(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 401 532 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.08.2017 Patentblatt 2017/33

(21) Anmeldenummer: **09744325.3**

(22) Anmeldetag: **13.10.2009**

(51) Int Cl.:
F16J 9/26 *(2006.01)* ***C22C 38/34*** *(2006.01)*
C22C 38/22 *(2006.01)* ***C22C 38/24*** *(2006.01)*
C22C 38/26 *(2006.01)* ***C22C 38/28*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/007355

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/097105 (02.09.2010 Gazette 2010/35)

(54) **KOLBENRING**

PISTON RING

SEGMENT DE PISTON

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **26.02.2009 DE 102009010727**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.01.2012 Patentblatt 2012/01

(73) Patentinhaber: **Federal-Mogul Burscheid GmbH**
51399 Burscheid (DE)

(72) Erfinder: **PELSOECZY, Laszlo**
51399 Burscheid (DE)

(74) Vertreter: **Becker Kurig Straus**
Patentanwälte
Bavariastrasse 7
80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 612 395
WO-A-2008/019716
DE-A1-102006 038 670
GB-A- 1 443 900
JP-A- 8 325 676
JP-A- 2000 282 177
US-A- 3 295 966
US-A- 5 081 760
US-A1- 2002 005 616
US-A1- 2006 048 865

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

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).

EP 2 401 532 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kolbenring. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Kolbenringe.

Stand der Technik

[0002] Kolbenringe dichten in einem Verbrennungskraftmotor den zwischen Kolbenkopf und Zylinderwand vorhandenen Spalt gegenüber dem Brennraum ab. Bei der Auf- und Abbewegung des Kolbens gleitet der Kolbenring einerseits mit seiner äußeren Umfangsfläche in ständiger federnder Anlage gegen die Zylinderwand, andererseits gleitet der Kolbenring, bedingt durch die Kippbewegungen des Kolbens, oszillierend in seiner Kolbenringnut, wobei seine Flanken wechselnd an der oberen oder unteren Nutenflanke der Kolbenringnut anliegen. Bei den jeweils gegeneinander laufenden Gleitpartnern tritt in Abhängigkeit des Materials ein mehr oder weniger starker Verschleiß auf, der bei einem Trockenlauf zu so genannten Fressern, Riefenbildung und schließlich zu einer Zerstörung des Motors führen kann. Um das Gleit- und Verschleißverhalten von Kolbenringen gegenüber der Zylinderwand zu verbessern, wurden diese an deren Umfangsfläche mit Beschichtungen aus unterschiedlichen Materialien versehen.

[0003] Zur Herstellung hoch beanspruchter Teile von Verbrennungskraftmotoren, wie beispielsweise Kolbenringen, werden meist Gusseisenwerkstoffe bzw. Gusseisenlegierungen verwendet. Kolbenringe, insbesondere Kompressionsringe, unterliegen in hochbeanspruchten Motoren einer zunehmenden Belastung, unter anderem Kompressionsspitzendruck, Verbrennungstemperatur, EGR und Schmierfilmreduzierung, die deren Funktionseigenschaften, wie Verschleiß, Brandspurbeständigkeit, Microwelding und Korrosionsbeständigkeit, maßgeblich beeinflussen.

[0004] Gusseisenwerkstoffe gemäß dem Stand der Technik weisen jedoch ein hohes Bruchrisiko auf, so dass es bei der Verwendung bisheriger Werkstoffe häufig zu Ringbrüchen kommt. Gestiegene mechanisch-dynamische Belastungen führen zu kürzeren Lebensdauern von Kolbenringen oder Zylinderlaufbuchsen. Ebenso kommt es zu starkem Verschleiß und Korrosion an Lauffläche und Flanke.

[0005] Aufgrund der höheren mechanischen und dynamischen Beanspruchungen von Kolbenringen fordern immer mehr Motorenhersteller Kolbenringe aus hochwertigem Stahl (vergütet und hochlegiert, wie beispielsweise Werkstoff 1.4112). Hierbei bezeichnet man Eisenwerkstoffe mit weniger als 2,08 Gew.-% Kohlenstoff als Stahl. Liegt der Kohlenstoffgehalt höher, so redet man von Gusseisen. Stahlwerkstoffe besitzen gegenüber Gusseisen bessere Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften, da keine Störung durch freien Graphit im Grundgefüge vorhanden ist.

[0006] Meist werden hochchromlegierte martensitische Stähle für die Herstellung von Stahlkolbenringen eingesetzt. Stahlkolbenringe werden aus Profildraht hergestellt. Der Profildraht wird rund gewickelt, aufgeschnitten und über einen "Unrund"-Dorn gezogen. Auf diesem Dorn erhält der Kolbenring durch einen Glühprozess seine erwünschte unrunde Form, wodurch die geforderten Tangentialkräfte eingestellt werden. Ein weiterer Nachteil der Herstellung von Kolbenringen aus Stahl ist, dass ab einem gewissen Durchmesser die Ringherstellung (Wickeln) aus Stahldraht nicht mehr möglich. Kolbenringe aus Gusseisen werden dagegen bereits unrund gegossen, so dass sie von Anfang an eine ideale Form aufweisen.

[0007] Gusseisen besitzt eine wesentlich niedrigere Schmelztemperatur als Stahl. Der Unterschied kann je nach chemischer Zusammensetzung bis zu 350°C betragen. Gusseisen ist daher einfacher zu schmelzen und zu gießen, da eine niedrigere Schmelztemperatur eine niedrigere Gießtemperatur und damit eine kleinere abkühlungsbedingte Schwindung bedeutet, wodurch der gegossene Werkstoff weniger Lunker bzw. Warm- und Kaltrisse aufweist. Eine niedrigere Gießtemperatur führt weiterhin zu einer geringeren Belastung des Formstoff (Erosion, Gasporositäten, Sandeinschlüsse) und des Ofens sowie zu geringeren Schmelzkosten.

[0008] Die Schmelztemperatur des Eisenwerkstoffs hängt nicht nur von seinem Kohlenstoffgehalt, sondern auch von dem "Sättigungsgrad" ab. Es gilt die vereinfachte Formel:

$$S_c = C/(4{,}26\text{-}1/3(Si+P)).$$

[0009] Je näher der Sättigungsgrad an 1 liegt, desto niedriger ist die Schmelztemperatur. Bei Gusseisen wird zumeist ein Sättigungsgrad von 1,0 angestrebt, wobei das Gusseisen eine Schmelztemperatur von 1150°C aufweist. Der Sättigungsgrad von Stahl beträgt, abhängig von der chemischen Zusammensetzung, ungefähr 0,18. Eutektischer Stahl weist eine Schmelztemperatur von 1500°C auf.

[0010] Der Sättigungsgrad kann durch den Si- oder P-Gehalt deutlich beeinflusst werden. Zum Beispiel wird sich ein um 3 Gew.-% höherer Gehalt an Silizium ähnlich wie ein 1 Gew.-% höherer C-Gehalt aus. Es ist somit möglich, einen Stahlwerkstoff mit einem C-Gehalt von 1 Gew.-% und 9,78 Gew.-% Silizium herzustellen, der die gleiche Schmelztemperatur wie Gusseisen mit einem Sättigungsgrad von 1,0 (C: 3,26 Gew.-%, Si: 3,0 Gew.-%) aufweist.

[0011] Durch eine drastische Erhöhung des Si-Gehalts kann der Sättigungsgrad des Stahlwerkstoffs erhöht werden und die Schmelztemperatur auf das Niveau von Gusseisen abgesenkt werden. Somit ist es möglich, Stahl mit Hilfe derjenigen Technik herzustellen, die auch für die Herstellung von Gusseisen, beispielsweise GOE 44, verwendet wird.

[0012] Kolbenringe aus hochsiliziumhaltigem Stahlgusswerkstoff sind im Stand der Technik bekannt. Allerdings beeinflusst das in höheren Mengen vorhandene Silizium die Härtbarkeit des Werkstoffs negativ, da dessen Austenitumwandlungstemperatur "Ac3" erhöht wird. Aus der WO 2008/019716 A1, der EP 1612395 A1 sowie der JP 2000 282177 A sind bereits Zusammensetzungen bekannt geworden, die jedoch keine ausreichende Verschleissbeständigkeit aufweisen.

Beschreibung der Erfindung

[0013] Folglich ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung Kolbenringen bereitzustellen, die als Grundkörper eine Stahlwerkstoffzusammensetzung aufweisen, und welche eine verbesserte Verschleißbeständigkeit aufweisen. Die Stahlwerkstoffzusammensetzung soll durch die Herstellung im Schwerkraftguss die Eigenschaften von vergütetem Gusseisen mit Kugelgraphit in mindestens einem der folgenden Punkte übertreffen:

- Mechanische Eigenschaften wie E-Modul, Biegefestigkeit
- Widerstandsfähigkeit gegenüber Brüchen
- Gestaltfestigkeit
- Flankenverschleiß
- Laufflächenverschleiß

[0014] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Kolberninge gelöst, die als Grundkörper eine Stahlwerkstoffzusammensetzung aufweisen, welche die folgenden Elemente im angegebenen Anteil enthält:

C:	0,5 - 1,2	Gew.-%	Nb:	0,0 - 7,0	Gew.-%
Cr:	0,2 - 20,0	Gew.-%	Si:	2,0 - 10,0	Gew.-%
Fe:	49,0 - 97,1	Gew.-%	Ti:	0,0 - 7,0	Gew.-%
Mn:	0,1 - 3,0	Gew.-%	V:	0,0 - 7,0	Gew.-%
Mo:	0,1 - 3,0	Gew.-%	W:	0,0 - 0,5	Gew.-%
B:	max. 0,5	Gew.-%			
Cu:	max. 2,0	Gew.-%			
Ni:	max. 4,0	Gew.-%			
P:	max. 0,1	Gew.-%			
Pb:	max. 0,05	Gew.-%			
S:	max. 0,05	Gew.-%			
Sn:	max. 0,05	Gew.-%			

wobei die Summe der Anteile von Nb, Ti, V und W 2,0 - 7,0 Gew.-% beträgt, wobei die Stahlwerkstoffzusammensetzung nur Elemente, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus B, C, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, S, Si, Sn, Ti, V und W enthält, wobei die Summe dieser Elemente 100 Gew.-% ergibt.

[0015] Die erhöhte Verschleißbeständigkeit wird erfindungsgemäß durch die Carbidbildner Niob, Titan, Vanadium und Wolfram erreicht. Erfindungsgemäß wurde gefunden, dass ein Anteil von 2,0 - 7,0 Gew.-% dieser Carbidbildner zu einer guten Verschleißfestigkeit führt, ohne dass sich die Bearbeitbarkeit des erhaltenen Werkstoffs so verschlechtern würde, dass sich dadurch die Herstellungskosten unverhältnismäßig erhöhen würden.

[0016] In Tabelle 1 findet sich eine Aufstellung der Härte von Carbiden der Elemente Niob, Titan, Vanadium und Wolfram:

Tabelle 1

Carbid	NbC	TiC	VC	WC	W_2C
Härte HV (50 kg)	2000	3000	2900	2200	3000

[0017] Die erfindungsgemäßen Kolbenringe haben eine reduzierte Neigung, unter starker Hitze ihre Form zu verändern und haben somit ein dauerhaft hohes Leistungsvermögen und vermindern darüber hinaus den Ölverbrauch.

[0018] Die erfindungsgemäßen Stahlkolbenringe weisen weiterhin den Vorteil auf, dass ihre Herstellung mit den zur

Herstellung von Gusseisen-Werkstücken notwendigen Maschinen und Technologien ermöglicht wird. Zudem entsprechen die Herstellungskosten denen von Gusseisen-Kolbenringen, was dem Hersteller einen Kostenvorteil und eine bessere Wertschöpfung bietet. Ebenso können Werkstoffparameter frei vom Zulieferer eingestellt werden.

[0019] Erfindungsgemäße Kolberinge werden in einem Verfahren hergestellt, welches die folgenden Schritte umfasst:

a. Herstellen einer Schmelze der Ausgangsmaterialien, und
b. Abgießen der Schmelze in eine vorgefertigte Form.

[0020] Als Ausgangsmaterialien können beispielsweise Stahlschrott, Kreislaufmaterial und Legierungsstoffe verwendet werden. Der Schmelzprozess erfolgt in einem Ofen, vorzugsweise einem Kupolofen. Anschließend wird ein Rohling unter Erstarrung der Schmelze hergestellt. Der Kolbenring kann dabei mit im Stand der Technik bekannte Methoden gegossen werden, wie beispielsweise Schleuderguss, Strangguss, Stempel-Pressverfahren, Croning oder bevorzugt Grünsandformen.

[0021] Nach Erkalten des Kolbenrings wird die Form ausgelehrt und der erhaltene Rohling geputzt.

[0022] Gegebenenfalls kann der Kolbenring anschließend vergütet werden. Diese erfolgt durch die folgenden Schritte:

c. Austenitisieren des Kolberings oberhalb seiner Ac3-Temperartur,
d. Abschrecken des Kolbenrings in einem geeigneten Abschreckmedium, und
e. Anlassen des Kolbenrings bei einer Temperatur im Bereich von 400 bis 700°C in einem Schutzgasofen.

[0023] Als Abschreckmedium wird bevorzugt Öl verwendet.

[0024] Zur weiteren Härtung des erfindungsgemäßen Kolbenrings kann im Anschluss an die zuvor erwähnten Verfahrensschritte ein Nitrieren des erhaltenen Kolbenrings erfolgen. Dies kann beispielsweise durch Gasnitrieren, Plasmanitrieren oder Drucknitrieren erfolgen.

Patentansprüche

1. Kolbenring, der als Grundkörper eine Stahlwerkstoffzusammensetzung aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlwerkstoffzusammensetzung die folgenden Elemente im angegebenen Anteil, bezogen auf 100 Gew.-% der Stahlwerkstoffzusammensetzung, enthält:

C:	0,5 - 1,2	Gew.-%
Cr:	0,2 - 20,0	Gew.-%
Fe:	49,0 - 97,1	Gew.-%
Mn:	0,1 - 3,0	Gew.-%
Mo:	0,1 - 3,0	Gew.-%
Nb:	0,0 - 7,0	Gew.-%
Si:	2,0 - 10,0	Gew.-%
Ti:	0,0 - 7,0	Gew.-%
V:	0,0 - 7,0	Gew.-%
W:	0,0 - 0,5	Gew.-%
B:	max. 0,5	Gew.-%
Cu:	max. 2,0	Gew.-%
Ni:	max. 4,0	Gew.-%
P:	max. 0,1	Gew.-%
Pb:	max. 0,05	Gew.-%
S:	max. 0,05	Gew.-%
Sn:	max. 0,05	Gew.-%

wobei die Summe der Anteile von Nb, Ti, V und W 2,0 - 7,0 Gew.-% beträgt, und wobei die Stahlwerkstoffzusammensetzung ausschließlich Elemente, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus B, C, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb S, Si, Sn, Ti, V und W enthält, wobei die Summe dieser Elemente 100 Gew.-% ergibt.

2. Verfahren zur Herstellung eines Kolbenrings gemäß Anspruch 1, wobei die Herstellung des Kolbenrings die folgen-

den Schritte umfasst:

a. Herstellen einer Schmelze der Ausgangsmaterialien, und
b. Abgießen der Schmelze in eine vorgefertigte Form.

sowie gegebenenfalls die folgenden Schritte:

c. Austenitisieren des Kolbenrings oberhalb seiner Ac3-Temperartur,
d. Abschrecken des Kolbenrings in einem geeigneten Abschreckmedium, und
e. Anlassen des Kolbenrings bei einer Temperatur im Bereich von 400 bis 700°C in einem Schutzgasofen.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei die Herstellung des Kolbenrings weiterhin den folgenden Schritt umfasst:

f. Nitrieren des erhaltenen Kolbenrings.

Claims

1. A piston ring, including a steel material composition as the basic element thereof, **characterized in that** the steel material composition contains the following elements in the portions indicated relative to 100% by weight of the steel material composition:

C:	0.5 - 1.2%	by weight
Cr:	0.2 - 20.0%	by weight
Fe:	49.0 - 97.1%	by weight
Mn:	0.1 - 3.0%	by weight
Mo:	0.1 - 3.0%	by weight
Nb:	0.0 - 7.0%	by weight
Si:	2.0 - 10.0%	by weight
Ti:	0.0 - 7.0%	by weight
V:	0.0 - 7.0%	by weight
W:	0.0 - 0.5%	by weight
B:	max. 0.5%	by weight
Cu:	max. 2.0%	by weight
Ni:	max. 4.0%	by weight
P:	max. 0.1%	by weight
Pb:	max. 0.05%	by weight
S:	max. 0.05%	by weight
Sn:	max. 0.05%	by weight

wherein the sum of the portions of Nb, Ti, V and W is from 2.0 to 7.0% by weight, and wherein the steel material composition only contains elements selected from the group consisting of B, C, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, S, Si, Sn, Ti, V and W, and wherein the sum of these elements is equal to 100% by weight.

2. A method for producing a piston ring as recited in claim 1, wherein the production of the piston ring comprises the following steps:

a. Producing a melt from the starter materials, and
b. Pouring the melt into a prefabricated mould,

and the following steps as necessary:

c. Austenitising the piston ring above its Ac3 temperature,
d. Quenching the piston ring in a suitable quenching medium, and
e. Tempering the piston ring at a temperature in the range from 400 to 700°C in a controlled atmosphere furnace.

3. The method as recited in claim 2, wherein the production of the piston ring comprises the following further step:

f. Nitriding the piston ring obtained.

Revendications

1. Segment de piston comportant en tant que corps de base une composition d'acier, **caractérisé en ce que** la composition d'acier contient les éléments suivants dans la part mentionnée, en rapport à 100 % en poids de la composition d'acier :

C :	0,5 - 1,2	% en poids
Cr :	de 0,2 à 20,0	% en poids
Fe :	de 49,0 à 97,1	% en poids
Mn :	de 0,1 à 3,0	% en poids
Mo :	de 0,1 à 3,0	% en poids
Nb :	0, 0 - 7,0	% en poids
Si :	2,0 - 10,0	% en poids
Ti :	0,0 - 7,0	% en poids
V :	0, 0 - 7,0	% en poids
W :	0, 0 - 0,5	% en poids
B :	maxi 0,5	% en poids
Cu :	maxi 2,0	% en poids
Ni :	maxi 4,0	% en poids
P :	maxi 0,1	% en poids
Pb :	maxi 0,05	% en poids
S :	maxi 0,05	% en poids
Sn :	maxi 0,05	% en poids

la somme des parts de Nb, Ti, V et W étant de 2,0 à 7,0 % en poids et la composition d'acier contenant exclusivement des éléments choisis dans le groupe constitué de B, C, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb S, Si, Sn, Ti, V et W, la somme desdits éléments étant de 100 % en poids.

2. Procédé de fabrication d'un segment de piston selon la revendication 1, la fabrication de la composition d'acier comprenant les étapes suivantes :

a. de la production d'une masse en fusion des matières de départ et
b. de la coulée de la masse en fusion dans un moule préfabriqué,

ainsi que le cas échéant les étapes suivantes :

c. de l'austénitisation de la composition d'acier au-delà de sa température Ac3,
d. de la trempe de la composition d'acier dans un milieu de trempe adapté et
e. du revenu de la composition d'acier à une température dans l'ordre de 400 à 700°C dans un four à atmosphère contrôlée.

3. Procédé selon la revendication 2, la fabrication de la composition d'acier comprenant par ailleurs l'étape suivante :

f. de la nitruration de la composition d'acier obtenue.

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

- WO 2008019716 A1 **[0012]**
- EP 1612395 A1 **[0012]**
- JP 2000282177 A **[0012]**