



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 08 563 B3** 2004.08.19

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 08 563.7**  
(22) Anmeldetag: **27.02.2003**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **19.08.2004**

(51) Int Cl.7: **C23C 4/04**  
**F02F 1/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

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

(74) Vertreter:  
**Becker, Kurig, Straus, 80336 München**

(72) Erfinder:  
**Herbst-Dederichs, Christian, 51399 Burscheid, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 196 37 737 C2**  
**DE 198 57 737 A1**  
**DE 100 25 161 A1**

(54) Bezeichnung: **Zylinderlaufbuchse mit Verschleißschutzbeschichtung, ihre Herstellung und ihre Verwendung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Zylinderlaufbuchsen mit neuartigen Verschleißschutzbeschichtungen für Verbrennungskraftmotoren. Die erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchsen weisen einen Grundkörper aus Stahl, Gusseisen oder einer Leichtmetalllegierung auf oder bestehen aus einem Werkstoff aus Aluminiumbasis und sind mit einer besonderen Verschleißschutzschicht auf ihrer inneren Lauffläche versehen. Die erfindungsgemäße Verschleißschutzschicht besteht aus mindestens einer Schichtenlage, und sie kann gegebenenfalls weiterhin eine Haftvermittlungsschicht aufweisen, die zwischen dem Grundkörper und der Verschleißschutzschicht angeordnet ist.

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Zylinderlaufbuchsen mit neuartigen Verschleißschutzbeschichtungen für Verbrennungskraftmotoren. Die erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchsen weisen einen Grundkörper aus Stahl, Gusseisen oder einer Leichtmetalllegierung auf oder bestehen aus einem Werkstoff auf Aluminiumbasis und sind mit einer besonderen Verschleißschuttschicht auf ihrer inneren Lauffläche versehen. Die erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht besteht aus mindestens einer Schichtenlage, und sie kann gegebenenfalls weiterhin eine Haftvermittlerschicht aufweisen, die zwischen dem Grundkörper und der Verschleißschuttschicht angeordnet ist.

## Stand der Technik

[0002] Bei Verbrennungskraftmaschinen, die üblicherweise in Nutzfahrzeugen eingesetzt werden, unterliegen die Zylinderlaufbuchsen zunehmend Belastungen durch höhere Verbrennungsdrücke, härtere Kolbenringbeschichtungen und/oder durch Einsatz von Abgasrückführung. Gusseisenmaterialien halten diesen Belastungen nicht mehr Stand. Eine Bewehrung der Lauffläche der Zylinderlaufbuchsen ist daher erforderlich.

[0003] Bei hoch belasteten Motoren werden heute induktionsgehärtete oder bainitisch gehärtete Gusseisen-Buchsen eingesetzt. Ansätze zur weiteren Verschleißminderung liegen in der Entwicklung von Legierungen mit Karbidausscheidungen wie z. B. VC oder WC. Insbesondere bei der Tendenz, die Buchsen immer dünnwandiger zu gestalten, führen diese Entwicklungen zu einer weiteren Versprödung der Werkstoffe und zu einer höheren Bruchgefährdung.

[0004] Es bestand daher schon seit langem die Anforderung, den Werkstoff des Grundkörpers der Zylinderlaufbuchse aus einem hochfesten, aber zähen Werkstoff zu gestalten und die Lauffläche mit einer verschleißbeständigen Beschichtung zu versehen.

[0005] Schon sehr früh, das heißt im Jahre 1911 wurden Beschichtungen auf Eisen-Zylinderlaufbuchsen aufgetragen, wobei die Laufbuchsen in die Zylinderbohrungen eingepresst wurden. Derartige Beschichtungen waren jedoch dazu gedacht, Korrosion zu verhindern, daher wurden z. B. Nickelbeschichtungen aufgetragen. Spätere auf Eisen-Zylinderlaufbuchsen aufgetragene Beschichtungen waren dazu ausgelegt, eine harte Oberfläche zur Verminderung des Verschleißes zu bieten. US 5,363,821 offenbart in diesem Zusammenhang, die Oberflächen einer Zylinderlaufbuchse mit einer reibungsverminderten Beschichtung zu versehen, wobei die Beschichtung aus einem ähnlichen Wirkstoff wie demjenigen der Zylinderbohrung besteht.

[0006] Aus der DE 44 40 713 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Gleitflächen auf Gusseisenteilen bekannt, welches in mehreren Verfahrensschritten Schmiertaschen in der Gleitfläche offenlegt, welche im Betrieb eine hydrodynamische Schmierung gewährleisten sollen. Die Verfahrensschritte umfassen dabei ein mechanisches Bearbeiten der betreffenden Flächen, anschließend ein Bearbeiten mit einer chemisch und elektrochemisch inaktiven Flüssigkeit unter einem zur Flitterentfernung geeigneten Druck. Durch die Kombination der Verfahrensschritte Flüssigkeitsstrahlen und Reibplattieren werden in der betreffenden Oberfläche die Schmiertaschen freigelegt, welche in ihrer Gesamtheit ein die erforderliche hydrodynamische Schmierung gewährleistendes Mikrodruckkammersystem bilden. Die Materialausbrüche werden dadurch erzielt, dass durch eine Honbearbeitung Titan-Karbide und Titan-Nitride aus der Oberfläche herausgerissen werden, wobei die so entstehenden Krater durch die weitere Bearbeitung wieder zugeschmiert werden. Das anschließende Flüssigkeitsstrahlen und Reibplattieren legt diese Vertiefungen wieder frei.

[0007] Grundsätzlich ist aus der US-A-5,080,056 bekannt, auf aus einer Aluminiumlegierung bestehenden Werkstücken durch Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen eine im Wesentlichen porenfreie Aluminium-Bronze-Legierung aufzubringen, deren Schichtdicke von ca. 1 mm anschließend durch Honen auf ein Endmaß von ca. 127 µm bearbeitet wird.

[0008] Aus der US-A 2,588,422 ist ein Aluminiummotorblock bekannt, dessen Zylinderlaufbahnen eine thermisch gespritzte Beschichtung aufweisen. Diese Beschichtung ist auf der unbehandelten Motorblockoberfläche zweischichtig aufgebaut aus einer stählernen Gleitschicht von ca. 1 mm Dicke und einer molybdänhaltigen Zwischenschicht von ca. 50 µm Dicke. Die Zwischenschicht, die zu mindestens 60 % Molybdän enthält, dient nicht als Gleitschicht, sondern ist notwendig, um die harte Gleitschicht mit dem Aluminiumblock zu verbinden. Bevorzugt ist diese Verbindungsschicht aus reinem Molybdän aufgebaut. Die Gleitschicht ist eine harte Metallschicht, wie beispielsweise Carbonstahl, Bronze oder rostfreier Stahl, wobei der Stahl legiert sein kann mit beispielsweise Nickel, Chrom, Vanadium, Molybdän. Grundsätzlich wird mit diesem Schichtaufbau eine gute Gleitschicht zur Verfügung gestellt, wobei jedoch der Aufwand der Doppelbeschichtung erheblich ist.

[0009] Aus der GB 2,050,434 A sind verschiedene durch thermisches Spritzen erhaltene Beschichtungen von 0,5 bis 2,5 mm Dicke bekannt. Diese Beschichtungen befinden sich auf Stahl oder Gussteilen von Brennkraftmaschinen, wie beispielsweise Kolbenringen oder Zylinderlaufbuchsen. Hierbei wird festgestellt, dass die Beschichtungen, die aus gleichen Teilen Molybdänpulver und Carbonstahlpulver bestehen, auf den genannten Materialien erheblich weniger abriebbeständig sind als Beschichtungen, die nur 0,5 bis 4,5 Gew.-% Molybdän

neben 20 bis 97 Gew.-% Metallkarbiden und ggf. Eisen oder eisenhaltiger Legierung enthalten. Für eine Verbindung dieser Beschichtungen auf Aluminiumlegierungen muss auf die vorgenannte US-A 2,588,422 zurückgegriffen werden.

[0010] Die GB-PS 1,478,287 beschreibt eine Pulvermischung zur Plasmabeschichtung von Stahl- oder Gussteilen in einer Dicke von ca. 762 – 1270 µm, wie beispielsweise Kolbenringen, Zylinderblöcken oder Zylinderlaufbuchsen.

[0011] Das Pulver ist eine Mischung aus Molybdän, Bor und Gusseisen, wobei mindestens soviel Gusseisen wie Molybdän enthalten ist; das Bor liegt üblicherweise bis 3 % der Summe aus Molybdän und Gusseisen vor. Solche Beschichtungen entsprechen, wie das Beispiel 1 aus der GB 2,050,434 A zeigt, nicht mehr den heutigen Qualitätsanforderungen.

[0012] Eine weitere Beschichtung für Zylinderlaufbuchsen ist aus der DE-AS 21 46 153 bekannt, in der eine Plasmabeschichtung, die neben mindestens 65 Gew.-% Molybdän noch Nickel und Chrom, Bor, Silicium und ggf. noch Eisen enthält, beschrieben ist. Diese Beschichtung von Zylinderlaufbuchsen, die aus Graugusseisen gefertigt sind, weist sehr kleine Poren von 0,1 – 2 µm und eine Gesamtporosität von 15 % auf und entspricht den zuvor beschriebenen Beschichtungen aus den britischen Schriften.

[0013] Wie bereits oben angeführt wurde, bestand schon seit langem die Anforderung, den Grundwerkstoff der Zylinderlaufbuchse aus einem hochfesten, aber zähen Werkstoff zu gestalten und die Lauffläche mit einer verschleißbeständigen Beschichtung zu versehen. Dies wurde auf Motorblöcken durchgeführt, die beispielsweise aus einem Werkstoff aus Aluminiumbasis bestehen und deren Laufbuchsen ebenfalls aus einem Werkstoff auf Aluminiumbasis bestehen. Derartige Lösungen (vgl. weiter unten US 6,372,298, EP 0 858 519 B1, EP 0 716 156 B1) haben aber einige Nachteile.

[0014] US 6,372,298 B1 beschreibt ein plasmagestütztes Drahtverfahren mit Herstellen und Aufrechterhalten eines Hochgeschwindigkeitplasma-übertragenden Lichtbogens zu einem Draht zwischen einer Kathode und dem freien Ende einer verzehrbaren Drahtelektrode. Aufgrund der Verschleißanfälligkeit dieses Verfahrens durch Kathodenabbrand wird eine wechselnde Qualität in der Produktion erzielt. Dies ist allerdings nicht sehr wünschenswert.

[0015] EP 0 858 519 B1 beschreibt ein Verfahren zum Herstellen einer Gleitfläche auf einem metallischen Werkstück, d. h. von Zylinderlaufflächen eines Aluminiummotorblocks einer Verbrennungskraftmaschine. Eine Mischung aus Stahlpulver mit Molybdänpulver wird hier insbesondere zur Erzielung von Gleitflächen auf Aluminiumlegierungen eingesetzt.

[0016] Diese Mischung setzt sich zusammen aus 10 bis 70 % Molybdänpulver und 90 bis 30 % Stahlpulver.

[0017] Das in der EP 0 858 519 B1 beschriebene Plasma-Pulver-Verfahren ist sehr unökonomisch, da ein Pulverwerkstoff erforderlich ist und nur niedrige Auftragsleistungen erzielt werden können.

[0018] EP 0 716 156 B1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminium-Motorblocks für Verbrennungskraftmaschinen mit beschichteten Zylinderbohrungslaufbuchsen aus einem stranggepressten Profil, wobei die Verschleißschicht der Zylinderlaufbuchsen mittels Pulververfahren (Plasma-Spritzverfahren) aufgetragen wird. Die Verschleißschutzschicht besteht aus einem martensitischen Edelstahl mit Bornitriden und auf Eisen basierenden Oxiden. Das Verfahren gemäß der EP 0 716 156 B1 ist sehr kostenintensiv, da die Herstellung der Pulverform-Werkstoffe sehr aufwendig ist.

[0019] DE 198 57 737 A1 beschreibt einen Schichtwerkstoff, der mindestens 20 Gew.-%  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , auch mit Zusätzen von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , aufweist, und weiterhin Zusätze aus Karbid/en, Nitrid/en, Silizid/en, Borid/en und/oder Oxiden, gegebenenfalls in Mischung mit Metallen oder intermetallischen Verbindungen und/oder Zusätze von bis zu 50 Gew.-% Cr, CrNi oder ferritische Stähle enthalten kann. Als Karbidbildner werden W, Cr, Mo, Nb, Ta, Ti, V eingesetzt. Der Schichtwerkstoff kann mittels Lichtbogen-Drahtspritzen aufgetragen werden.

[0020] DE 100 25 161 A1 beschreibt einen Schichtwerkstoff aus  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mit und ohne metallische Werkstoffe und/oder metallischen Verbindungen, der mittels Lichtbogen-Drahtspritzen aufgetragen werden kann. Hier wird reines Eisenoxid als Ausgangsmaterial verwendet.

[0021] DE 196 37 737 C2 beschreibt ein Verfahren zur Abscheidung einer Eisenoxid-haltigen Beschichtung auf einem Leichtmetallsubstrat durch thermisches Lichtbogenspritzen von Draht, wobei eine Leichtmetalloberfläche als eine im wesentlichen unoxidierte Substratoberfläche vorliegt und geschmolzene Tröpfchen eines Stahldrahts als Ausgangsmaterial auf die Substratoberfläche mit Treibgasen zur Abscheidung einer Kompositsschicht thermisch gespritzt wird, sodass das beim Spritzen gebildete Eisenoxid überwiegend  $\text{Fe}_x\text{O}$  ( $n = 0.5-1.5$ ) ist und kein  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oder  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  gebildet wird. Die hergestellte Beschichtung ist eine Kompositsschicht aus Fe/ $\text{FeO}_x$ . Eine derartige Beschichtung kann allerdings nur unter bestimmten Bedingungen erzielt werden. Zur Erzielung einer derartigen Schicht muss das Ausgangsmaterial ein niedrig legierter Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt sein und der Gasfluss muss so gesteuert werden, dass die Oxidationsreaktion zwischen Sauerstoff und die durch das Spritzen erzeugten Tropfen aus Stahl ermöglicht und eingesteuertes Volumen  $\text{Fe}_x\text{O}$  erzeugt wird. Das Verfahren ist somit recht aufwendig.

## Aufgabenstellung

- [0022] Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung Zylinderlaufbuchsen mit Verschleißschuttschichten bereitzustellen, die sehr kostengünstig und in gleich bleibender Qualität aufgebracht werden können.
- [0023] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Zylinderlaufbuchsen für Verbrennungskraftmotoren mit Verschleißschuttschichten auf Basis von Eisen, Kohlenstoff und Sauerstoff gemäß Anspruch 1 erreicht, wobei die Legierung der Verschleißschuttschicht in jedem Fall martensitische und oxidische Phasenanteile aufweist und einen Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 3 Gew.-% aufweist und wahlweise zusätzlich durch Bildung von Hartphasen auf Basis von Karbiden, Siliziden und Boriden oder einer Kombination der beiden Härtungsmechanismen erreicht wird. Erfindungswesentlich ist jedoch, dass die Verschleißschuttschicht im Lichtbogen-Drahtspritzverfahren auf das Grundmaterial der Zylinderlaufbuchse auftragbar ist.
- [0024] In den Unteransprüchen 2 bis 27 sind vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung enthalten.
- [0025] Erfindungsgemäß wurde festgestellt, dass Grundvoraussetzung für eine kostengünstige Beschichtung ausschließlich die Verwendung von drahtförmigem Zusatzwerkstoff, d. h. auch von Fülldraht und ein verschleißloses bzw. armes Verfahren zur Wahrung der Prozesskonstanz wie das Lichtbogen-Drahtspritzverfahren (LDS-Verfahren) ist. Das LDS-Verfahren ist hinsichtlich Prozesskonstanz und Kontrollierbarkeit des Prozesses vergleichbar mit dem MIG-Schweißverfahren, da in beiden Fällen eine Einheit vom Schweiß- bzw. Spritzstrom und Werkstoff besteht. Bei Pulververfahren oder Plasmadrahtverfahren ist dies dagegen nicht vorgesehen, sodass immer nur Qualitätsinformationen zum Prozess vorliegen, solange keine aufwendige Partikeldiagnostik betrieben wird.
- [0026] Die erfindungsgemäß eingesetzte Legierung für die Verschleißschuttschicht weist vorzugsweise einen Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 1 Gew.-% auf. Besonders bevorzugt liegt der Kohlenstoffgehalt bei ca. 0,8 Gew.-%.
- [0027] Der Sauerstoffgehalt der Legierung für die erfindungsgemäße Verschleißschuttschicht liegt im Bereich zwischen 0,05 und 5 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 1–2 Gew.-%.
- [0028] Der Sauerstoffgehalt in der Legierung wird über die resultierende Tröpfchengröße während des Abschmelzens eingestellt und kontrolliert, wobei der Sauerstoffgehalt mit sinkender Tröpfchengröße steigt.
- [0029] Die Schwierigkeit den gewünschten Sauerstoffgehalt einzustellen, liegt in der bisher üblichen Unkenntnis der tatsächlichen Tröpfchengröße während des Spritzprozesses. Um diese möglichst genau einzustellen, wird während des Prozesses kontinuierlich das Strom-Spannungsspektrum des abschmelzenden Drahtes mittels rechnerunterstützter Fast-Fourier-Transformation überwacht. Bei erkennbaren Abweichungen des Ist-Signalspektrums von einem mit der tatsächlichen Tröpfchengröße kalibrierten Referenz-Signalspektrums kann somit im Prozess kontinuierlich die richtige Tröpfchengröße überwacht und gegebenenfalls durch Parameternachregelung gesteuert werden.
- [0030] Die erfindungsgemäß eingesetzte Legierung der Beschichtung weist vorzugsweise einen Chromgehalt von bis zu maximal 25 Gew.-%, bevorzugt unter 18 Gew.-%, noch bevorzugter unter 15 Gew.-%, auf. In besonders bevorzugten Ausführungsformen weist die Legierung einen Chromgehalt zwischen 9 und 13 Gew.-% auf.
- [0031] Der Legierung der Beschichtung können zusätzlich Legierungselemente aus der Gruppe aus Ni, Mo, Mn, V, W, Ti sowie B, Si, Cu zugesetzt sein, wobei die Summe der Elemente 20 Gew.-%, insbesondere 6 Gew.-%, (vgl. Anspruch 5) bzw. 12 Gew.-%, insbesondere 6 Gew.-%, (vgl. Anspruch 6) nicht überschreitet. Die Hartstoffbildner B, Si und C bilden Boride, Silizide und Karbide, vorzugsweise mit dem Element Cr.
- [0032] In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung liegt der Chromgehalt der Verschleißschuttschicht bei höchstens 25 Gew.-%, insbesondere bei höchstens 18 Gew.-%. Die Legierungselemente Ni, Mo, Mn, V, W, Ti können zusammen höchstens einen Anteil von 20 Gew.-% ergeben. Wenn alternativ die Elemente B, Si, Cu zugesetzt werden, weisen Sie einen Gehalt von nicht mehr als 12 Gew.-%, insbesondere nicht mehr als 6 Gew.-%, auf.
- [0033] Der erfindungsgemäßen Legierung können weiterhin Anteile an Festschmierstoffen z. B. aus der Gruppe aus Graphit, hexagonalem Bornitrid, Polytetrafluorethylen, MoS<sub>2</sub>, MnS, CaF<sub>2</sub> zugesetzt sein, wobei der Anteil der Festschmierstoffe bis zu 30 Gew.-% der Legierung betragen kann.
- [0034] Erfindungsgemäß wurde festgestellt, dass alternativ zu dem in dem Stand der Technik beschriebenen Lösungen eine sehr kostengünstige Lösung erzielt wird. Die Martensitbildung erfolgt durch einfachen Kohlenstoffstahl (vgl. Ausführungsform gemäß Anspruch 2). Dies ist sehr kostengünstig. Hier resultieren ähnliche Eigenschaften wie bei der gehärteten Grundbuchse.
- [0035] Bei der Verwendung von drahtförmigem Zusatzstoff, d. h. Fülldraht wird eine etwas teurere Variante erzielt; jedoch wird durch die Bildung von hochverschleißfähigen Boriden, Siliziden und Karbiden eine Verschleißbeschichtung erzielt, die besonders hohen Anforderungen genügt.
- [0036] Die erfindungsgemäße Verschleißbeschichtung kann auf allen Werkstoffen wie Gusseisen, Stahl und Leichtmetall aufgebracht werden. In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung wird aber Stahl eingesetzt, da hierdurch ein Werkstoff mit gutem Festigkeits/Zähigkeitsverhältnis zur Verfügung gestellt werden

kann.

[0037] Die erfindungsgemäße Beschichtung weist eine Härte von mindestens 300 HV 1, insbesondere 500 HV 1, in einer Ausführungsform auf. In einer anderen erfindungsgemäßen Ausführungsform weist die Beschichtung eine Härte von mindestens 600 HV 1 auf.

[0038] Falls der Grundkörper der Laufbüchsen aus einem Werkstoff auf Aluminiumbasis besteht, kann in einer besonderen Ausführungsform ein Haftmittel oder eine Bindeschicht auf Basis von Molybdän, Nickel, Eisen, Chrom oder Aluminium als Zwischenschicht zwischen der Verschleißschicht und dem Grundkörper angeordnet sein.

[0039] In einer speziellen Ausführungsform kann die Haftmittelschicht zumindest aus einer Nickel-Aluminium-Legierung oder einer Eisen-Aluminium-Legierung mit jeweils einem Aluminiumanteil von 2 bis 6 Gew.-% gebildet sein.

[0040] Die Erfindung wird nun anhand der folgenden Beispiele näher erläutert, ohne sie jedoch darauf einzuschränken.

#### Ausführungsbeispiel

[0041] Mittels Lichtbogen-Drahtspritzverfahren wird auf das Grundmaterial einer Zylinderlaufbuchse eine Verschleißschicht gemäß den weiter unten stehenden Tabellen 1 bis 5 hergestellt und aufgetragen.

[0042] Unmittelbar vor der Beschichtung wird die Innenoberfläche der vorbereiteten Laufbuchse vorzugsweise durch Dampfstrahlentfetten, Waschen und dann Trockenblasen gereinigt. Die gereinigte Laufbuchse wird dann in einer Aufnahme so befestigt, dass sie sich um eine waagerechte Achse drehen kann. Beim Drehen der Laufbuchse mit einer Drehzahl von z. B. 100 bis 400 U/min kann die Innenoberfläche zunächst zur Freilegung von blankem Metall behandelt werden, z. B. durch Sandstrahlen. Alternativ dazu kann blankes Metall auch durch elektrische Funkenerosion freigelegt werden. Das Mikrooberflächen-Erscheinungsbild wird durch das Sandstrahlen so verändert, dass sich eine rauere Kontur ergibt. Dieser Schritt kann jedoch überflüssig sein, wenn die Innenoberfläche der Laufbuchse alternativ eine frisch gehonte Oberfläche mit gewünschter Struktur ist.

[0043] Als nächstes wird, während sich die Laufbuchse dreht, vorzugsweise eine Grundierschicht durch thermisches Aufsprühen aufgetragen. Das Beschichtungsmaterial ist beispielsweise eine Nickel-Aluminium-, Molybdän-Aluminium- oder Eisen-Aluminium-Legierung, wobei Aluminium jeweils in einem Verhältnis von 2–6 Gew.-% vorliegt. Die Metalle liegen im Pulver in freiem Zustand vor und reagieren unter Erzeugung einer exothermen Reaktion, die die Bildung von Metallkomplexen zur Folge hat. Diese Metallkomplexpartikel bleiben beim Auftreffen an der Aluminiumsubstratoberfläche haften, woraus sich eine ausgezeichnete Bindungsstärke ergibt.

[0044] In einigen Fällen kann die Grundierungsschicht weggelassen werden, vorausgesetzt, die Zusammensetzung der Oberschicht wird entsprechend geändert, um die Bindungsstärke zu verbessern.

[0045] Als nächstes wird eine Oberschicht bzw. die Verschleißschicht durch Lichtbogen-Drahtspritzverfahren aufgetragen.

[0046] Die Arbeitsbedingungen für übliche Lichtbogen-Drahtspritzverfahren sind dem Fachmann bekannt. Die Auftragsrate kann sich zwischen 0,5 bis 10 kg/Std. bewegen. Die Beschichtungsstärke auf der Oberfläche der Laufbuchse kann 75 bis 250 µm betragen und in einem Durchgang über die Länge der Laufbuchse aufgetragen werden.

[0047] Weiterhin kann noch ein reibungsmindernder Überzug auf Wunsch auf die Verschleißschicht aufgetragen werden. Ein solcher Überzug kann aus einer dünnen Schicht aus reibungsminderndem Material auf Polymerbasis bestehen, das warm ausgehärtet wird, sehr leitfähig ist und mit einer zugeordneten Einheit aus Kolben und Kolbenringen auf ein Spiel von im Wesentlichen Null abgerieben werden kann.

[0048] In den folgenden Tabellen 1 bis 5 werden nun die Zusammensetzungen der Legierungen für die Verschleißschicht wiedergegeben.

Tabelle 1

	C	Mn	Si	P	S	Fe
Gew.-%	0,8	0,7	0,1	0,04	0,04	als Rest

Tabelle 2

	Cr	C	Ni	Mn	Si	Fe
Gew.-%	13	0,35 – 1,0	0,5	0,5	0,5	als Rest

Tabelle 3

	Cr	Ni	Mo	B	Cu	C	Fe
Gew.-%	25	10	4	2	2	1,0	als Rest

Tabelle 4

	C	Cr	Mn	Fe
Gew.-%	0,3-0,8	5-12	2-3	als Rest

Tabelle 5

	C	Cr	Mn	Si	Mo	Fe
Gew.-%	0,1-0,8	12-15	1-1,4	0,8-1,5	0,5-1,0	als Rest

### Patentansprüche

1. Zylinderlaufbuchse für Verbrennungskraftmaschinen mit einem Grundkörper mit einer Verschleißschutzbeschichtung auf der Lauffläche, auf Basis einer harten Eisenlegierung mit Kohlenstoff und Sauerstoff, wobei die Verschleißschutzschicht martensitische Phasen aufweist und Oxide bildet und die Verschleißschutzschicht im Lichtbogen-Drahtspritzverfahren auftragbar ist und die Legierung der Beschichtung einen Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 3 Gew.-% aufweist.

2. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoffgehalt im Bereich von 0,05 bis 1,0 Gew.-% ist.

3. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kohlenstoffgehalt etwa 0,8 Gew.-% ist.

4. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung der Beschichtung einen Sauerstoffgehalt im Bereich von 0,05 – 5 Gew.-% aufweist.

5. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffgehalt 1 – 2 Gew.-% ist.

6. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung der Beschichtung einen Chromgehalt von bis zu maximal 25 Gew.-% aufweist.

7. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Chromgehalt unter 18 Gew.-% ist.

8. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Chromgehalt unter 15 Gew.-% ist.

9. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Chromgehalt zwischen 9 und 13 Gew.-% ist.

10. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Legierung der Beschichtung noch weitere Legierungselemente aus der Gruppe Ni, Mo, Mn, V, W hinzugesetzt sein können, wobei die Summe der vorgenannten Elemente 20 Gew.-% überschreitet.

11. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Elemente 6 Gew.-% nicht überschreitet.

12. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Legierung der Beschichtung noch weitere Elemente aus der Gruppe B, Si, Cu hinzugefügt sein können.

nen, wobei die Summe der vorgenannten Elemente 12 Gew.-% nicht überschreitet.

13. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Elemente 6 Gew.-% nicht überschreitet.

14. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Legierung der Beschichtung selbstschmierende Stoffe aus der Gruppe aus  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{CaF}_2$ , Graphit, hexagonalem Bornitrid, Polytetrafluorethylen hinzugefügt sein können, wobei der Anteil der selbstschmierenden Stoffe bis zu 30 Gew.-% beträgt.

15. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Porosität der Verschleißschutzschicht zwischen 1 und 10 Vol.-% liegt.

16. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl der Poren im Bereich zwischen 3 und 20  $\mu\text{m}$  liegt.

17. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung derart gehont wird, dass in der Beschichtung liegende Porositäten offen gehont werden, sodass zusätzliche Ölreservoirs entstehen.

18. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtschichtdicke der Verschleißschutzschicht 100 bis 400  $\mu\text{m}$  vor dem Honen beträgt.

19. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung eine Härte von mindestens 300 HV 1 aufweist.

20. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Härte mindestens 500 HV 1 ist.

21. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Härte mindestens 600 HV 1 ist.

22. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Buchsengrundkörper aus Gusseisen, Stahl, Aluminium, oder einer Leichtmetalllegierung besteht.

23. Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Buchsengrundkörper und der Verschleißschutzschicht eine Haftvermittlerschicht angeordnet ist, die mindestens eines der Elemente Mo, Ni, Al, Fe, und Cr enthält.

24. Zylinderlaufbuchse gemäß Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Haftvermittlerschicht aus einer Nickel-Aluminium- oder Eisen-Aluminium-Legierung mit einem Aluminiumanteil im Bereich von 2 bis 6 Gew.-% gebildet wird.

25. Verwendung der Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 24 in Motorblöcken von Verbrennungskraftmaschinen.

26. Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 24 dadurch gekennzeichnet dass, während des Spritzvorgangs kontinuierlich ein Strom- und Spannungsspektrum der abschmelzenden Drähte gemessen wird und dieses mit einem Referenzspektrum verglichen wird und bei Abweichungen durch Einflussnahme auf die Spritzparameter die Tröpfchengröße so reguliert wird, dass ein Sauerstoffgehalt von 0.05 bis 5 Gew.% erreicht wird.

27. Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse nach Anspruch 26, dass ein Sauerstoffgehalt von 1 bis 2 Gew.-% erreicht wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen