



(11) **EP 1 124 660 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**25.11.2009 Patentblatt 2009/48**
- (51) Int Cl.:  
**B22D 19/00** <sup>(2006.01)</sup> **C23C 6/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**F02B 77/02** <sup>(2006.01)</sup> **F02F 1/20** <sup>(2006.01)</sup>
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**26.10.2005 Patentblatt 2005/43**
- (86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2000/007615**
- (21) Anmeldenummer: **00954591.4**
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2001/012362 (22.02.2001 Gazette 2001/08)**
- (22) Anmeldetag: **05.08.2000**

(54) **ZYLINDERKURBELGEHÄUSE, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DER ZYLINDERLAUFBUCHSEN DAFÜR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES ZYLINDERKURBELGEHÄUSES MIT DIESEN ZYLINDERLAUFBUCHSEN**

A CYLINDER CRANK CASE, METHOD FOR THE MANUFACTURE OF A CYLINDER LINER THEREFOR AND METHOD FOR THE PRODUCTION OF THE CYLINDER CRANK CASE WITH SAID CYLINDER LINERS

BLOC-CYLINDRES, PROCEDE DE FABRICATION DES CHEMISES DE CYLINDRE CORRESPONDANTES ET PROCEDE DE FABRICATION DU BLOC-CYLINDRES AVEC CES CHEMISES DE CYLINDRE

- |   |  |                        |                         |                        |                        |                         |                          |                         |                         |                         |  |
|---|--|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| <p>(84) Benannte Vertragsstaaten:<br/><b>AT DE FR GB IT</b></p> <p>(30) Priorität: <b>11.08.1999 DE 19937934</b></p> <p>(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:<br/><b>22.08.2001 Patentblatt 2001/34</b></p> <p>(73) Patentinhaber:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft</b><br/><b>80809 München (DE)</b></li><li>• <b>Hydro Aluminium Deutschland GmbH</b><br/><b>51149 Köln (DE)</b></li><li>• <b>ATZ-EVUS Applikations- und Technikzentrum</b><br/><b>92237 Sulzbach-Rosenberg (DE)</b></li></ul> <p>(72) Erfinder:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>HOFFMANN, Dietmar</b><br/><b>D-81475 München (DE)</b></li><li>• <b>STEIBL, Josef</b><br/><b>D-85716 Unterschleissheim (DE)</b></li><li>• <b>DÖRNENBURG, Frank</b><br/><b>D-45149 Essen (DE)</b></li><li>• <b>NOLTE, Markus</b><br/><b>D-33104 Paderborn (DE)</b></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>SACH, Achim</b><br/><b>D-88085 Langenargen (DE)</b></li><li>• <b>AUMÜLLER, Berthold</b><br/><b>D-92637 Weiden (DE)</b></li><li>• <b>DOTZLER, Klaus</b><br/><b>D-92249 Vilseck (DE)</b></li></ul> <p>(74) Vertreter: <b>Cohausz &amp; Florack</b><br/><b>Patent- und Rechtsanwälte</b><br/><b>Bleichstraße 14</b><br/><b>40211 Düsseldorf (DE)</b></p> <p>(56) Entgegenhaltungen:</p> <table><tbody><tr><td><b>EP-A- 0 659 899</b></td><td><b>EP-B2- 0 595 601</b></td></tr><tr><td><b>WO-A1-98//58755</b></td><td><b>DE-A- 4 212 716</b></td></tr><tr><td><b>DE-A1- 3 941 381</b></td><td><b>DE-A1- 19 729 017</b></td></tr><tr><td><b>DE-C- 19 605 946</b></td><td><b>DE-C1- 4 236 911</b></td></tr><tr><td><b>JP- - 10 299 568</b></td><td></td></tr></tbody></table> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN</b> vol. 1999, no. 02, 26. Februar 1999 (1999-02-26) &amp; JP 10 299568 A (SHIP &amp; OCEAN ZAIDAN; TOCALO CO LTD; NIIGATA ENG CO LTD), 10. November 1998 (1998-11-10)</li></ul> | <b>EP-A- 0 659 899</b> | <b>EP-B2- 0 595 601</b> | <b>WO-A1-98//58755</b> | <b>DE-A- 4 212 716</b> | <b>DE-A1- 3 941 381</b> | <b>DE-A1- 19 729 017</b> | <b>DE-C- 19 605 946</b> | <b>DE-C1- 4 236 911</b> | <b>JP- - 10 299 568</b> |  |
| <b>EP-A- 0 659 899</b>  | <b>EP-B2- 0 595 601</b>  |                        |                         |                        |                        |                         |                          |                         |                         |                         |  |
| <b>WO-A1-98//58755</b>  | <b>DE-A- 4 212 716</b>   |                        |                         |                        |                        |                         |                          |                         |                         |                         |  |
| <b>DE-A1- 3 941 381</b>   | <b>DE-A1- 19 729 017</b>   |                        |                         |                        |                        |                         |                          |                         |                         |                         |  |
| <b>DE-C- 19 605 946</b>   | <b>DE-C1- 4 236 911</b>  |                        |                         |                        |                        |                         |                          |                         |                         |                         |  |
| <b>JP- - 10 299 568</b>   |  |                        |                         |                        |                        |                         |                          |                         |                         |                         |  |

**EP 1 124 660 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Zylinderlaufbuchsen für ein Zylinderkurbelgehäuse.

**[0002]** Aus Leichtbaugründen erfolgt gegenwärtig eine Substitution von Grauguss durch Aluminiumlegierungen bei Zylinderkurbelgehäusen von Verbrennungskraftmaschinen für Kraftfahrzeuge. Während bei Grauguss der Werkstoff zugleich auch für die Zylinderlaufbuchsen geeignet ist, werden Aluminium-Gusslegierungen in diesem Bereich durch Zylinderlaufbuchsen verstärkt.

**[0003]** Aus DE 196 05 946 C1 ist eine Zylinderlaufbuchse bekannt, die aus einer Laufschrift aus Molybdän und einer äußeren Schicht aus einer Aluminiumlegierung besteht, die an ihrer Außenseite profiliert ist. Beide Schichten werden durch thermisches Spritzen auf einem rotierenden Dorn gebildet. Durch die Verwendung von Molybdän, einem Antihafmittel, einem Dorn mit einer Hartchromschicht und dergleichen wird die Haftung der Laufschrift an dem Dorn soweit verringert, dass die Buchsen von dem Dorn abgezogen werden können.

**[0004]** Beim Gießen des Zylinderkurbelgehäuses werden die auf Pinolen in der Gießform angeordneten Zylinderlaufbuchsen mit ihrer profilierten Außenfläche mit dem Gussmaterial formschlüssig verbunden. Durch die schwere Molybdänlaufschrift besitzt die bekannte Zylinderlaufbuchse ein erhebliches Gewicht. Zudem besteht die Gefahr einer Buchsenlockerung, des Zylinderverzugs und damit einer Erhöhung der Blow-by-Werte. Auch können in den Mikrospace an der Phasengrenze zwischen dem Gussmaterial und den Buchsen Rückstände aus dem Verbrennungsprozess eindringen.

**[0005]** Um die Anbindung der Zylinderlaufbuchse an das Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses zu verbessern, wird nach DE 196 34 504 A1 durch Bestrahlen der Oberfläche der Zylinderlaufbuchse mit scharfkantigen Partikeln eine Rauheit von 30 - 60 µm in Form pyramidenähnlicher Ausstülpungen erzielt.

**[0006]** Da die Oxidhaut auf einem Aluminium-Körper, der in ein Aluminiumgussmaterial eingegossen werden soll, die Anbindung an das Gussmaterial verhindert, wird nach DE 197 45 725 A1 die Oxidhaut auf dem Eingusskörper durch thermisches Spritzen mechanisch zerstört, wobei die hierbei anfallenden Oxidpartikel in der Spritzschicht verteilt werden. Zudem ragen die beim Auftreffen nicht komplett aufgeschmolzenen Spritzwerkstoffpartikel aus der Spritzschicht, wodurch die Verbindung mit dem Gussmaterial verbessert wird. Als Spritzwerkstoff wird eine Nickel- oder Molybdän-Legierung verwendet.

**[0007]** Neben dem voranstehend erläuterten Stand der Technik ist aus der DE-C 196 05 946 ein Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse bekannt, bei dem auf einen als Formkörper dienenden Dorn eine die Lauffläche bildende Schicht, beispielsweise aus einer Molybdänlegierung, und auf die Laufflächenschicht eine Deckschicht, beispielsweise aus einer Aluminiumlegie-

rung, durch ein thermisches Spritzverfahren aufgebracht werden. Die auf ihren Innenflächen derart beschichtete Laufbuchse wird in einen fertig gegossenen Zylinderblock eingesetzt.

**[0008]** Des Weiteren ist in der EP-A-659 899 ein Verfahren zum Einbinden eines festen Materials in ein das feste Material umgießendes Metall durch eine metallurgische Diffusionsverbindung beschrieben worden. Das feste Material wird dabei mit einer Beschichtung versehen, die beim Umgießen mit dem Metallgusswerkstoff exotherm reagiert und dabei intermetallische Verbindungen an der Oberfläche des festen Materials erzeugt. Auf diese Weise soll die Anbindung des festen Materials an das Gussmaterial verbessert werden. Bei dem festen Material kann es sich beispielsweise um eine Zylinderlaufbuchse handeln, die in einem Verbrennungsmotor eingesetzt wird. Die latent exotherme Beschichtung wird dabei vorzugsweise durch thermisches Spritzen aufgebracht.

**[0009]** Schließlich ist aus der DE-A-42 12 716 ein Aluminium-Zylinderkurbelgehäuse mit eingegossenen Zylinderlaufbuchsen bekannt. Im Zuge der Herstellung dieses Kurbelgehäuses wird vor dem Eingießen in die Aluminium-Schmelze auf die Laufbuchsen eine Beschichtung, beispielsweise eine Zinkbeschichtung, aufgebracht. Das Aufbringen der Beschichtung erfolgt dabei ein Beizen mit Zinkatlösung. Gemäß einer Ausgestaltung dieses Verfahrens kann eine zusätzliche Schutzschicht auf die Laufbuchse aufgebracht werden, um die Oxidation der beim Gießen eingesetzten Aluminiumschmelze zu verhindern, wenn die Zinkbeschichtung alleine nicht ausreichend dick ist. Diese zusätzliche Schutzschicht kann als Spritzüberzug aufgebracht werden. Allerdings wird dabei angestrebt, dass die Schutzschicht eine möglichst geringe Porosität besitzt. Um dies zu erreichen, wird der Überzug unter einer inerten Atmosphäre aufgetragen.

**[0010]** Die Aufgabe der Erfindung bestand darin, ein Verfahren zur Herstellung von Zylinderlaufbuchsen anzugeben mit dem auf einfache Weise der sichere Halt der Laufbuchsen im fertigen Gussteil gewährleistet werden kann.

**[0011]** In Bezug auf das Verfahren zur Herstellung von Zylinderlaufbuchsen ist die oben angegebene Aufgabe durch das in Anspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst worden. Die Ansprüche 2 bis 13 enthalten Ausgestaltungen dieses Verfahrens.

**[0012]** Bei einer erfindungsgemäß erzeugten Zylinderlaufbuchse ist die äußere Anbindeschicht durch thermisches Spritzen gebildet, das derart ausgeführt wird, dass eine Spritzschicht mit einer hohen offenen Porosität von wenigstens 10 Vol.-%, insbesondere 30 - 70 Vol.-% gebildet wird.

**[0013]** Die Schichtdicke der Anbindeschicht beträgt vorzugsweise 60 µm - 800 µm, insbesondere 100 µm - 500 µm.

**[0014]** Zur Bindung einer hohen offenen Porosität wird die Anbindeschicht vorzugsweise mit einem grobkörnigen

gen Spritzpulver, mit einer Korngröße von 60 µm - 400 µm, insbesondere 90 µm - 250 µm erzeugt.

**[0015]** Die mittlere Korngröße des Spritzpulvers der Anbindeschicht beträgt damit vorzugsweise mehr als 100 µm, insbesondere mehr als 130 µm. Wenn ein so grobkörniges Spritzpulver verwendet wird, um eine sehr dünne Anbindeschicht zu spritzen, kann statt einer offen porösen Schicht nur noch eine Schicht entsprechend hoher Rauigkeit gebildet werden.

**[0016]** Die so hergestellte offen poröse bzw. rauhe Schicht führt beim Gießen des Leichtmetallzylinderkurbelgehäuses zu einer stoffschlüssigen Verbindung der Zylinderlaufbuchse an das

**[0017]** Zylinderkurbelgehäuse.

**[0018]** Leichtmetalle, also insbesondere Aluminium und Magnesium sowie deren Legierungen, bilden nämlich im geschmolzenen Zustand eine äußere Oxidhaut, die durch die Reaktion des Leichtmetalls mit dem Umgebungssauerstoff entsteht. Die Oxidhaut schützt die im Inneren strömende Schmelze vor weiterer Oxidation.

**[0019]** Beim Eingießen der Zylinderlaufbuchsen findet beim Einströmen der Metallschmelze zunächst ein Kontakt zwischen der Oxidhaut und der Oberfläche der Zylinderlaufbuchse statt. Aufgrund ihrer chemischen Stabilität und ihrer geringen Benetzungsneigung gegenüber festen Körpern, wie den Zylinderlaufbuchsen, liefert die Oxidhaut jedoch keinen Beitrag zur Verbindung zwischen dem festen Körper und dem Umguss. Ein Stoffschluss kann bei bisherigen Buchsensystemen daher nur in sehr eingeschränktem Maße stattfinden.

**[0020]** Die hohe Rauigkeit bzw. offene Porosität der Anbindeschicht der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse führt dazu, die Oxidhaut einer umströmenden Leichtmetallschmelze immer wieder aufzureißen, so dass ein direkter Kontakt zwischen Schmelze und Oberfläche der Anbindeschicht stattfindet. Die Oxidhaut der Schmelze wird also ununterbrochen von den feinen Spitzen der durch thermisches Spritzen erzeugten porösen, rauhen Oberfläche der Anbindeschicht durchstoßen.

**[0021]** Nach Aufreißen der Oxidhaut infiltriert die Schmelze die poröse Anbindeschicht. Es kommt damit zu einem direkten Kontakt zwischen der Schmelze und der Oberfläche der Anbindeschicht, der zu einer stoffschlüssigen Anbindung führt. Zudem findet durch den hohen Wärmeeintrag des Umgussmaterials in die Anbindeschicht ein Aufschmelzen der Anbindeschicht an der Oberfläche statt. Auf diese Weise wird ein hoher stoffschlüssiger Anbindungsgrad zwischen der Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse und dem Zylinderkurbelgehäuse erhalten. Das heißt, erfindungsgemäß sind, bezogen auf die zylindrische Mantelfläche der Anbindeschicht wenigstens 60%, vorzugsweise wenigstens 80% und insbesondere wenigstens 90% der Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse mit dem Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses durch Stoffschluss verbunden. Der Anbindungsgrad kann dabei durch Ultraschall ermittelt werden.

**[0022]** Durch die stoffschlüssige Anbindung der Zylinder-

laufbuchsen an das Umgussmaterial wird eine einwandfreie Verankerung der Zylinderlaufbuchsen in dem Zylinderkurbelgehäuse während der gesamten Lebensdauer des Verbrennungsmotors sichergestellt. Der stoffschlüssige Verbund führt zu einem einwandfreien Wärmefluss durch die Phasengrenzen. Damit werden auch thermisch bedingte Verzüge verhindert.

**[0023]** Die erfindungsgemäß thermisch gespritzten, tribologisch optimierten Zylinderlaufbuchsen können in handelsübliche, kostengünstige Aluminiumlegierungen eingegossen werden.

**[0024]** Das thermische Spritzen bietet den Vorteil, dass im Vergleich zu anderen Techniken eine nahezu frei wählbare, den lokalen Anforderungen entsprechende Werkstoffzusammensetzung möglich ist. Dabei kann die erfindungsgemäß durch thermisches Spritzen hergestellte Zylinderlaufbuchse sowohl laufflächenseitig im Hinblick auf die tribologischen Eigenschaften als auch motorblockseitig im Hinblick auf die Anbindung legierungsmäßig angepasst werden. Der die Zylinderlauffläche bildende Werkstoff muss zudem korrosionsbeständig sein. Auch muss er sich spanabhebend bearbeiten lassen, damit die Zylinderlaufbuchse nach dem Eingießen auf Funktionsmaß gebracht werden kann.

**[0025]** Zur Herstellung der Zylinderlaufbuchse wird erfindungsgemäß auf einen Dorn als Formkörper vorzugsweise zuerst eine Trägerschicht thermisch aufgespritzt. Nach dem Aufspritzen der Trägerschicht wird auf die Trägerschicht die Laufschrift durch thermisches Spritzen aufgebracht und dann auf die Laufschrift durch thermisches Spritzen die Anbindeschicht.

**[0026]** Der so hergestellte Zylinderlaufbuchsenrohling wird anschließend vom Dorn entfernt, wobei die Trägerschicht durch ihre geringe Haftung am Dorn das Ablösen des Rohlings vom Dorn erleichtert.

**[0027]** Zur Herstellung des Zylinderkurbelgehäuses werden die Rohlinge in der Gießform auf Pinolen angeordnet. Nach dem Gießen und Entformen des Zylinderkurbelgehäuses wird durch spanabhebende Bearbeitung die Trägerschicht entfernt und die Laufschrift auf ihr Funktionsmaß gebracht.

**[0028]** Zum thermischen Spritzen können alle bekannten Verfahrensvarianten angewendet werden; dies gilt sowohl hinsichtlich der Spritzwerkstoffe (Pulver oder Draht) wie hinsichtlich der Art des Energieträgers (Flamme, Lichtbogen, Plasma).

**[0029]** Damit die erfindungsgemäß hergestellte Zylinderlaufbuchse eine ausreichende Formstabilität besitzt, weist sie vorzugsweise eine Wandstärke von 1 mm bis 5 mm auf. Die Buchse kann damit von der Herstellung bis zum Einguss problemlos gelagert und gehandhabt werden. Erfindungsgemäß können Zylinderlaufbuchsen mit Normdurchmessern und Längen für alle gängigen Motorentypen hergestellt werden.

**[0030]** Der Dorn besteht vorzugsweise aus Werkzeugstahl oder einem anderen Material, das beim thermischen Spritzen nicht aufgeschmolzen wird. Beim thermischen Spritzen der einzelnen Schichten der erfindungs-

gemäßen Zylinderlaufbuchse wird der Dorn in Rotation versetzt.

**[0031]** Damit die Buchsen beim Eingießen auf den Pinolen passgenau aufgesetzt werden können, weist der Dorn die gleichen Abmessungen wie die Pinolen auf. Demgemäß kann der Dorn mit dem gleichen Konuswinkel von z. B. 0,5° wie die Pinolen konisch ausgebildet sein, um die Zylinderlaufbuchsenrohlinge passgenau auf die Pinolen aufstecken zu können.

**[0032]** Um das Entfernen des Zylinderlaufbuchsenrohlings vom Dorn zu erleichtern, kann der Dorn hohl ausgebildet sein, um ihn mit einem Medium, wie Wasser, kühlen zu können. Nach dem thermischen Spritzen kann dann der Dorn durch Abkühlen aus dem noch heißen thermischen Zylinderlaufbuchsenrohling geschrumpft werden. Auch kann der Dorn durch Auspressen aus dem Zylinderlaufbuchsenrohling entfernt werden.

**[0033]** Als thermische Spritzverfahren sind erfindungsgemäß alle bekannten Spritzverfahren anwendbar. Zur Herstellung der gesamten Zylinderlaufbuchse ist es zwar denkbar, nur ein Spritzverfahren zu verwenden. Aus wirtschaftlichen Gründen sowie im Hinblick auf die jeweiligen Schichteigenschaften wird jedoch vorzugsweise eine Kombination verschiedener Verfahren verwendet.

**[0034]** So wird die Trägerschicht vorzugsweise durch Flamspritzen mit Spritzdraht hergestellt, da dieses Verfahren besonders wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Als Spritzwerkstoffe werden für die Trägerschicht vorzugsweise Zinn, Zink, Aluminium und deren Legierungen verwendet, da sie einerseits zu einer ausreichenden Haftung der Trägerschicht auf dem Dorn führen und andererseits sicherstellen, dass die fertig gespritzte Buchse in einfacher Weise vom Dorn abgelöst werden kann. Die Trägerschicht weist vorzugsweise eine Dicke von 20 µm bis 500 µm, insbesondere 50 µm bis 100 µm auf. Die Trägerschicht ist bei der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse im allgemeinen insbesondere dann erforderlich, wenn die Laufschrift aus einer Leichtmetalllegierung besteht, die ohne Trägerschicht an dem Dorn derart haften würde, dass die Zylinderlaufbuchse vom Dorn ohne Zerstörung nicht ablösbar ist.

**[0035]** Die Laufschrift, die aus Gewichtsgründen erfindungsgemäß aus einer Leichtmetalllegierung besteht, insbesondere einer Aluminium- oder Magnesiumlegierung, und zwar einer tribologisch geeigneten, korrosionsbeständigen Leichtmetalllegierung, ist bevorzugt eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Si-Gehalt von insbesondere 12 bis 50 Gew.%. Bei einem Si-Gehalt von < 12 Gew.% können die tribologischen Eigenschaften zu wünschen übrig lassen, bei einem Si-Gehalt von > 50% ist das Material meist spröde und damit nur schwer zu bearbeiten.

**[0036]** Die Leichtmetalllegierung kann weitere tribologisch wirksame Zusätze enthalten, beispielsweise Siliziumcarbid, Graphit oder Molybdän.

**[0037]** Falls eine Al-Si-Legierung für die Laufschrift

verwendet wird, kann sie noch folgende Legierungsbestandteile, bezogen auf das Gewicht, enthalten:

Fe	0,5 - 2,0%, bevorzugt 0,5 - 1,5%
Ni	0,5 - 2,0%, bevorzugt 0,5 - 1,5%
Mg	0,5 - 2,0%, bevorzugt 0,5 - 1,5%
Cu	0,5 - 2,0%, bevorzugt 0,5 - 1,5%

**[0038]** Durch diese Legierungsbestandteile wird die Härte und Warmfestigkeit der Laufschrift erhöht.

**[0039]** Die Herstellung der Laufschrift kann durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Flamspritzen und Hochgeschwindigkeitsflamspritzen (HVOF) mit einem Spritzpulver erfolgen. Auch kann ein spezielles Verfahren auf dem Gebiet des Hochgeschwindigkeit-Flamspritzens, das unter dem Namen CGDM (Cold-Gas Dynamic Spray Method) bekannt geworden ist, angewendet werden.

**[0040]** Falls ein Spritzpulver verwendet wird, liegt die mittlere Korngröße vorzugsweise unter 100 µm, insbesondere unter 80 µm, vorzugsweise wird eine Siebfraktion zwischen 10 µm und 125 µm eingesetzt, um eine tribologisch geeignete korrosionsfeste und spanabhebend bearbeitbare Laufschrift zu erhalten. Die Laufschrift kann jedoch auch mit drahtförmigen Spritzwerkstoffen beispielsweise durch Drahtflamspritzen oder Lichtbogenspritzen hergestellt werden. Wegen der größeren Werkstoffauswahl wird jedoch im allgemeinen das Pulverspritzen vorgezogen.

**[0041]** Im endbearbeiteten Zustand im Zylinderkurbelgehäuse weist die Laufschrift vorzugsweise eine Dicke von 0,5 mm bis 3 mm, insbesondere 1 mm bis 2 mm auf.

**[0042]** Die Bildung der porösen Anbindeschicht der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse kann durch Verwendung eines Spritzpulvers mit entsprechend großer Korngröße und ein geeignetes thermisches Spritzverfahren erfolgen. Das Spritzpulver weist dazu vorzugsweise eine mittlere Korngröße zwischen 60 µm und 400 µm, insbesondere von mehr als 100 µm, insbesondere mehr als 150 µm auf. Vorzugsweise wird eine Siebfraktion zwischen 90 µm und 250 µm eingesetzt. Als thermisches Spritzverfahren können alle Pulver-Verfahren angewendet werden, insbesondere das Flamm- oder Plasmaspritzen. Beim Flamspritzen kann ein Spritzabstand von 50 mm bis 400 mm, insbesondere 100 mm bis 250 mm angewendet werden.

**[0043]** Zur stoffschlüssigen Anbindung an das aus Leichtmetall bestehende Gussmaterial besteht der Spritzwerkstoff für die Anbindeschicht aus einer artgleichen Leichtmetalllegierung. Das heißt, da das Gussmaterial normalerweise eine Aluminiumlegierung ist, besteht auch die Anbindeschicht aus einer Aluminiumlegierung. Es ist jedoch auch ein Gussmaterial und eine Anbindeschicht, z.B. aus einer Magnesiumlegierung denkbar.

**[0044]** Der zum Spritzen der Anbindeschicht verwen-

der Werkstoff wird vorzugsweise einerseits an den Laufschiichtwerkstoff und andererseits an den Gusswerkstoff angepasst. D.h., wenn die Gusslegierung aus einer Al-Si-Legierung und die Laufschiicht aus einer Al-Si-Legierung bestehen, wird für die Anbindeschicht vorzugsweise ebenfalls eine Al-Si-Legierung verwendet. Der Si-Gehalt der Al-Si-Legierung der Anbindeschicht liegt dabei vorzugsweise zwischen dem Si-Gehalt der Al-Si-Gusslegierung und dem der Laufschiichtlegierung. D.h., wenn eine Gusslegierung aus Al-Si mit einem Si-Gehalt von 9 bis 10 Gew.% und eine Laufschiicht aus Al-Si mit einem Si-Gehalt von 25 Gew.% verwendet wird, kann der Si-Gehalt der Al-Si-Legierung der Anbindeschicht beispielsweise zwischen 10 und 25 Gew.% betragen. Auch ist es möglich, einen gradierten Übergang der Zusammensetzung der Anbindeschicht zwischen der Laufschiicht und der Gusslegierung durch entsprechende Änderung des Spritzwerkstoffs während des Spritzens der Anbindeschicht durchzuführen. Auch kann durch Änderung der Prozessparameter die Porosität der Anbindeschicht von der Laufschiicht zum Gusswerkstoff geändert werden.

[0045] Durch die Verwendung artgleicher Verfahren und Werkstoffe für die Laufschiicht und die Anbindeschicht wird ein inniger Verbund zwischen Laufschiicht und Anbindeschicht erzielt. Zugleich führt die offen poröse Struktur der Anbindeschicht zu einer stoffschlüssigen Anbindung der Gusslegierung nicht nur an der Oberfläche der Anbindeschicht, sondern tief in sie hinein.

[0046] Die Dicke der Anbindeschicht kann 60 µm bis 800 µm betragen; vorzugsweise liegt sie zwischen 100 µm und 500 µm.

[0047] Der so hergestellte thermisch gespritzte Zylinderlaufbuchsenrohling kann unmittelbar nach dem Spritzprozess in das Zylinderkurbelgehäuse eingegossen werden.

[0048] Vorzugsweise wird der Zylinderlaufbuchsenrohling vor dem Einguss jedoch einer Wärmebehandlung unterworfen, um durch künstliche Alterung ein stabiles Gefüge zu erhalten.

[0049] Die Wärmebehandlung kann bei einer Temperatur zwischen 300°C und 550°C eine halbe Stunde bis zu mehreren Stunden durchgeführt werden.

[0050] Beim Gießen des Zylinderkurbelgehäuses liegt die Temperatur der Schmelze vorzugsweise über der Schmelztemperatur der Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse, um zur Verbesserung der stofflichen Anbindung die Anbindeschicht an ihrer Oberfläche beim Gießen anzuschmelzen.

[0051] Die Ausbildung der Grenzfläche zwischen dem Gussmaterial und der Zylinderlaufbuchse wird erheblich von dem eingesetzten Gießverfahren beeinflusst. Zwar kann zum Gießen das Schwerkraftverfahren durchgeführt werden, jedoch werden gegenüber drucklbsen Gießverfahren erfindungsgemäß druckunterstützte Gießverfahren bevorzugt.

[0052] Bei druckunterstützten Gießverfahren führt nämlich die Aufbringung einer äußeren Kraft beim Füllen der Gießform und während der Erstarrung zu einer wei-

teren Erhöhung des stoffschlüssigen Anbindungsgrades. Dies gilt insbesondere, wenn das Gießen mit einem druckunterstützten Verfahren bei einer Anschnittgeschwindigkeit von größer als 1 m/s durchgeführt wird. Bei druckunterstützten Gießverfahren, insbesondere Hoch- und Mitteldruck-Gießverfahren wird die Schmelze auch in feinste Hohlräume eingepresst. Durch den vollständigen Formschluss mit einer stark vergrößerten Oberfläche werden ideale Bedingungen auch für einen Stoffschluss geschaffen. Durch die gezielte Einstellung der Formfüllgeschwindigkeit und des Temperaturhaushaltes lässt sich der stoffliche Verbund weiter optimieren. Das nachstehende Beispiel dient der weiteren Erläuterung der Erfindung.

#### Beispiel

[0053] Ein aus Werkzeugstahl bestehender Dorn (Hohldorn) mit einer Konizität von 0,5° wird mit einer Geschwindigkeit von 180 U/min umlaufen gelassen. Auf den Dorn wird durch Flammsspritzen mit einem Draht aus Zink bei einem Spritzabstand von ca. 100 mm bis 150 mm eine an ihrer Außenseite zylindrische Trägerschiicht mit einer Dicke von ca. 70 µm aufgebracht.

[0054] Bei gleicher Umlaufgeschwindigkeit und gleichem Spritzabstand wird durch Plasmaspritzen mit einem Al-Si-Legierungspulver mit einem Si-Gehalt von 25 Gew.% und einer Korngröße (Siebfraktion) von 10 µm bis 125 µm eine 2 mm dicke Lauffläschenschicht auf die Trägerschiicht aufgetragen. Bei gleicher Umlaufgeschwindigkeit des Dorns und gleichem Spritzabstand erfolgt dann der Auftrag einer etwa 300 µm dicken Anbindeschicht durch Flammsspritzen mit einem Al-Si-Legierungspulver mit einem Si-Gehalt von 15 Gew.% und einer Korngröße (Siebfraktion) von 90 µm bis 250 µm.

[0055] Der Dorn wird mit kaltem Wasser abgeschreckt und damit durch Ausschrumpfen von dem noch heißen Zylinderlaufbuchsenrohling gelöst.

[0056] Der Rohling wird anschließend auf die Pinole in einer Gießform gesteckt und durch Druckguss mit einer Al-Si-Legierung mit einem Si-Gehalt von 9 Gew.% eingegossen. Nach dem Entformen wird durch spanabhebende Bearbeitung die Trägerschiicht entfernt und die Laufschiicht auf das zylindrische Funktionsmaß gebracht.

[0057] Eine Ultraschalluntersuchung ergibt, dass, bezogen auf die zylindrische Mantelfläche der Anbindeschicht, über 90 % der Anbindeschicht mit dem Gussmaterial durch Stoffschluss verbunden sind.

#### **Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse für ein Zylinderkurbelgehäuse nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Laufschiicht auf einen als Formkörper dienenden Dorn und auf die Laufschiicht die Anbindeschicht thermisch aufge-

- spritzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** das thermische Spritzen der Anbindeschicht mit einem Spritzpulver mit einer mittleren Korngröße zwischen 60 µm und 400 µm durchgeführt wird, so dass die Anbindeschicht eine offene Porosität von wenigstens 10 Vol.-% aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das thermische Spritzen der Anbindeschicht durch Flamm- oder Plasmaspritzen erfolgt.
  3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum thermischen Spritzen der Laufschrift ein Spritzwerkstoff aus einer Aluminium-Silizium-Legierung verwendet wird.
  4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aluminium-Silizium-Legierung einen Silizium-Gehalt von 12 bis 50 Gew. % aufweist.
  5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spritzwerkstoff als weitere Legierungsbestandteile Eisen, Nickel, Magnesium und/oder Kupfer in einem Anteil von 0,5% bis 2%, bezogen auf das Gewicht der Legierung, aufweist.
  6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das thermische Spritzen der Laufschrift mit einem Spritzpulver mit einer Korngröße von weniger als 150 µm durchgeführt wird.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den Dorn vor dem Aufspritzen der Laufschrift eine Trägerschicht thermisch aufgespritzt wird.
  8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Trägerschicht ein Spritzwerkstoff aus Zink, Zinn, Aluminium und/oder einer Legierung dieser Metalle verwendet wird.
  9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerschicht von der Laufschrift durch spanabhebende Bearbeitung entfernt wird.
  10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entfernung der Trägerschicht durchgeführt wird, wenn die Laufschrift der in das Zylinderkurbelgehäuse eingegossenen Zylinderlaufbuchse durch spanabhebende Bearbeitung auf ihr zylindrisches Funktionsmaß gebracht wird.
  11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dorn beim thermischen Spritzen der Trägerschicht, der Laufschrift und/oder der Anbindeschicht in Rotation versetzt wird.
  12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dorn vor der Entfernung aus der noch erwärmten thermisch gespritzten Zylinderlaufbuchse durch Abschrecken geschrumpft wird.
  13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderlaufbuchse einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 550°C unterworfen wird.
- ### Claims
1. Method for manufacturing a cylinder liner for a cylinder crankcase according to any one of the preceding claims, wherein the running layer is thermally sprayed on a mandrel serving as a mould part, and the bonding layer is thermally sprayed on the running layer, **characterized in that** the bonding layer is thermally sprayed with a spraying powder having an average particle size of between 60 µm and 400 µm in such a way that the bonding layer has an open porosity of at least 10 vol. %.
  2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the bonding layer is thermally sprayed via flame or plasma spraying.
  3. Method according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that** a spraying material consisting of an aluminium-silicon alloy is used for thermally spraying the running layer.
  4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the aluminium-silicon alloy has a silicon content of 12 to 50 weight %.
  5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the spraying material has iron, nickel, magnesium and/or copper in a percentage of 0.5 % to 2 % relative to the weight of the alloy as additional alloy constituents.
  6. Method according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the running layer is thermally sprayed with a spraying powder having a particle size of less than 150 µm.
  7. Method according to any one of Claims 1 to 6, **characterized in that** a carrier layer is thermally sprayed onto the mandrel before spraying of the running layer.
  8. Method according to any one of Claims 1 to 7, **char-**

**acterized in that** a spraying material comprised of tin, zinc, aluminium and/or an alloy of these metals is used for the carrier layer.

9. Method according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the carrier layer is removed from the running layer via machining.
10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the carrier layer is removed once the running layer of the cylinder liner cast into the cylinder crankcase has been sized to its cylindrical operating dimensions via machining.
11. Method according to any one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the mandrel is made to rotate during the thermal spraying of the carrier layer, running layer and/or bonding layer.
12. Method according to any one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the mandrel is shrunk via quenching before being removed from the still heated thermally sprayed cylinder liner.
13. Method according to any one of Claims 1 to 12, **characterized in that** the cylinder liner is subjected to heat treatment at a temperature of between 300°C and 550°C.

## Revendications

1. Procédé de préparation d'une boîte de moteur cylindrique pour machine à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on pulvérise thermiquement la couche de roulement sur un manchon servant de corps moulé et sur la couche de roulement, la couche de liaison, **caractérisé en ce que** la pulvérisation thermique de la couche de liaison est réalisée avec une poudre mouillable ayant une taille moyenne des grains de 60 µm à 400 µm, de sorte que la couche de liaison présente une porosité ouverte d'au moins 10% en volume.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pulvérisation thermique de la couche de liaison est réalisée par pulvérisation à la flamme ou par plasma.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** pour la pulvérisation thermique de la couche de liaison, on utilise un matériau de pulvérisation en un alliage aluminium-silicium.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'alliage aluminium-silicium présente une teneur en silicium de 12 à 50% en poids.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le matériau de pulvérisation présente comme autres constituants d'alliage, le fer, le nickel, le magnésium et/ou le cuivre, en une quantité de 0,5% à 2%, sur base du poids de l'alliage.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la pulvérisation thermique de la couche de liaison est réalisée avec une poudre mouillable ayant une taille des grains inférieure à 150 µm.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** sur le manchon, avant la pulvérisation de la couche de liaison, on pulvérise thermiquement, une couche support.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** pour la couche support, on utilise un matériau de pulvérisation en zinc, étain, aluminium et/ou un alliage de ces métaux.
9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce que** la couche support est éliminée de la couche de roulement par usinage.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élimination de la couche support est réalisée lorsque la couche de roulement de la boîte de glissement cylindrique glissée dans la boîte de moteur cylindrique, est appliquée par usinage sur sa fonction cylindrique.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** l'on ajoute sur le manchon par pulvérisation thermique, la couche support, la couche de roulement et/ou la couche de liaison, en rotation.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le manchon subit un retrait par trempe avant l'élimination de la boîte de glissement cylindrique pulvérisée thermiquement, encore chaude.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** la boîte de glissement cylindrique est soumise à un traitement thermique à une température allant de 3200°C à 550°C.

**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 19605946 C1 [0003]
- DE 19634504 A1 [0005]
- DE 19745725 A1 [0006]
- DE 19605946 C [0007]
- EP 659899 A [0008]
- DE 4212716 A [0009]