



(11)

EP 2 488 676 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**05.12.2018 Patentblatt 2018/49**

(21) Anmeldenummer: **10754883.6**(22) Anmeldetag: **15.09.2010**

(51) Int Cl.:  
**C23C 4/06 (2016.01)**  
**F02F 1/16 (2006.01)**  
**C23C 4/04 (2006.01)**

**C23C 4/12 (2016.01)**  
**F02F 1/20 (2006.01)**  
**C23C 4/18 (2006.01)**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2010/005654**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2011/044979 (21.04.2011 Gazette 2011/16)**

(54) **VERBRENNUNGSMOTOR MIT EINEM KURBELGEHÄUSE SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KURBELGEHÄUSES**

INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING A CRANKCASE AND METHOD FOR PRODUCING A CRANKCASE

MOTEUR À COMBUSTION INTERNE MUNI D'UN CARTER DE VILEBREQUIN AINSI QUE PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN CARTER DE VILEBREQUIN

(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 SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **14.10.2009 DE 102009049323**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.08.2012 Patentblatt 2012/34**

(73) Patentinhaber: **Bayerische Motoren Werke  
Aktiengesellschaft  
80809 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **DAIKER, Klaus  
D-85716 Unterschleissheim (DE)**

- **WITTMAN, Markus  
D-84079 Bruckberg (DE)**
- **KUNST, Martin  
D-84034 Landshut (DE)**

(74) Vertreter: **Diener, Reinhold Jürgen et al  
Bayerische Motoren Werke AG  
Patentabteilung AJ-5  
80788 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 932 620 EP-A2- 1 340 834  
WO-A1-00/37706 WO-A1-97/16578  
DE-A1- 19 508 687 DE-A1-102004 002 759  
FR-A1- 2 924 365 US-A- 3 749 072**

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 vorliegende Erfindung betrifft ein Verbrennungsmotorkurbelgehäuse gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

**[0002]** Ein Verbrennungsmotor mit einem Kurbelgehäuse gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 ist aus der FR 2 924 365 A1 bekannt. Zum relevanten Stand der Technik zählen ferner die EP 1 340 834 A2, US 3,749,072 A, DE 10 2004 002 759 A1, DE 195 08 687 A1, EP 1 932 620 A1, WO 00/37706 A1 sowie die WO 97/16578 A1.

**[0003]** Kurbelgehäuse für Verbrennungsmotoren werden heutzutage überwiegend aus Leichtmetall-Werkstoffen im Druckgussverfahren hergestellt. Dabei kommen üblicherweise Al-Si-Legierungen zum Einsatz. Um derartige Legierungen im Druckgussverfahren verarbeiten zu können, ist man auf untereutektische Al-Si-Legierungen beschränkt. Mit Al-Si-Legierungen lassen sich im Druckgussverfahren Kurbelgehäuse sehr kostengünstig und in großer Stückzahl produzieren.

**[0004]** Eine druckgegossene Zylinderoberfläche hält den tribologischen Beanspruchungen im System Kolben/Kolbenring-Zylinder nicht dauerhaft stand. Zum einen weisen druckgegossene Kurbelgehäuse eine relativ hohe Porosität auf. Zum anderen ist die tribologische Beanspruchbarkeit untereutektischer Al-Si-Oberflächen aufgrund ihrer relativ geringen Festigkeit, ihrer relativ hohen Duktilität und ihrer zu geringen Verschleißfestigkeit als Zylinderlauffläche ungeeignet. Zur Erzielung einer hinreichenden Standfestigkeit behilft man sich daher häufig mit Graugussbuchsen, die in die Zylinder von Leichtmetallkurbelgehäusen eingesetzt werden.

**[0005]** Alternativ dazu sind Leichtmetallkurbelgehäuse bekannt, deren Zylinderlaufflächen mit einem geeigneten Oberflächenwerkstoff beschichtet sind. Die US 5,908,670, WO 9749497, EP 568 315 B1, US 5,626,674 und die US 5,380,564 beschreiben entsprechende Beschichtungsverfahren, wobei zunächst die Zylinderlauffläche mittels eines Hochdruckfluidstrahls aufgeraut wird und anschließend eine Beschichtung in Form aufgeschmolzener Metall- bzw. Legierungströpfchen, z.B. durch Lichtbogendrahtspritzen, auf die aufgerauten Innenflächen der Zylinder aufgebracht werden.

**[0006]** Zum relevanten Stand der Technik zählen ferner der Aufsatz mit dem Titel "Thermal spraying of cylinder bores with the Plasma Transferred Wire Arc process", von K. Bobzin, F. Ernst, K. Richardt, T. Schlaefer, C. Verpoort, G. Flores, Surface and Coatings Technology, Volume 202, Issue 18, 15 June 2008, Pages 4438-4443, sowie der Artikel mit dem Titel "Thermal Spraying of Cylinder Bores with the PTWA Internal Coating System" von K. Bobzin et al., Proceedings of the ASME Internal Combustion Engine Division Fall 2007 Technical Conference, ICEF07, October 14 - 17, 2007, Charleston, South Carolina, USA.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbrennungsmotorkurbelgehäuse mit mindestens einem Zylinder

der zu schaffen, dessen Lauffläche beschichtet ist, wobei die Lauffläche eine hohe tribologische Widerstandsfähigkeit aufweisen soll. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0008]** Ausgangspunkt der Erfindung ist ein Verbrennungsmotor mit einem Kurbelgehäuse, das mindestens einen zur Aufnahme eines Kolbens vorgesehenen Zylinder aufweist, dessen Innenseite mit einer Lauffläche für den Kolben bildenden Beschichtung versehen ist.

**[0009]** Der Kern der Erfindung besteht darin, dass die Beschichtung eine Vielzahl von Poren aufweist, wobei die durchschnittliche Größe der Poren und/oder der Porenflächenanteil über der Länge des Zylinders variieren.

**[0010]** Erfindungsgemäß werden die Porengröße und den Porenflächenanteil so eingestellt, dass die durchschnittliche Porengröße und der Porenflächenanteil vom unteren Zylinderende in Richtung zum oberen Zylinderende hin abnehmen. Das "obere Zylinderende" ist dasjenige Ende, an dem der Zylinderkopf montiert wird. Das untere Zylinderende ist das dem Zylinderkopf abgewandte Ende.

**[0011]** Das Verfahren zur Herstellung eines mindestens einen Zylinder aufweisenden Kurbelgehäuses für einen Verbrennungsmotor weist insbesondere folgende Schritte auf:

- Gießen des Kurbelgehäuses aus einem Leichtmetallwerkstoff, wie z.B. einer Aluminium-Silizium-Legierung im Druckgussverfahren. Hierfür in Betracht kommen insbesondere untereutektische Aluminium-Silizium-Legierungen.

- Anschließend wird die Innenseite des mindestens einen Zylinders feingedreht.

- Danach wird die feingedrehte Innenseite aufgeraut.

- Schließlich wird auf die aufgerauten Innenseite eine Beschichtung aufgebracht, welche eine Lauffläche für einen in den Zylinder einzusetzenden Kolben bildet. Das Aufbringen der Beschichtung erfolgt so, dass eine Beschichtung mit einer Vielzahl von Poren entsteht, wobei die durchschnittliche Porengröße und/oder der Porenflächenanteil über der Länge des Zylinders variieren.

**[0012]** Ganz entscheidend für die Ausbildung einer tribologisch vorteilhaften Oberflächenschicht ist die Größe der Metall- bzw. Legierungströpfchen, die auf die aufgerauten Zylinderinnenseite gespritzt werden.

**[0013]** Die Tröpfchengröße sollte im Bereich zwischen 0,5 µm und 500 µm, vorzugsweise im Bereich zwischen 0,5 µm und 150 µm liegen, um möglichst fein verteilte Poren zu erzielen.

**[0014]** Die sich ergebenden Poren können von eher runder bzw. eher ovaler oder länglicher Form sein. Ab

einem Längen-/ Breitenverhältnis einer Pore von mehr als z.B. 4:1, spricht man von einer länglichen Pore. Bei einem Längen-/ Breitenverhältnis einer Pore von weniger als z.B. 4:1, spricht man von einer runden Pore. Die Poren dienen zur "Speicherung" des Öls und bilden im Betrieb des Motors "Mikrodruckkammern" aus.

**[0015]** Der "Porenflächenanteil" wird im metallographischen Querschliff bestimmt. Unter dem Begriff "Porenflächenanteil" wird das Verhältnis der im Querschliff ermittelten Summe aller in einer Auswertefläche enthaltenen Porenflächen zur gesamten Auswertefläche verstanden.

**[0016]** Das Verhältnis von länglicher zu runder Porosität bestimmt über die Druckverteilung innerhalb der Poren ganz entscheidend das tribologische Verhalten. Optimale tribologische Eigenschaften ergeben sich z.B. dann, wenn das Verhältnis von länglicher zu runder Porosität im Bereich zwischen 0,01 und 2,5 liegt.

**[0017]** Der Porenflächenanteil, die Porengröße und die Porenverteilung werden über die Zylinderlänge den jeweiligen Anforderungen des tribologischen Systems so angepasst, dass in allen Betriebszuständen optimale Schmierungsbedingungen bzw. Verschleißeigenschaften herrschen. Die durchschnittliche Porengröße bestimmt im Betrieb des Verbrennungsmotors ganz entscheidend die Tragfähigkeit des Ölschmierfilms zwischen den Kolbenringen und der Zylinderlauffläche.

**[0018]** Der Schichtwerkstoff muss so gewählt werden, dass im Mischreibungsgebiet, insbesondere im Bereich des unteren bzw. oberen Zylinderendes (unterer und oberer Tot-Punkt) eine ausreichende Verschleißbeständigkeit gegeben ist. Als Beschichtungswerkstoff in Betracht kommt z.B. ein unlegierter Stahl, insbesondere ein FeC-Werkstoff, insbesondere der Werkstoff FeC0,8.

**[0019]** Die Rauheit der fein gedrehten Zylinderoberfläche, d.h. vor dem Aufrauen kann, z.B. im Bereich von  $Rz = 2 \mu\text{m} - 25 \mu\text{m}$  liegen.

**[0020]** Das Aufrauen der fein gedrehten Zylinderinnenseite kann auf mechanischem und/oder chemischem Wege erfolgen. In Betracht kommt beispielsweise eine spanende Bearbeitung der fein gedrehten Zylinderinnenseite. Alternativ oder ergänzend dazu kann die fein gedrehte Zylinderinnenseite auch sand- oder korundgestrahlt werden. Ferner in Betracht kommt ein Aufrauen durch Hochdruckstrahlen mit einem Fluid, insbesondere mit einer Emulsion und/oder mit einer Suspension.

**[0021]** Durch das Aufrauen werden mikroskopische Hinterschneidungen in der Zylinderoberfläche erzeugt. Als besonders vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn die Rauheit der Zylinderoberfläche nach dem Aufrauvorgang im Bereich von  $Rz = 30 \mu\text{m} - 200 \mu\text{m}$  liegt.

**[0022]** Auf die derart vorbearbeitete Zylinderoberfläche wird dann ein als Zylinderlauffläche tribologisch geeigneter Werkstoff aufgebracht. Das Aufbringen kann beispielsweise durch Lichtbogendrahtspritzen erfolgen, wobei schmelzflüssige Metall- bzw. Legierungströpfchen mittels eines Fluidstrahls mit sehr hoher Geschwindigkeit auf die aufgerauten Zylinderoberfläche katapultiert wer-

den, wodurch eine Lauffächenschicht entsteht, die eine Vielzahl von Poren aufweist.

**[0023]** Nach dem Aufbringen der Beschichtung wird diese durch ein mechanisches Hon-Verfahren endbearbeitet.

**[0024]** Für die Verschleißbeständigkeit, d.h. für die Abriebfestigkeit der Beschichtung ist primär der Gehalt an Oxiden in der Beschichtung entscheidend. Die Oxidbildung, die unmittelbar nach dem Aufspritzen beim Übergang von der flüssigen in die feste Phase erfolgt, kann durch Variieren der Zusammensetzung des zum Aufspritzen der Metall- bzw. Legierungströpfchen verwendeten Trägergases gezielt gesteuert werden. Als Trägergas kann mit Stickstoff angereicherte Luft verwendet werden. Der Härteverlauf der Zylinderlauffläche kann entsprechend einem über die Länge des Zylinders variierenden Härteprofil eingestellt werden, wobei die Härte vorzugsweise in einem Härtebereich zwischen 300 HV und 700 HV liegen kann.

**[0025]** Die beim Aufbringen der schmelzflüssigen Metall- bzw. Legierungströpfchen erzeugten runden und länglichen Porositäten bilden ein System aus nicht miteinander verbundenen Kavitäten in der Zylinderoberfläche. Damit diese Kavitäten als Mikrodruckkammern wirken können und während eines Arbeitszyklus' des Verbrennungsmotors ausreichend mit Öl versorgt werden, ist, wie bereits erwähnt, eine fein strukturierte Honung als Endbearbeitung nach dem Aufbringen der Beschichtung erforderlich.

**[0026]** Für die Sicherstellung einer guten Tragfähigkeit der Laufbahn und einer guten Ölversorgung sollte der Rpk der Laufbahn im Bereich

- zwischen  $0,05 \mu\text{m} - 2 \mu\text{m}$  liegen,
- vorzugsweise im Bereich zwischen  $0,05 \mu\text{m} - 1,5 \mu\text{m}$ ,
- und besonderes bevorzugt im Bereich zwischen  $0,05 \mu\text{m} - 1,1 \mu\text{m}$ .

**[0027]** Der Rvk der Zylinderlauffläche sollte im Bereich zwischen  $0,5 \mu\text{m} - 15 \mu\text{m}$  liegen, vorzugsweise im Bereich zwischen  $1 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$ .

**[0028]** Weiterhin ist bedeutend dass der Rauheitskennwert V0 im Bereich zwischen  $0,1 \mu\text{m} - 16 \mu\text{m}$  liegt, vorzugsweise im Bereich zwischen  $0,1 \mu\text{m} - 11 \mu\text{m}$ .

**[0029]** Der Rauheitskennwert Rk sollte im Bereich zwischen  $0,05 \mu\text{m} - 5 \mu\text{m}$  liegen, vorzugsweise im Bereich zwischen  $0,05 \mu\text{m} - 3 \mu\text{m}$ , und besonderes bevorzugt im Bereich zwischen  $0,1 \mu\text{m} - 2 \mu\text{m}$ .

**[0030]** Nur eine günstige Kombination dieser Rauheitskennwerte gewährleistet optimale tribologische Eigenschaften der gehonten Zylinderoberfläche.

**[0031]** Eine gemäß der Erfindung aufgebrachte Beschichtung weist gegenüber herkömmlichen übereutektischen Aluminium-Silizium-Werkstoffen eine deutlich verbesserte Verschleißfestigkeit auf.

**[0032]** Im Vergleich zu herkömmlichen Zylindern, in die Graugussbuchsen eingesetzt sind, ist ein geringerer

Zylinderverzug zu beobachten, da die aufgebrachte Beschichtung im Wesentlichen keine eigene Steifigkeit aufweist und sich an die Struktur des Zylindersubstrats anpasst. Dies wiederum ermöglicht eine Verringerung der Kolbenringanpresskräfte, was letztlich zu einer Verringerung der Reibungsverluste führt. Die intrinsischen Mikrodruckkammern in der Beschichtung bewirken einen höheren hydrodynamischen Reibungsanteil, was sich ebenfalls positiv auf die Verlustreibung auswirkt.

[0033] Eine erfindungsgemäße Beschichtung weist im Vergleich zu den heutzutage häufig verwendeten Graugussbuchsen eine äußerst hohe Korrosionsbeständigkeit auf und zwar auch bei hohen Verbrennungstemperaturen und sauren Medien aufgrund verbesserter Wärmeableitung von der Zylinderoberfläche in das Kühlmedium.

[0034] Die intrinsischen Mikrodruckkammern ermöglichen im Vergleich zu Graugussbuchsen eine feinere Oberflächenstrukturierung bei gleicher Schmierwirkung und somit einen Reibungsvorteil.

[0035] Die Kombination von Leichtmetalldruckguss mit einer Fe-Beschichtung ermöglicht somit einen Kostenvorteil. Da auf die bislang verwendeten Graugussbuchsen verzichtet werden kann, ergibt sich auch ein Gewichtsvorteil und eine höhere Verschleißfestigkeit.

[0036] Im Folgenden wird die Erfindung im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Die einzige Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung die Oberflächenbeschaffenheit einer Beschichtung gemäß der Erfindung.

[0037] Fig. 1 zeigt schematisch in abgewickelter Darstellung die glatt gehönte Oberfläche (Lauffläche) eines Zylinders eines Verbrennungsmotors. Die Lauffläche weist eher "längliche Porositäten" und eher "runde Porositäten" auf. Ab einem Längen-/Breitenverhältnis ( $x_1 : x_2$ ) einer Pore von mehr als 4 : 1 spricht man hier von einer länglichen Pore, darunter von einer runden Pore.

[0038] Der Porenflächenanteil wird im metallographischen Querschliff bestimmt. Der Porenflächenanteil berechnet sich aus dem Verhältnis der Summe aller Porenflächen zur gesamten Auswertefläche A. Näherungsweise kann die Porenfläche einer Pore als "Rechteck" angesetzt werden, d.h. Porenfläche  $\approx x_1 * x_2$ .

## Patentansprüche

1. Verbrennungsmotorkurbelgehäuse, das mindestens einen zur Aufnahme eines Kolbens vorgesehnen Zylinder aufweist, dessen Innenseite mit einer Lauffläche für den Kolben bildenden Beschichtung versehen ist, wobei die Beschichtung eine Vielzahl von Poren aufweist, wobei die durchschnittliche Größe der Poren und/oder ein weiterer Parameter über der Länge des Zylinders variieren, **dadurch gekennzeichnet**,

• **dass** der weitere Parameter der Porenflächen-

anteil ist,

- **dass** die Lauffläche durch ein mechanisches Honverfahren endbearbeitet ist,
- **dass** der Zylinder ein oberes, zylinderkopfnahes Ende und ein unteres, ölwannennahes Ende aufweist, wobei die Größe der Poren und der Porenflächenanteil vom unteren Ende in Richtung zum oberen Ende hin abnehmen und, dass die gehönte

Lauffläche eine Rauheit aufweist, die innerhalb folgender Bereiche liegt:

- Rpk im Bereich zwischen 0,05 µm - 2 µm, und/oder
- Rvk im Bereich = 0,5 µm - 15 µm, und/oder
- V0 im Bereich zwischen 0,1 µm - 16 µm, und/oder
- Rk im Bereich zwischen 0,05 µm - 5 µm aufweist.

2. Verbrennungsmotorkurbelgehäuse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aufgerauten Innenseite des Zylinders eine Oberflächenrauheit von bzw. im Bereich von  $Rz = 30 \mu m - 200 \mu m$  aufweist.
3. Verbrennungsmotorkurbelgehäuse nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Beschichtung um eine Beschichtung auf der Basis von Eisen handelt, insbesondere um eine Beschichtung aus unlegiertem Stahl, insbesondere um eine FeC-Beschichtung, insbesondere um eine FeC0,8-Beschichtung.
4. Verbrennungsmotorkurbelgehäuse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der die Härte der Beschichtung mitbestimmende Oxidanteil der Beschichtung über der Länge des Zylinders variiert und im Bereich zwischen 300 HV und 700 HV liegt.

## 45 Claims

1. An internal combustion engine crankcase which has at least one cylinder provided for receiving a piston, the inner side of which cylinder is provided with a coating forming a running surface for the piston, wherein the coating has a large number of pores, wherein the average size of the pores and/or a further parameter vary/varies over the length of the cylinder, **characterised in that**
- the further parameter is the pore surface proportion,
  - the running surface is finished by a mechanical

honing process,

• the cylinder has an upper end close to the cylinder head and a lower end close to the oil pan, wherein the size of the pores and the pore surface proportion decrease from the lower end in the direction of the upper end, and **in that** the honed running surface has a roughness which lies within the following ranges:

• Rpk in the range between 0.05  $\mu\text{m}$  and 2  $\mu\text{m}$ , and/or  
 • Rvk in the range = 0.5  $\mu\text{m}$  - 15  $\mu\text{m}$ , and/or  
 • V0 in the range between 0.1  $\mu\text{m}$  and 16  $\mu\text{m}$ , and/or  
 • Rk in the range between 0.05  $\mu\text{m}$  and 5  $\mu\text{m}$ .

2. An internal combustion engine crankcase according to Claim 1,  
**characterised in that** the roughened inner side of the cylinder has a surface roughness of or in the range of  $Rz = 30 \mu\text{m} - 200 \mu\text{m}$ .

3. An internal combustion engine crankcase according to one of Claims 1 or 2,  
**characterised in that** the coating is a coating based on iron, especially a coating made of unalloyed steel, especially an FeC coating, in particular an FeC0.8 coating.

4. An internal combustion engine crankcase according to one of Claims 1 to 3,  
**characterised in that** the oxide content of the coating which jointly determines the hardness of the coating varies over the length of the cylinder and lies in the range between 300 HV and 700 HV.

la surface de déplacement rodée a une rugosité située dans les plages suivantes :

- Rpk entre 0,05  $\mu\text{m}$  - 2  $\mu\text{m}$  et/ou
- Rvk entre 0,5  $\mu\text{m}$  - 15  $\mu\text{m}$ , et/ou
- V0 entre 0,1  $\mu\text{m}$  - 16  $\mu\text{m}$  et/ou
- Rk entre 0,05  $\mu\text{m}$  - 5  $\mu\text{m}$

2. Carter de vilebrequin de moteur à combustion interne conforme à la revendication 1,

**caractérisé en ce que**

la face interne rendue rugueuse du cylindre a une rugosité de surface en particulier située dans la plage de  $Rz = 30 \mu\text{m} - 200 \mu\text{m}$ .

3. Carter de vilebrequin de moteur à combustion interne conforme à l'une des revendications 1 et 2,

**caractérisé en ce que**

le revêtement est un revêtement à base de fer, en particulier un revêtement en un acier non allié, en particulier un revêtement en FeC, en particulier un revêtement en FeC0,8.

4. Carter de vilebrequin de moteur à combustion interne conforme à l'une des revendications 1 à 3,

**caractérisé en ce que**

la proportion d'oxyde du revêtement qui contribue à la dureté du revêtement varie sur la longueur du cylindre et est située dans la plage comprise entre 300 HV et 700 HV.

35

## Revendications

1. Carter de vilebrequin de moteur à combustion interne comprenant au moins un cylindre destiné à recevoir un piston dont la face interne est équipée d'un revêtement formant une surface de déplacement du piston, le revêtement ayant un ensemble de pores, la dimension moyenne des pores et/ou un autre paramètre variant sur la longueur du cylindre, **40**  
**caractérisé en ce que**

- l'autre paramètre est la proportion de surface de pores,  
 - la surface de circulation est soumise à un usinage final par un procédé de rodage,  
 - le cylindre a une extrémité supérieure proche de la culasse et une extrémité inférieure proche du carter d'huile, la dimension des pores et la proportion de surface des pores diminuant de l'extrémité inférieure en direction de l'extrémité inférieure, et **45**  
**50**  
**55**

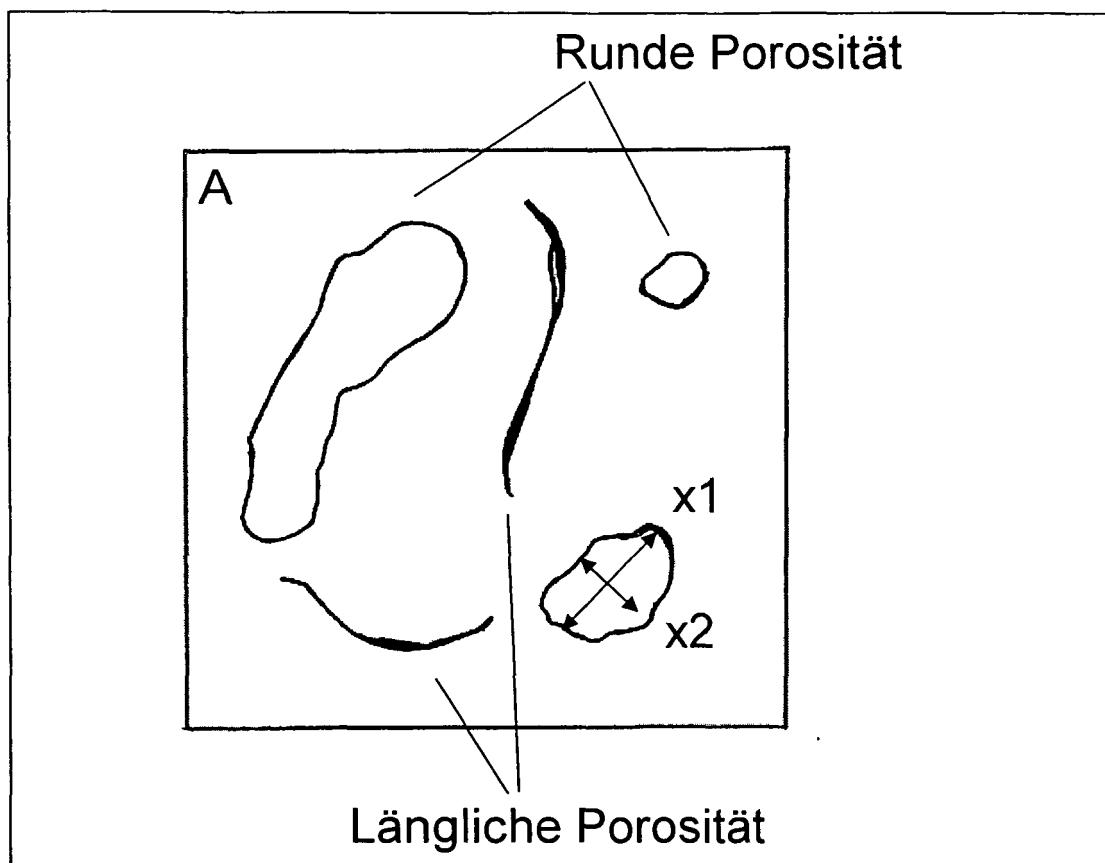


Fig. 1

**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**

- FR 2924365 A1 **[0002]**
- EP 1340834 A2 **[0002]**
- US 3749072 A **[0002]**
- DE 102004002759 A1 **[0002]**
- DE 19508687 A1 **[0002]**
- EP 1932620 A1 **[0002]**
- WO 0037706 A1 **[0002]**
- WO 9716578 A1 **[0002]**
- US 5908670 A **[0005]**
- WO 9749497 A **[0005]**
- EP 568315 B1 **[0005]**
- US 5626674 A **[0005]**
- US 5380564 A **[0005]**

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **K. BOBZIN ; F. ERNST ; K. RICHARDT ; T. SCHLAEFER ; C. VERPOORT ; G. FLORES.** Thermal spraying of cylinder bores with the Plasma Transferred Wire Arc process. *Surface and Coatings Technology*, 15. Juni 2008, vol. 202 (18), 4438-4443 **[0006]**
- Thermal Spraying of Cylinder Bores with the PTWA Internal Coating System. **K. BOBZIN et al.** Proceedings of the ASME Internal Combustion Engine Division Fall 2007 Technical Conference. ICEF07, 14. Oktober 2007 **[0006]**