 ist ein Detail einer Verbrennungskraftmaschine 1, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, dargestellt, nämlich ein Kolben 2, eine Zylinderbuchse 3 und ein Zylinderkopf 4. Die Verbrennungskraftmaschine 1 weist einen Verbrennungsraum 5 auf, der durch den Kolben 2 einerseits und andererseits durch den Zylinderkopf 4 begrenzt ist. Ferner begrenzt die Zylinderbuchse 3 den Verbrennungsraum 5. Der Kolben 2 ist als Hubkolben ausgebildet.

[0030] Der Kolben 2 weist einen Kolbenboden 6 auf, wobei der Kolbenboden 6 dem Verbrennungsraum 5 zugewandt ist beziehungsweise den Verbrennungsraum 5 zumindest teilweise begrenzt. Der Kolbenboden 6 ist leicht in Richtung des Verbrennungsraums 5 gewölbt. Der Kolben 2 weist ferner einen Feuersteg 7 auf. Der Feuersteg 7 bildet den obersten Steg und der Feuersteg 7 erstreckt sich bis zu einer ersten Nut 8. Beabstandet zu der ersten Nut 8 sind hier zwei weitere Nuten 9, 10 an der Umfangsfläche des Kolbens 2 ausgebildet. In den Nuten 8, 9, 10 ist jeweils ein Kolbenring 11, 12, 13 angeordnet. Der sich von dem Feuersteg 7 bis zur untersten dritten Nut 10 erstreckende Bereich kann als Ringstegpartie 14 bezeichnet werden. Die Ringstegpartie 14 ist dabei durch die zwischen den Nuten 9, 10 und 11 verbleibenden Ringstege (nicht näher bezeichnet) gebildet.

[0031] An die Ringpartie 14 schließt sich ein Kolbenschaft 16 an, wobei der Kolbenschaft 16 eine Innenseite 17 und eine Außenumfangsfläche 15 aufweist. Der Kolbenschaft 16 kann auch als Kolbenhemd bezeichnet werden. An die Innenseite 17 schließt sich die Kolbenboden-

unterseite 18 an. Der Kolbenboden 6 und der Kolbenschaft 16 begrenzen dabei eine Aufnahme 19, wobei im Bereich der Aufnahme 19 ein Bolzenauge 20 im Kolbenschaft 16 ausgebildet ist. Nicht dargestellt ist hier ein entsprechender Kolbenbolzen, der im montierten Zustand das Bolzenauge 20 durchgreift und den Kolben 2 mit einem Pleuel (nicht dargestellt) verbindet.

[0032] Der Kolben 2 weist nun mindestens eine, insbesondere mehrere Beschichtungen 21, 22, 23, 24 auf.

[0033] Die eingangs genannten Nachteile sind nun dadurch vermieden, dass die Beschichtungen 21, 22, 23, 24 einen Emissionsgrad ε von mehr als 0,8 für Wärmestrahlung aufweisen. Vorzugsweise weist die Beschichtung 21, 22, 23, 24 einen Emissionsgrad ε von mehr als 0,9 für Wärmestrahlung auf. Der Emissionsgrad ε wird auch als Emissionskoeffizient oder Emissivität bezeichnet.

[0034] Dies hat den Vorteil, dass eine Strahlungskühlung des Kolbens 2 ermöglicht ist. Der Kolben 2 kann vorzugsweise ferner durch eine Anspritzkühlung gekühlt werden. Ferner weist der Kolben 2 vorzugsweise mindestens einen Kühlkanal (nicht näher bezeichnet) auf, um die Kühlleistung weiter zu erhöhen. Durch die Strahlungskühlung ist eine höhere Leistungsdichte durch niedrigere Bauteiltemperaturen ohne zusätzliches Gewicht, ohne zusätzlichen apparativen Aufbau und ohne weitere aktive Kühlmaßnahmen gewährleistet.

[0035] Die Beschichtung 21 ist im Bereich der Ringstegpartie 14 und im Bereich der Außenumfangsfläche des Feuerstegs 7 ausgebildet. Dies ist vorteilhaft, da hier hohe Temperaturen auftreten können.

[0036] Die Beschichtung 22 ist im Bereich der Außenumfangsfläche 15 des Kolbenhemds bzw. des Kolbenschafts 16 ausgebildet. Die Beschichtung 24 ist an der Innenseite 17 des Kolbenschafts 16 ausgebildet. Die Temperaturen im Bereich des Kolbenschaftes 16 bzw. des Kolbenhemdes sind geringer als im Bereich des Feuerstegs 7 oder des Kolbenbodens 6, aber durch die Beschichtungen 22, 24 kann der Beitrag zur Strahlungskühlung ebenfalls gesteigert werden.

[0037] Die Beschichtung 23 ist an der Kolbenbodenunterseite 18 ausgebildet. Durch die Beschichtung 23 ist die Strahlungskühlung verbessert, da insbesondere am Kolbenboden 6 hohe Temperaturen auftreten können.

[0038] Die Beschichtungen 21, 22, 23, 24 sind auf unterschiedliche Weise herstellbar:

In einer Ausgestaltung könnten die Beschichtungen 21, 22, 23, 24 als gefärbte, oxidische Schutzschicht ausgebildet sein. Die oxidische Schutzschicht kann insbesondere schwarz gefärbt sein. Eine solche oxidische Schutzschicht kann durch ein Eloxal-Verfahren hergestellt werden. Insbesondere können die Beschichtungen 21, 22, 23, 24 durch Schwarzanodisieren des Kolbens 2 in den entsprechenden Bereichen, nämlich der Ringstegpartie 14, des Kolbenhemds 15, der Innenseite 17 und der Kolbenbodenunterseite 18 erzeugt werden.

[0039] Der Kolben 2 ist dabei aus Aluminium beziehungsweise einer Aluminiumlegierung gefertigt. Im un-

bearbeiteten Zustand weist die Aluminiumoberfläche lediglich einen geringen Emissionsgrad auf. Aufgrund der in den genannten Bereichen herrschenden hohen Temperatur ergibt sich ein großer Wirkeffekt durch das Schwarzanodisieren. Beim Schwarzanodisieren handelt es sich um einen kostengünstigen verfügbaren Prozess.

[0040] Es ist denkbar, zur Optimierung der Strahlungskühlung weitere Oberflächen des Kolbens 2 mit Werkstoffen zur Verbesserung des Emissionsgrades zu beschichten.

[0041] Die Beschichtungen 21 und insbesondere 22 des Kolbenschaftes 16 beziehungsweise des Kolbenhemdes 15 weisen aufgrund der hier herrschenden Reibung vorzugsweise gute tribologische Eigenschaften auf. Diese Beschichtungen 21 und/oder 22 sind vorzugsweise als eine Kohlenstoffschicht, insbesondere eine DLC-Kohlenstoffschicht, oder als Siliziumcarbid-Beschichtung, Keramik-Beschichtung oder Oxid-Beschichtung ausgebildet.

[0042] Die Beschichtungen 21, 22, 23, 24 und 26 sind vorzugsweise hinreichend dünn ausgebildet. Die Beschichtungen können eine Stärke von 10 bis 50 μm aufweisen. Die Schichtdicke ist hierdurch dick genug, um einen hohen Emissionsgrad ε zu erzielen, und andererseits dünn genug, um auch bei thermischen Beanspruchungen gut zu haften.

[0043] Durch die hier vorgeschlagene Strahlungskühlung ist es möglich, den Leistungsbedarf einer entsprechenden Ölpumpe des Verbrennungsmotors zu senken. Es ist eine weitere Steigerung der spezifischen Leistung durch die Kombination einer Anspritzkühlung beziehungsweise Kanalkühlung mit der vorgeschlagenen Strahlungskühlung möglich.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0044]

- 1 Verbrennungskraftmaschine
- 2 Kolben
- 3 Zylinderbuchse
- 4 Zylinderkopf
- 5 Verbrennungsraum
- 6 Kolbenboden
- 7 Feuersteg
- 8 Nut
- 9 Nut
- 10 Nut
- 11 Kolbenring
- 12 Kolbenring
- 13 Kolbenring
- 14 Ringstegpartie
- 15 Außenumfangsfläche
- 16 Kolbenschaft
- 17 Innenseite
- 18 Kolbenbodenunterseite
- 19 Aufnahme
- 20 Bolzenauge

- 21 Beschichtung
- 22 Beschichtung
- 23 Beschichtung
- 24 Beschichtung
- 5 25 Zylinderlauffläche
- 26 Beschichtung

Patentansprüche

- 10 1. Verbrennungskraftmaschine (1) für ein Kraftfahrzeug, mit einem Kolben (2), der eine Beschichtung (21, 22, 23, 24) mit einem Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,8$ für Wärmestrahlung aufweist, wobei eine der Beschichtung (21, 22, 23, 24) des Kolbens (2) gegenüberliegende Zylinderlauffläche (25) eine Beschichtung (26) aufweist, welche einen Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,8$ hat, der im Wesentlichen gleich dem Emissionsgrad der Beschichtung (21, 22, 23, 24) des Kolbens (2) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (2) aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung gefertigt ist, wobei die Beschichtung (21, 22, 23, 24) durch Schwarzanodisieren hergestellt ist, wobei die Beschichtung (21, 22) an einer Außenumfangsfläche des Kolbens (2), nämlich an einem Feuersteg (7), an einer Ringstegpartie (14) und an einer Außenumfangsfläche (15) eines Kolbenschaftes (16), ausgebildet ist.
- 15 2. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (21, 22, 23, 24) des Kolbens (2) einen Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,9$ für Wärmestrahlung aufweist und/oder dass die Beschichtung (26) der Zylinderlauffläche (26) einen Emissionsgrad von $\varepsilon > 0,9$ für Wärmestrahlung aufweist.
- 20 3. Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (23, 24) an einer Kolbenbodenunterseite (18) und/oder an einer Innenseite (17) des Kolbenschaftes (16) ausgebildet ist.
- 25 4. Verbrennungskraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (26) der Zylinderlauffläche (25) als DLC-Kohlenstoffschicht, als Siliziumcarbid-Beschichtung, als Keramik-Beschichtung oder als Oxid-Beschichtung ausgebildet ist.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50

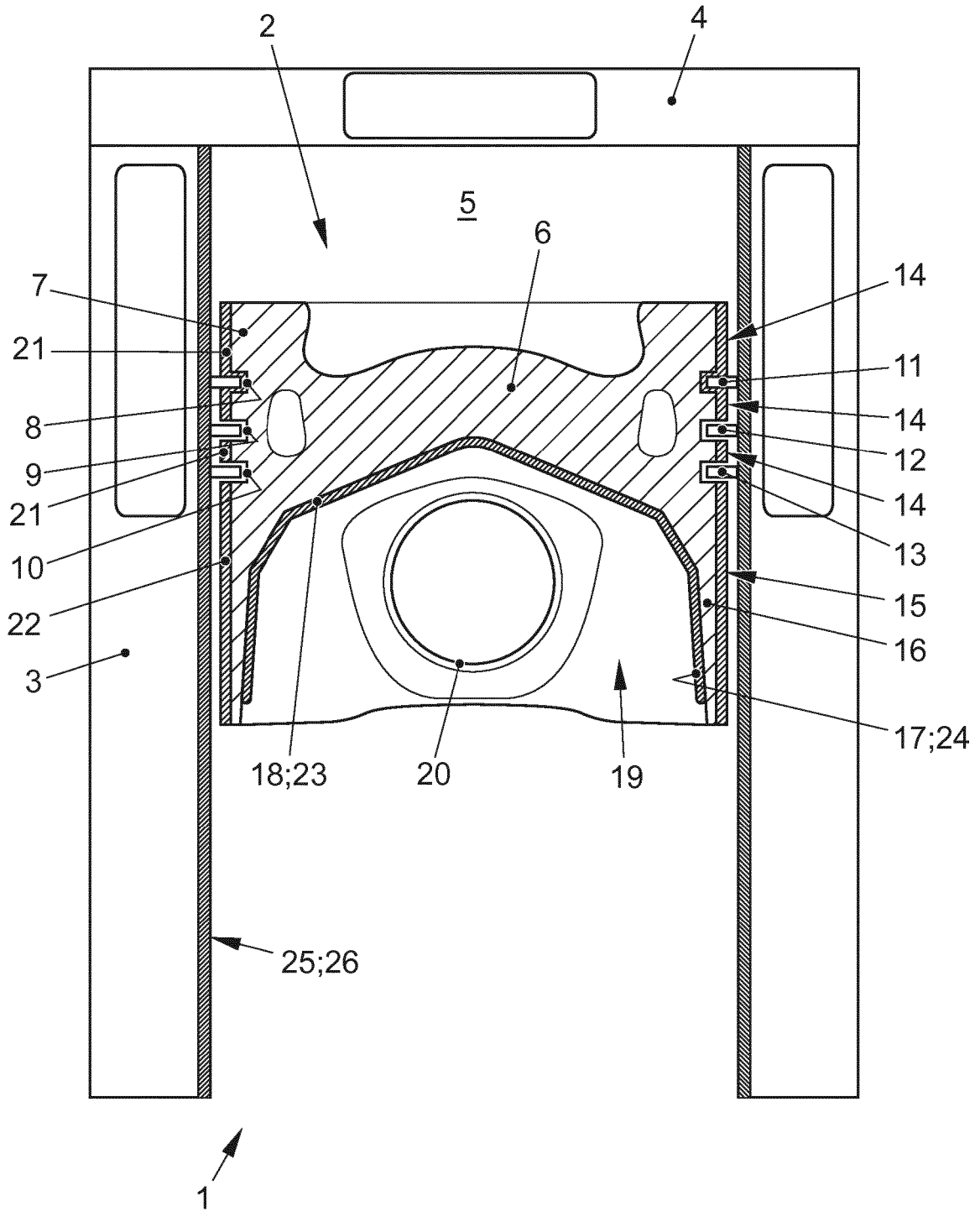
Claims

- 55 1. Internal combustion engine (1) for a motor vehicle, having a piston (2) which has a coating (21, 22, 23, 24) with an emissivity of $\varepsilon > 0.8$ for thermal radiation, wherein a cylinder liner surface (25), which faces the coating (21, 22, 23, 24) of the piston (2), has a coating

- (26) which has an emissivity of $\varepsilon > 0.8$ which is substantially equal to the emissivity of the coating (21, 22, 23, 24) of the piston (2), **characterized in that** the piston (2) is manufactured from aluminium or from an aluminium alloy, wherein the coating (21, 22, 23, 24) is produced by black anodizing, wherein the coating (21, 22) is formed on an outer circumferential surface of the piston (2), specifically on a top land (7), on a ring land section (14) and on an outer circumferential surface (15) of a piston skirt (16).
2. Internal combustion engine according to Claim 1, **characterized in that** the coating (21, 22, 23, 24) of the piston (2) has an emissivity of $\varepsilon > 0.9$ for thermal radiation, and/or **in that** the coating (26) of the cylinder liner surface (26) has an emissivity of $\varepsilon > 0.9$ for thermal radiation.
 3. Internal combustion engine according to either one of the preceding claims, **characterized in that** the coating (23, 24) is formed on a piston crown underside (18) and/or on an inner side (17) of the piston skirt (16).
 4. Internal combustion engine according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the coating (26) of the cylinder liner surface (25) is formed as a DLC layer, as a silicon carbide coating, as a ceramic coating or as an oxide coating.
3. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement (23, 24) est formé sur une face inférieure de fond de piston (18) et/ou sur une face intérieure (17) de la tige de piston (16).
 4. Moteur à combustion interne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement (26) de la surface de contact de cylindre (25) est réalisé sous la forme d'une couche de carbone DLC, d'un revêtement de carbure de silicium, d'un revêtement de céramique ou d'un revêtement d'oxyde.

Revendications

1. Moteur à combustion interne (1) destiné à un véhicule automobile, ledit moteur comprenant un piston (2) qui comporte un revêtement (21, 22, 23, 24) présentant une émissivité $\varepsilon > 0,8$ pour le rayonnement thermique, une surface de contact de cylindre (25), opposée au revêtement (21, 22, 23, 24) du piston (2), comportant un revêtement (26) qui a une émissivité $\varepsilon > 0,8$, qui est sensiblement égale à l'émissivité du revêtement (21, 22, 23, 24) du piston (2), **caractérisé en ce que** le piston (2) est fabriqué à partir d'aluminium ou d'un alliage d'aluminium, le revêtement (21, 22, 23, 24) étant produit par anodisation noire, le revêtement (21, 22) étant formé sur une surface circonférentielle extérieure du piston (2), à savoir une tête de piston (7), une portion de listel de piston (14) et une surface circonférentielle extérieure (15) d'une tige de piston (16).
2. Moteur à combustion interne selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le revêtement (21, 22, 23, 24) du piston (2) présente une émissivité $\varepsilon > 0,9$ pour le rayonnement thermique et/ou **en ce que** le revêtement (26) de la surface de contact de cylindre (26) présente une émissivité $\varepsilon > 0,9$ pour le rayonnement thermique.



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102009002183 A1 **[0002]**
- DE 19524015 A1 **[0003]**
- WO 0218770 A1 **[0004]**
- DE 19815988 C1 **[0005]**
- DE 3605918 A1 **[0006]**
- EP 0258330 A1 **[0006]**
- US 4446399 A **[0007]**
- DE 102008011921 A1 **[0008]**