



(10) **DE 10 2013 009 369 B4** 2015.05.07

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 009 369.4**
(22) Anmeldetag: **04.06.2013**
(43) Offenlegungstag: **04.12.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.05.2015**

(51) Int Cl.: **B23P 15/06 (2006.01)**
F02F 5/00 (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:
**FEDERAL-MOGUL Burscheid GmbH, 51399
Burscheid, DE**

(74) Vertreter:
Cichy, Wolfgang, Dipl.-Ing., 58332 Schwelm, DE

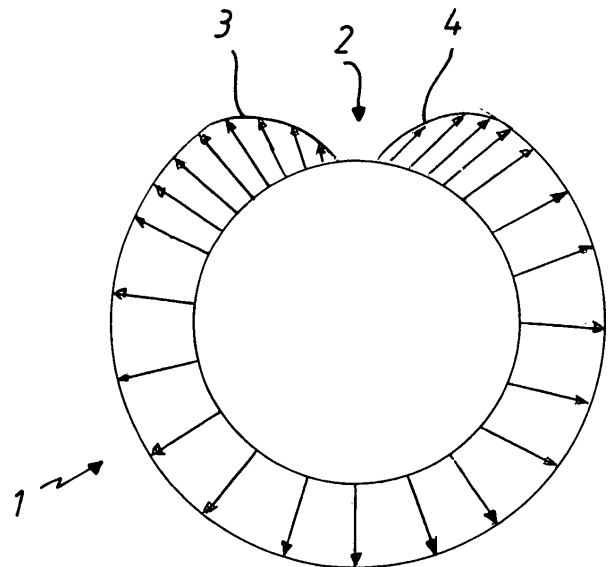
(72) Erfinder:
**Lammers, Ralf, 42929 Wermelskirchen, DE;
Bauer, Christiane, 51399 Burscheid, DE; Ivanov,
Yuriy, 51467 Bergisch Gladbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	41 40 232	C1
DE	10 2009 052 587	A1
DE	10 2011 010 656	A1
DE	944 468	B
EP	1 359 351	B1
JP	2001- 295 699	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Kolbenrings**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines aus Gusseisen oder Stahlguss bestehenden Kolbenrings, indem ein Kolbenringgrundkörper (1) erzeugt wird, der, über den Umfang gesehen, mit mindestens einer PVD-Schicht (5) variabler Schichtdicke überzogen wird, dergestalt, dass im Bereich der Stoßenden (3, 4) eine, gegenüber dem verbleibenden Umfangsbereich des Kolbenringgrundkörpers (1), erhöhte Schichtdicke gegeben ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolbenringgrundkörper (1) so bearbeitet wird, dass er im nicht motorischen kalten Betriebszustand eine Radialdruckverteilung aufweist, bei welcher die Stoßenden (3, 4) über einen definierten Umfangswinkel nahezu keinen Radialdruck aufweisen und die variable Schichtdicke der PVD-Schicht (5) so eingestellt wird, dass bei einer Kolbenringtemperatur oberhalb von 150°C eine nahezu gleichmäßige Radialdruckverteilung über den gesamten Ringumfang des Kolbenrings, gegeben ist, dergestalt, dass der stoßnahe Bereich (3, 4) des Kolbenringgrundkörpers (1) mit einer Schichtdicke der PVD-Schicht (5) < 100 µm, insbesondere < 60 µm, und der verbleibende Umfangsbereich des Kolbenringgrundkörpers (1) mit einer Schichtdicke der PVD-Schicht < 60 µm, insbesondere < 40 µm, versehen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines aus Gusseisen oder Stahlguss bestehenden Kolbenrings gemäß gattungsbildendem Teil des ersten Patentanspruchs.

[0002] Allgemein bekannt ist, Kolbenringe mit verschleißfesten Schichten zu versehen. Hier werden vielfach sehr harte PVD-Schichten auf der Lauffläche abgeschieden. Aus Motorläufen ist bekannt, dass Kolbenringe, insbesondere der ersten Nut, am Stoß einen höheren Verschleiß als im Ringrücken aufweisen. Gleichzeitig beeinträchtigt die PVD-Schicht die Radialdruckverteilung des Rings im motorischen Betrieb. Aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnungen der Beschichtungen und des Grundwerkstoffs (Bimetalleffekt) erhöht sich der Druck am Stoß und begünstigt so einen noch höheren Verschleiß in diesem Bereich. Dies führt ebenfalls zu einer höheren Belastung des Gegenkörpers und damit auch zu höherem Verschleiß desselben.

[0003] Der JP 2001-295699 A ist ein laufflächenbeschichteter Kolbenring zu entnehmen. Die Lauffläche dieses Kolbenrings ist mit einer harten PVD-Schicht versehen. Auf selbiger wird eine weitere Schicht abgeschieden, die bessere Einlaufeigenschaften als die harte PVD-Schicht hat. Durch diese Maßnahme soll eine optimierte Druckverteilung in Umfangrichtung des Kolbenrings gesehen gegeben sein, da die Einlaufschicht im stoßnahen Bereich des Kolbenrings relativ schnell abgetragen wird.

[0004] Die EP 1 359 351 B1 betrifft ein gattungsbildendes Verfahren. Ein mit einem Stoß versehener Grundkörper wird in Rotation versetzt und um eine Verdampfungsquelle herum gedreht. Durch unterschiedliche Rotationsgeschwindigkeiten werden, über den Umfang des Grundkörpers gesehen, unterschiedliche Schichtdicken erzeugt. Die Schichtdicke im Stoßbereich soll hierbei größer sein als im übrigen Umfangsbereich.

[0005] Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Kolbenringgrundwerkstoffs und der PVD-Schicht ändert sich die Radialdruckverteilung im Motorbetrieb ab ca. 150°C Ringtemperatur dahingehend, dass sich ein erhöhter Radialdruck im Stoßbereich ausbildet.

[0006] Durch die DE 10 2009 052 587 A1 ist ein Kolbenring, insbesondere ein Kompressionskolbenring bekannt geworden, beinhaltend eine Lauffläche, obere und untere Flankenbereiche, eine innere Umfangsfläche sowie einen Stoß, wobei die Wanddicke des Kolbenrings über seinen Umfang gesehen, gleich ausgebildet und zumindest die Lauffläche mit einer PVD- oder einer CVD-Schicht versehen ist, dergestalt, dass die Laufflächenschicht im stoßnahen Be-

reich eine geringere Schichtstärke als im übrigen Umfangsbereich der Lauffläche aufweist.

[0007] In der DE 10 2011 010 656 A1 wird ein Kolbenring, insbesondere ein Kompressionskolbenring beschrieben, mit einem Grundkörper, der eine radiale äußere Lauffläche, eine radial innere Umfangsfläche, eine obere und eine untere Flankenfläche sowie einen Stoß aufweist, wobei die Lauffläche mit mindestens einer umlaufend ausgebildeten Kammerung versehen ist, die eine verschleißfeste Beschichtung, insbesondere eine PVD-Beschichtung, aufnimmt, wobei ausgehend von den Stegkanten des Stoßes, in Umfangrichtung des Grundkörpers gesehen, außerhalb der Beschichtung ein Stegansatz im Grundkörper angeformt ist, der sich mit vorgebarbarer radialer Höhe über eine definierte Umfangslänge beiderseits des Stoßes erstreckt.

[0008] Die DE 41 40 232 C1 offenbart einen selbstpannenden Kolbenring mit ungleichmäßiger Radialdruckverteilung, wobei der auf Nenndurchmesser gespannte Kolbenring an den Stoßenden im Bereich $\alpha < 25^\circ$ einen Krümmungsradius aufweist, der dem Zylinderradius entspricht und wobei im Winkelbereich $\beta = 25\text{--}35^\circ$ beidseitig des Ringstoßes der Krümmungsradius kleiner als der Zylinderradius ist, so dass sich die radiale Druckverteilung an den Stoßenden nahezu auf Null und im Winkelbereich $\beta = 25\text{--}35^\circ$ auf über 200% des mittleren Radialdrucks einstellt.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Lebensdauer eines PVD-beschichteten Kolbenrings zu erhöhen, wobei gleichzeitig der Gegenkörper keinem erhöhten Verschleiß, bzw. keiner erhöhten Belastung, ausgesetzt werden soll.

[0010] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Kolbenringgrundkörper so bearbeitet wird, dass er im nicht motorischen kalten Betriebszustand eine Radialdruckverteilung aufweist, bei welcher die Stoßenden über einen definierten Umfangswinkel nahezu keinen Radialdruck aufweisen und die variable Schichtdicke der PVD-Schicht so eingestellt wird, dass bei einer Kolbenringtemperatur oberhalb von 150°C eine nahezu gleichmäßige Radialdruckverteilung über den gesamten Ringumfang des Kolbenrings, gegeben ist, dergestalt, dass der stoßnahe Bereich des Kolbenringgrundkörpers mit einer Schichtdicke der PVD-Schicht 100 μm , insbesondere $< 60 \mu\text{m}$, und der verbleibende Umfangsbereich des Kolbenringgrundkörpers mit einer Schichtdicke der PVD-Schicht $< 60 \mu\text{m}$, insbesondere $< 40 \mu\text{m}$, versehen wird.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen des anmeldungsgemäßen Verfahrens sind den zugehörigen verfahrensgemäßen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0012] Diese Aufgabe wird auch gelöst durch einen Kolbenring, der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen dieses Kolbenrings sind den zugehörigen gegenständlichen Unteransprüchen zu entnehmen.

[0014] Der mit einem Stoß versehene Kolbenring beinhaltet einen Grundkörper aus Stahlguss oder Gusseisen, auf dessen äußeren Umfangsfläche zumindest eine verschleißfeste PVD-Schicht aufgebracht ist, wobei die PVD-Schicht im stoßnahen Bereich des Kolbenringgrundkörpers, über einen definierten Umfangsbereich gesehen, von ihrer Materialstärke her dicker als im verbleibenden Umfangsbereich ausgebildet ist.

[0015] Einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß wird auf einem aus einem Stahlguss-Werkstoff, respektive Gusseisen, bestehenden Kolbenringgrundkörper mit einem Ausdehnungskoeffizienten $< 15 \times 10^{-6}/K$ im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C eine PVD-Schicht mit einem Ausdehnungskoeffizienten $< 4 \times 10^{-6}/K$ aufgebracht.

[0016] Vorteilhafterweise wird die Schichtdicke der PVD-Schicht im stoßnahen Bereich zwischen 20 und 40% stärker als im verbleibenden Umfangsbereich ausgebildet.

[0017] Einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß beträgt die Schichtdicke der PVD-Schicht im stoßnahen Bereich zwischen > 40 und $100 \mu m$, und die Schichtdicke der PVD-Schicht im verbleibenden Umfangsbereich zwischen 5 und $60 \mu m$.

[0018] Ist die PVD-Schicht als Viellagenschicht (z. B. AlTiN/CrN) oder als homogene Schicht, wie z. B. CrN, CrN(O) oder CrN mit einem Sauerstoffgehalt bis zu 15 Gew.-% ausgebildet, hat sie vorteilhafterweise im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4 \times 10^{-6}/K$, wobei die Schichtdicke der PVD-Schicht im Bereich des Kolbenringrückens zwischen 5 und $< 40 \mu m$ und im stoßnahen Bereich zwischen 40 und $< 100 \mu m$ beträgt.

[0019] Ist die PVD-Schicht auf Basis von C ausgebildet, hat sie, einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß, im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 2 \times 10^{-6}/K$, wobei die Schichtdicke der PVD-Schicht im Bereich des Kolbenringrückens zwischen > 1 und $20 \mu m$ und im stoßnahen Bereich max. $30 \mu m$ beträgt.

[0020] Bedarfsweise kann die PVD-Schicht auch mit Nanopartikeln versehen werden.

[0021] Der stoßnahe Bereich wird, einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß, ausgehend vom je-

weiligen Stoßende in einem Winkelbereich von 10 bis 40° mit der dickeren PVD-Schicht versehen.

[0022] Durch geeignete Prozessführung während des Beschichtungsvorgangs wird über den Umfang des Kolbenringgrundkörpers eine variable Schichtdicke erzeugt. Wie bereits angesprochen, ist die PVD-Verschleißschutzschicht im stoßnahen Bereich deutlich dicker ausgeführt, um hier dem erhöhten Verschleiß zu begegnen und damit die Lebensdauer des so ausgeführten Kolbenrings signifikant zu erhöhen.

[0023] Über den Rest des Umfangs, insbesondere im Ringrücken, bleibt die ursprüngliche Schichtdicke erhalten. Dadurch wird die Bimetallwirkung der Schicht nicht verstärkt.

[0024] Die Ringform, insbesondere des heißen Kolbenrings, kann im Einsatzfall durch gezielten Schichtaufbau so gesteuert werden, dass die Stoßenden deutlich weniger Druck auf den Gegenkörper, bspw. eine Zylinderlaufbahn ausüben.

[0025] Da erfindungsgemäß die Stoßenden des kalten Kolbenrings nahezu keinen Radialdruck entfalten, stellt sich durch den nicht zu unterdrückenden Bimetalleffekt im idealen Anwendungsfall bei einer Kolbenringtemperatur ab 150°C eine gleichmäßige Radialdruckverteilung über den gesamten Ringumfang ein. Durch diese Maßnahme lässt sich auch die Kolbenringform günstig beeinflussen, womit der Druck am Stoß verringert und somit einem erhöhten Verschleiß insbesondere im stoßnahen Bereich entgegengewirkt wird.

[0026] Der erfindungsgemäße Kolbenring ist vielfach einsetzbar. So sind Anwendungen in Verbrennungsmotoren von Fahrzeugen (PKW, LKW, Bus), Industrieanwendungen (z. B. Stationärmotoren), Baufahrzeugen, Lokomotiven und Schiffen denkbar. Bevorzugt sind Anwendungen im Bereich von Dieselmotoren, insbesondere Zweitaktgrößdieselmotoren.

[0027] Der Erfindungsgegenstand ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung dargestellt und wird wie folgt beschrieben. Es zeigen

[0028] Fig. 1 Prinzipskizze eines Kolbenringgrundkörpers mit angedeuteter Radialdruckverteilung

[0029] Fig. 2 Prinzipskizze eines mit einer PVD-Schicht versehenen Kolbenringgrundkörpers gemäß Fig. 1.

[0030] Fig. 1 zeigt einen Kolbenringgrundkörper **1**, der mit einem nur angedeuteten Stoß versehen ist. Die Radialdruckverteilung des Kolbenringgrundkörpers **1** in seinem kalten Zustand ist durch Pfeile angedeutet. Erkennbar ist, dass der Kolbenringgrundkör-

per **1** mit Ausnahme seiner stoßnahen Endbereiche **3**, **4** mit etwa der gleichen Radialdruckverteilung, in Umfangsrichtung gesehen, ausgestattet ist. In Richtung der stoßnahen Endbereiche **3**, **4**, die sich vorzugsweise über einen Umfangswinkel zwischen 10 und 40° erstrecken, soll die Radialdruckverteilung in Bereiche bis nahezu 0 reduziert werden. Dies kann bspw. dadurch herbeigeführt werden, indem der Kolbenringgrundkörper **1** in seinen stoßnahen Endbereichen **3**, **4** mit einer Negativkontur versehen wird.

[0031] Fig. 2 zeigt den Kolbenringgrundkörper **1** gemäß Fig. 1. Erkennbar ist der Stoß **2** sowie die stoßnahen Endbereiche **3**, **4**. Der Kolbenringgrundkörper **1** soll in diesem Beispiel aus Stahlguss bestehen und einen Ausdehnungskoeffizienten von $11 \times 10^{-6}/K$ haben. Auf der die Lauffläche bildenden äußeren Umfangsfläche wird eine PVD-Schicht **5** abgedichtet, die erfindungsgemäß im Bereich der stoßnahen Endbereiche **3**, **4** des Kolbenringgrundkörpers **1** eine Schichtdickenerhöhung aufweist. Hierbei können PVD-Viellagenschichten, wie z. B. AlTiN/CrN oder homogene Schichten, wie z. B. CrN mit einem Sauerstoffgehalt bis zu 15 Gew.-% zum Einsatz gelangen. Eine geeignete CrN-PVD-Verschleißschutzschicht hat einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von etwa $3 \times 10^{-6}/K$. Für derartige CrN-basierte Schichten sind Schichthärten zwischen 800 und 2500 HV alternativ für C-basierte Schichten bis 4500 HV, bedarfsweise auch noch höher, z. B. 6000 HV, erzielbar.

[0032] In diesem Beispiel soll die Schichtdicke der PVD-Schicht **5** im Bereich der stoßnahen Endbereiche **3**, **4** etwa 42 µm und im Bereich des Ringrückens **6** etwa 15 µm betragen. Infolge des nicht zu unterdrückenden Bimetalleffekts wird der gemäß Fig. 1 vorbereitete Kolbenringgrundkörper **1** im idealen Anwendungsfall ab 150°C Kolbenringtemperatur eine im Wesentlichen gleichmäßige Radialdruckverteilung über den Ringumfang aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines aus Gusseisen oder Stahlguss bestehenden Kolbenrings, indem ein Kolbenringgrundkörper (**1**) erzeugt wird, der, über den Umfang gesehen, mit mindestens einer PVD-Schicht (**5**) variabler Schichtdicke überzogen wird, dergestalt, dass im Bereich der Stoßenden (**3**, **4**) eine, gegenüber dem verbleibenden Umfangsbereich des Kolbenringgrundkörpers (**1**), erhöhte Schichtdicke gegeben ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenringgrundkörper (**1**) so bearbeitet wird, dass er im nicht motorischen kalten Betriebszustand eine Radialdruckverteilung aufweist, bei welcher die Stoßenden (**3**, **4**) über einen definierten Umfangswinkel nahezu keinen Radialdruck aufweisen und die variable Schichtdicke der PVD-Schicht (**5**) so eingestellt wird, dass bei einer Kolbenringtemperatur oberhalb

von 150°C eine nahezu gleichmäßige Radialdruckverteilung über den gesamten Ringumfang des Kolbenrings, gegeben ist, dergestalt, dass der stoßnahe Bereich (**3**, **4**) des Kolbenringgrundkörpers (**1**) mit einer Schichtdicke der PVD-Schicht (**5**) $< 100 \mu\text{m}$, insbesondere $< 60 \mu\text{m}$, und der verbleibende Umfangsbereich des Kolbenringgrundkörpers (**1**) mit einer Schichtdicke der PVD-Schicht $< 60 \mu\text{m}$, insbesondere $< 40 \mu\text{m}$, versehen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD-Schicht (**5**) als PVD-Viellagenschicht, insbesondere auf Basis von AlTiN/CrN, auf der Lauffläche des Kolbenringgrundkörpers (**1**) aufgebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD-Schicht (**5**) als homogene Schicht auf Basis von CrN, CrN(O) oder CrN mit einem Sauerstoffgehalt bis zu 15 Gew.-% auf der Lauffläche des Kolbenringgrundkörpers (**1**) aufgebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als PVD-Schicht eine C-basierte Schicht eingesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf einem Kolbenringgrundkörper (**1**) mit einem Ausdehnungskoeffizienten $< 15 \times 10^{-6}/K$ im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C eine PVD-Schicht (**5**) mit einem Ausdehnungskoeffizienten $< 4 \times 10^{-6}/K$ aufgebracht wird.

6. Kolbenring hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5.

7. Kolbenring nach Anspruch 6, beinhaltend einen mit einem Stoß (**2**) versehenen Grundkörper (**1**) aus Stahlguss oder Gusseisen, auf dessen äußerer Umfangsfläche zumindest eine verschleißfeste PVD-Schicht (**5**) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD-Schicht (**5**) im stoßnahen Bereich (**3**, **4**) des Kolbenringgrundkörpers (**1**), über einen definierten Umfangsbereich gesehen, von ihrer Materialstärke her, dicker als im verbleibenden Umfangsbereich ausgebildet ist, dergestalt, dass die Schichtdicke der PVD-Schicht (**5**) im stoßnahen Bereich (**3**, **4**) zwischen 40 und 100 µm und die Schichtdicke der PVD-Schicht (**5**) im verbleibenden Umfangsbereich zwischen 5 und 60 µm beträgt.

8. Kolbenring nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdicke der PVD-Schicht (**5**) im stoßnahen Bereich (**3**, **4**) zwischen 20 und 40% dicker als im verbleibenden Umfangsbereich ausgebildet ist.

9. Kolbenring nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Bereich der er-

höhten Schichtdicke der PVD-Schicht (5) sich über einen Umfangsbereich zwischen 10 und 40°, insbesondere zwischen 10 und 20°, ausgehend vom Stoß (2) des Kolbenringgrundkörpers (1), erstreckt.

10. Kolbenring nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenringgrundkörper (1) aus einem Stahl-Werkstoff mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 15 \times 10^{-6}/K$ im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C besteht.

11. Kolbenring nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD-Schicht (5) als PVD-Viellagenschicht, insbesondere auf Basis von AlTiN/CrN, oder als homogene Schicht, insbesondere auf Basis von CrN, CrN(O) oder CrN mit einem Sauerstoffgehalt bis zu 15 Gew.-%, ausgebildet ist, die im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 4 \times 10^{-6}/K$ aufweist, wobei die Schichtdicke der PVD-Schicht (5) im Bereich des Kolbenringrückens zwischen 5 und $< 40 \mu m$ und im stoßnahen Bereich (3, 4) zwischen 40 und $< 100 \mu m$ beträgt.

12. Kolbenring nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD-Schicht (5) auf Basis von C ausgebildet ist, die im Temperaturbereich zwischen 100 und 200°C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $< 2 \times 10^{-6}/K$ aufweist, wobei die Schichtdicke der PVD-Schicht (5) im Bereich des Kolbenringrückens zwischen > 1 und $20 \mu m$ und im stoßnahen Bereich (3, 4) max. $30 \mu m$ beträgt.

13. Kolbenring nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die PVD-Schicht (5) Nanopartikel beinhaltet.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

