

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 896 073 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.02.1999 Patentblatt 1999/06

(51) Int. Cl.⁶: **C23C 4/04**, C23C 4/12

(21) Anmeldenummer: **98113380.4**

(22) Anmeldetag: **17.07.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **01.08.1997 DE 19733205**

(71) Anmelder:
**Daimler-Benz Aktiengesellschaft
70567 Stuttgart (DE)**

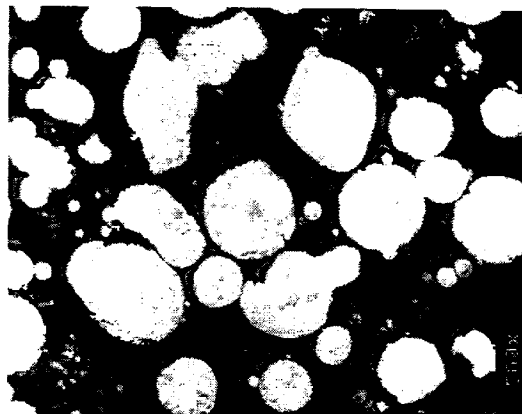
(72) Erfinder:
• **Gasthuber, Herbert
89075 Ulm (DE)**
• **Haug, Tilmann, Dr.
88690 Uhlinden-Mühlhof (DE)**

- **Heuberger, Axel
72218 Wildberg (DE)**
- **Izquierdo, Patrick
89073 Ulm (DE)**
- **Pfeffinger, Harald
75233 Tiefenbronn (DE)**
- **Pröfrock, Helmut
71397 Leutenbach (DE)**
- **Reichle, Wolfgang
73252 Lenningen (DE)**
- **Rückert, Franz, Dr.
73760 Ostfildern (DE)**
- **Stocker, Peter
71560 Sulzbach (DE)**
- **Voit, Michael
71686 Remseck (DE)**

(54) **Beschichtung einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft Beschichtungen einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschinen auf einer Eisen-, Aluminium- oder Magnesium-Basis mit einer übereutektischen Aluminium/Silizium Legierung sowie Verfahren zu deren Herstellung.

Figur 1



EP 0 896 073 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beschichtung einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschine auf Eisen-, Aluminium- oder Magnesium-Basis mit einer übereutektischen Aluminium/Silizium Legierung und/oder einem Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoff sowie ein Verfahren zur Herstellung dieser Beschichtung, wie beides in der Industrie verwendet wird.

[0002] Im Automobilbau werden zur Zeit nach und nach die meisten der heute noch dominierenden Graugußkurbelgehäuse von Hubkolbenmaschinen - ihr Anteil lag 1994 in Deutschland noch bei beherrschenden 96%, europaweit bei 82%- durch solche aus Leichtmetallen verdrängt, um das Kraftfahrzeugesamsgewicht zu verringern und damit die Kraftstoffausnutzung zu verbessern. Zur Herstellung von Kurbelgehäusen aus Leichtmetall wird sich aus wirtschaftlichen und technischen Gründen zunächst das Druckgießen von niedrig legiertem Aluminium wie AlSi10 qualifizieren. Solche Legierungen zeigen im Gegensatz zum im Motorenbau etablierten aber erheblich aufwendigeren atmosphärischen Guß von übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierungen wie Alusil™ (AlSi17) ein unbefriedigendes Reibungs- und Verschleißverhalten im Kontakt mit Aluminium-Kolben und Kolbenringen und sind daher als Reibpartner ungeeignet.

[0003] Daher kann für künftige Motoren auf das Eingießen von tribologisch geeigneten Buchsen aus Grauguß oder übereutektischem Aluminium-Silizium nicht verzichtet werden. Zur Herstellung dieser Buchsen werden z. B. nach DE 43 28 619 C2 oder DE 44 38 550 A1 Rohlinge im bekannten Ospray-Verfahren hergestellt und nachträglich mechanisch kompaktiert. Ein leicht abweichender Weg stellt EP 0 411 577 B1 dar, wonach eine übereutektischen Legierung im geschmolzenen Zustand aus einer ersten Düse und zugleich feste Siliziumteilchen aus einer weiteren Düse auf eine Trägervorrichtung versprüht werden und dort zu einem Block erstarren. Die halbfertige Buchse wird vor dem Gießen erst in die Gießform eingelegt und dann mit flüssigem Aluminium umgossen. Die typische Windstärke solcher Büchsen liegt bei 2 bis 3 mm. Anschließend wird das Innere der Laufbüchse grob- und feingedreht, gehont und freigelegt. Diese Lösung ist mit konstruktiven, fertigungstechnischen und nicht zuletzt wirtschaftlichen Nachteilen wie begrenzte Haftung der AlSi10-Schmelze an der Buchsenoberfläche, aufwendige Handhabung und hoher Preis verbunden. Darüberhinaus beeinflusst die Buchsenwandstärke den minimalen Zylinderabstand. Die Stegbreite soll, insbesondere bei zukünftigen Motoren kleiner Bauart, so gering wie möglich sein, weil sie die Mindestaußenabmessungen des Motors mitbestimmt.

[0004] Das thermische Spritzen bietet weitere Möglichkeiten, verschleißfeste Beschichtungen auf die Zylinderlaufwand der Kurbelgehäusen aufzubringen. Das Grundprinzip des thermischen Spritzens besteht

darin, daß ein schmelzbarer bzw. teilschmelzbarer Werkstoff in einem Hochgeschwindigkeit-Heißgasstrahl zu kleinen Spritztröpfchen aufgeschmolzen und in Richtung der zu beschichteten Fläche beschleunigt wird (DIN 32530). Beim Aufprallen erstarren die Spritztröpfchen auf der relativ kalt gebliebenen Metalloberfläche und bilden Lage für Lage eine Schicht. Vorteil dieser Beschichtungstechnik gegenüber der Elektroabscheidung, chemischen oder physikalischen Gasphasenabscheidung ist die hohe Auftragsrate, die es ermöglichen, eine Zylinderbohrung in wenigen Minuten wirtschaftlich zu beschichten. Die Verfahren des thermischen Spritzens unterscheiden sich nach der Erzeugungsart und den Eigenschaften des Hochgeschwindigkeits-Heißgasstrahles.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Beschichtung für Zylinderlaufflächen zu entwickeln, die Beschichtung in hoher Qualität einfach und billig hergestellt werden kann. Des weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, Verfahren anzugeben, mit denen entsprechende Beschichtungen aufgetragen werden können.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß hinsichtlich der Beschichtung mit Merkmalen der Patentansprüche 1, 2 bzw. 3 und bzgl. des Verfahrens mit den Verfahrensschritten der Ansprüche 4, 5 bzw. 6 gelöst.

[0007] Durch die Erfindung kann nach dem eigentlichen Druckgußvorgang die Zylinderlauffläche eines druckgegossenen Motorblocks, der vorzugsweise auf der Basis von Eisen, oder Leichtmetallen - insbesondere Aluminium und Magnesium - anhand eines thermischen Spritzverfahrens direkt mit einer verschleißfesten Beschichtung aus Aluminium und Silizium beschichtet werden, wodurch die bislang übliche und aufwendige Laufbuchsenlösung ersetzt ist. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Dicke der eigentlichen, tribologischen Lauffschicht auf dem tribologisch nicht lauffähigen, aber gut zu gießenden und zu bearbeitenden Kurbelgehäuse erheblich reduziert wird. Sie beträgt mit 0,1 bis 0,2 mm weniger als 1/10 der heute üblichen Büchsenwandstärke und bietet daher die Möglichkeit, deutlich kompaktere Motoren zu bauen.

[0008] Zur Herstellung der verschleißfesten Aluminium-Silizium-Beschichtung wird insbesondere das Plasmaspritzen verwendet, denn mit diesem Nichtgleichgewichtsverfahren lassen sich auch Gefügestrukturen bilden, die sonst metallurgisch nicht darstellbar sind. Wegen der hohen Energiedichte und der großen Parametervielzahl des Verfahrens können z. B. nahezu definiert Oxide in dem Schichtgefüge der Beschichtung gebildet werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Verschleißbeständigkeit der Beschichtung beitragen. Durch die Verwendung von agglomerierten Spritzpulvern lassen sich zudem beliebige Fremdmaterialien der Beschichtung beifügen, auch solche mit sich deutlich von der Aluminium-Legierung unterscheidenden Schmelzpunkten wie Hartmetall- oder Keramikpartikel aber auch Trockenschmierstoffe.

[0009] Von besonderem Vorteil ist auch, daß die

erfindungsgemäßen Beschichtung ohne Veränderung der heute installierten Fertigungseinrichtungen in die Serie zu integrieren, wodurch die kostensspielige Fertigung und Handhabung der Zylinderlaufbuchsen entfallen und erhebliche Mengen an Material eingespart werden. Dafür muß die Auftragung der Beschichtung bei hohen Auftragsraten in besonders kurzen Taktzeiten erfolgen.

[0010] Des weiteren kann die Beschichtung auch sehr formgenau auf die Zylinderlaufwand des Kurbelgehäuses aufgebracht werden, dabei eine feine Oberflächengüte eingestellt werden, wodurch aufwendige Nachbearbeitungsschritte wie Vordrehen und auch Feindrehen entfallen und somit die Fertigungskosten deutlich zu reduzieren.

[0011] Durch die Verwendung von speziellen Aluminium/Silizium-Spritzpulvern für die Herstellung der Beschichtung im atmosphärischen, thermischen Spritzverfahren entsteht während der lagenartigen Schichtbildung ein heterogene Schichtgefüge aus Aluminium-Mischkristall, Silizium-Ausscheidungen bzw. -Partikeln, intermetallischen Phasen wie Al_2Cu und Mg_2Si und extrem fein verteilten Oxiden, wobei die Bildung und die Verteilung der Oxide ausschließlich auf die Nichtgleichgewichtseigenschaften der atmosphärischen, thermischen Spritzverfahren zurückzuführen ist. Durch die fein verteilten Oxide weist die Beschichtung außergewöhnlich gute Verschleißfestigkeit auf.

[0012] Zur Herstellung der verschleißbeständigen Aluminium/Silizium-Beschichtung durch atmosphärisches thermisches Spritzen wird aufgrund der guten Aufschmelzung der Spritzpartikel, deren guter Haftung auf dem Substrat und der mäßigen Wärmeübertragung ins Bauteil das atmosphärische Plasmaspritzen bevorzugt.

[0013] Besondere Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen entnehmbar. Im übrigen wird die Erfindung anhand von Beispielen und in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 ein Schliffaufnahme der sphärischen Spritzpartikel aus der Legierung A und

Fig. 2 Rasterelektronenmikroskopaufnahme einer plasmagespritzten Schicht

[0014] Um die in den Figuren 1 und 2 dargestellten Schichten herzustellen, wurden Spritzpulver aus Aluminium/Silizium-Legierungen bzw. Aluminium/Silizium-Verbundwerkstoffen entwickelt. Neben der Optimierung der Zusammensetzung wurde bei den Spritzpulvern Wert auf die Form der einzelnen Spritzpulverpartikel, die Pulverkornverteilung und das Fließverhalten der Spritzpulver gelegt. Als Spritzpulver wurden beispielhaft zwei Aluminium/Silizium-Legierungssysteme gewählt, wobei eine Legierung A (siehe Figur 1) für das Zusammenwirken mit insbesondere Eisenbeschichteten Kolben und eine Legierung B (siehe Figur 2) vorzugsweise

für unbeschichtete Kolben eingesetzt wird.

[0015] Beispiele für Legierungen werden in den nachfolgenden Beispielen angegeben, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Beispiel 1

[0016] Die Legierung A ist wie folgt zusammengesetzt: Die vier Legierungen C, D, E, und F sind folgendermaßen zusammengesetzt, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 23,0 bis 40,0%, vorzugsweise etwa 25%
Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
Zirkon maximal 0,6%
Eisen maximal 0,25%
Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
Rest Aluminium.

Beispiel 2

[0017] Die Legierung B unterscheidet sich von Legierung A durch einen etwas höheren Gehalt an Eisen und Nickel, die etwas höher sind:

Silizium 23,0 bis 40,0%, vorzugsweise etwa 25%
Nickel 1,0 bis 5,0%, vorzugsweise etwa 4%
Eisen 1,0 bis 1,4%, vorzugsweise etwa 1,2%
Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
Zirkon maximal 0,6%
Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
Rest Aluminium.

Beispiel 3

[0018] Legierung C:

Silizium 0 bis 11,8%, vorzugsweise etwa 9%
Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
Zirkon maximal 0,6%
Eisen maximal 0,25%
Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
Rest Aluminium.

Beispiel 4

[0019] Legierung D:

Silizium 0 bis 11,8%, vorzugsweise etwa 9%
Nickel 1,0 bis 5,0%, vorzugsweise etwa 4%
Eisen 1,0 bis 1,4%, vorzugsweise etwa 1,2%
Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
Zirkon maximal 0,6%
Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%

Rest Aluminium.

Beispiel 5

[0020] Legierung E:

Silizium 11,8 bis 40%, vorzugsweise etwa 17%
 Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
 Zirkon maximal 0,6%
 Eisen maximal 0,25%
 Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium oder

Beispiel 6

[0021] Legierung F:

Silizium 11,8 bis 40%, vorzugsweise etwa 17%
 Nickel 1,0 bis 5,0%, vorzugsweise etwa 4%
 Eisen 1,0 bis 1,4%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
 Zirkon maximal 0,6%
 Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium.

[0022] In Figur 1 ist eine Schliffaufnahme der sphärischen Spritzpartikel aus der Legierung A dargestellt, aus der die Aluminium-Mischkristallstruktur und die Si-Primärausscheidungen deutlich ersichtlich sind.

[0023] In Figur 2 ist eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme einer plasmagespritzten Schicht abgebildet, die mit dem Spritzpulver der Legierung A hergestellt wurde. Der Schliff wurde geätzt, um den Aluminium-Mischkristall anzugreifen und somit die Gefügestruktur zu verdeutlichen. Neben den Silizium-Primärausscheidungen besteht das Gefüge aus primären Aluminiummischkristalldendriten, bei denen die Dendritenarme von eutektischem Silizium umhüllt sind. Die Größe der Dendritenarme schwankt sehr, so daß sie nur bedingt aufgelöst werden können. Die Schwankungen in der Feinheit des vorliegenden Gefüges kommt zum einen von den Schwankungen in Temperatur und Geschwindigkeit einzelner Schmelztropfen und zum anderen von der unterschiedlichen Keimbildung bei der Erstarrung verschiedener Schmelztropfen. Ein solch feines Gefüge kennzeichnet thermisch gespritzten Schichten gegenüber den Gefügestrukturen, die über pulvermetallischen Routen erlangt werden und ist für die gute Verschleißbeständigkeit dieser Schichten verantwortlich.

[0024] Um den Anteil an groben Si-Partikeln in der Schicht zu erhöhen, wurden Aluminium/Silizium-Verbundpulver entwickelt. Die agglomerierten Verbundpulver bestehen aus feinen Silizium-Partikeln und feinen, metallischen Partikeln einer Aluminium-Silizium-Legierung, die miteinander anhand von anorganischen oder

organischen Bindern gebunden sind, wobei der Anteil an Silizium-Partikeln 5 bis 50% und der Anteil an Legierungspartikeln 50 bis 95% beträgt. Die Silizium-Partikel haben eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 10,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm. Die metallischen Partikel haben eine mittlere Partikelgröße von 0,1 bis 50,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm und bestehen aus beiden alternativ einsetzbaren untereutektischen Legierungen C oder D, oder aus beiden alternativ einsetzbaren übereutektischen Legierungen E oder F. Durch die Verwendung von übereutektischen Legierungspartikeln wird der Anteil an Aluminium-Mischkristall im Schichtgefüge beibehalten, während die Bildung des Aluminium-Mischkristalls im Schichtgefüge durch die Verwendung von untereutektischen Aluminium/Silizium-Partikeln unterdrückt wird.

[0025] Die erfindungsgemäße Beschichtung einer Zylinderlauffläche bzw. -bohrung setzt voraus, daß das Gießen des Leichtmetallblocks auf die übliche Weise im Druckgußverfahren erfolgt, aber ohne die in die Gußform eingelegten Zylinderlaufbuchsen. Das Innere der Zylinderlaufbohrung des Kurbelgehäuses wird dann in einem Arbeitsgang grob vorgedreht, um die erforderlichen Form- und Lagetoleranzen zu gewährleisten. Anschließend wird die Aluminium-Silizium Schicht aufgebracht. Der Beschichtungsvorgang kann entweder in der Form durchgeführt werden, daß in die Bohrung ein geeigneter, kommerziell erhältlicher, um der Mittelachse der Zylinderbohrung rotierender Innenbrenner eingeführt und axial bewegt wird, oder ein nichtdrehender Brenner in der Zylinderbohrung des rotierenden Kurbelgehäuses eingeführt und entlang der Mittelachse der Zylinderbohrung geführt wird, um die Schicht im nahezu rechten Winkel auf die Zylinderlaufwand aufzuspritzen. Letzteres ist verfahrenstechnisch einfacher und sicherer, denn die Zuführung der notwendigen Medien wie elektrischer Energie, Kühlwasser, Primär- und Sekundärgas und Spritzpulver durch ein rotierendes Aggregat ist problematisch.

Patentansprüche

1. Beschichtung einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschine mit einer übereutektischen Aluminium/Silizium Legierung,
dadurch gekennzeichnet,
 daß das heterogene Schichtgefüge aus einem Aluminium-Mischkristall, Silizium-Ausscheidungen, intermetallischen Phasen wie Al_2Cu und Mg_2Si und Oxiden besteht, daß die mittlere Größe der Silizium-Primärausscheidungen kleiner als 10 µm ist und daß die mittlere Größe der Oxide kleiner als 5µm ist.
2. Beschichtung einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschine mit einem Aluminium/Silizium Verbundwerkstoff,
dadurch gekennzeichnet,

daß das heterogene Schichtgefüge aus einem Aluminium-Mischkristall, eingebetteten Silizium-Partikeln, intermetallischen Phasen Al_2Cu und Mg_2Si und Oxiden besteht, daß die mittlere Größe der Silizium-Partikel kleiner als $10\text{ }\mu\text{m}$ ist und daß die mittlere Größe der Oxide kleiner als $5\text{ }\mu\text{m}$ ist.

3. Beschichtung einer Zylinderlauffläche einer Hubkolbenmaschine mit einem Aluminium/Silizium Verbundwerkstoff,

dadurch gekennzeichnet,

daß das heterogene Schichtgefüge aus einem Aluminium-Mischkristall, eingebetteten Silizium-Partikeln, Silizium-Ausscheidungen, intermetallischen Phasen Al_2Cu und Mg_2Si und Oxiden besteht, daß die mittlere Größe der Silizium-Primärausscheidungen und der Silizium-Partikel kleiner als $10\text{ }\mu\text{m}$ ist und daß die mittlere Größe der Oxide kleiner als $5\text{ }\mu\text{m}$ ist.

4. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Beschichtung mit einem thermischen, insbesondere mit einem atmosphärischen Plasmaspritzverfahren hergestellt wird, und daß durch die Einstellung der geeigneten Spritzparameter Oxide gebildet werden.

5. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Beschichtung mit einem thermischen, insbesondere mit einem atmosphärischen Plasmaspritzverfahren hergestellt wird, und daß durch die Einstellung der geeigneten Spritzparameter Oxide gebildet werden.

6. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Beschichtung mit einem thermischen, insbesondere mit einem atmosphärischen Plasmaspritzverfahren hergestellt wird, und daß durch die Einstellung der geeigneten Spritzparameter Oxide gebildet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß für eine Legierung A ein Ausgangsspritzwerkstoff gemäß der folgenden Zusammensetzung gewählt wird, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 23,0 bis 40,0%, vorzugsweise etwa 25%

Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%

Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%

Zirkon maximal 0,6%

Eisen maximal 0,25%

Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%

Rest Aluminium.

8. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß für eine Legierung B ein Ausgangsspritzwerkstoff gemäß der folgenden Zusammensetzung gewählt wird, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 23,0 bis 40,0%, vorzugsweise etwa 25%

Nickel 1,0 bis 5,0%, vorzugsweise etwa 4%

Eisen 1,0 bis 1,4%, vorzugsweise etwa 1,2%

Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%

Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%

Zirkon maximal 0,6%

Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%

Rest Aluminium.

9. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Ausgangsspritzwerkstoff ein agglomeriertes Verbundpulver eingesetzt wird, der aus feinen Silizium-Partikeln und feinen, metallischen Partikeln besteht, die miteinander durch anorganische oder organische Binder gebunden sind, wobei der Anteil an Silizium-Partikeln 5 bis 50% und der Anteil an Legierungspartikeln 50 bis 95% beträgt, die Silizium-Partikel eine mittlere Korngröße von $0,1$ bis $10,0\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise etwa $5\text{ }\mu\text{m}$ haben, die metallischen Partikel eine mittlere Korngröße von $0,1$ bis $50,0\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise etwa $5\text{ }\mu\text{m}$ haben und daß für eine Legierung C ein Ausgangsspritzwerkstoff mit der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet wird, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 0 bis 11,8%, vorzugsweise etwa 9%

Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%

Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%

Zirkon maximal 0,6%

Eisen maximal 0,25%

Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%

Rest Aluminium.

10. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Ausgangsspritzwerkstoff ein agglomeriertes Verbundpulver eingesetzt wird, der aus feinen Silizium-Partikeln und feinen, metallischen Partikeln besteht, die miteinander durch anorganische oder organische Binder gebunden sind, wobei der Anteil an Silizium-Partikeln 5 bis 50% und der Anteil an Legierungspartikeln 50 bis 95% beträgt, die Silizium-Partikel eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 10,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm haben, die metallischen Partikel eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 50,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm haben und daß für eine Legierung D ein Ausgangsspritzwerkstoff mit der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet wird, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 0 bis 11,8%, vorzugsweise etwa 9%
 Nickel 1,0 bis 5,0%, vorzugsweise etwa 4%
 Eisen 1,0 bis 1,4%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
 Zirkon maximal 0,6%
 Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium.

11. Verfahren nach Anspruch 6,**dadurch gekennzeichnet,**

daß als Ausgangsspritzwerkstoff ein agglomeriertes Verbundpulver eingesetzt wird, das aus feinen Silizium-Partikeln und feinen, metallischen Partikeln, die miteinander anhand von anorganischen oder organischen Bindern gebunden sind, bestehen, wobei der Anteil an Silizium-Partikeln 5 bis 50% und der Anteil an Legierungspartikeln 50 bis 95% beträgt, wobei die Silizium-Partikel eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 10,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm haben und wobei die metallischen Partikel eine mittlere Partikelgröße von 0,1 bis 50,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm haben und für eine Legierung E ein Ausgangsspritzwerkstoff mit der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet wird, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 11,8 bis 40%, vorzugsweise etwa 17%
 Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
 Zirkon maximal 0,6%
 Eisen maximal 0,25%
 Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium.

12. Verfahren nach Anspruch 6,**dadurch gekennzeichnet,**

daß als Ausgangsspritzwerkstoff ein agglomeriertes Verbundpulver eingesetzt wird, das aus feinen Silizium-Partikeln und feinen, metallischen Partikeln, die miteinander anhand von anorganischen oder organischen Bindern gebunden sind, bestehen, wobei der Anteil an Silizium-Partikeln 5 bis 50% und der Anteil an Legierungspartikeln 50 bis 95% beträgt, wobei die Silizium-Partikel eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 10,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm haben und wobei die metallischen Partikel eine mittlere Partikelgröße von 0,1 bis 50,0 µm, vorzugsweise etwa 5µm haben und für eine Legierung F ein Ausgangsspritzwerkstoff mit der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet wird, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Silizium 11,8 bis 40%, vorzugsweise etwa 17%
 Nickel 1,0 bis 5,0%, vorzugsweise etwa 4%
 Eisen 1,0 bis 1,4%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Magnesium 0,8 bis 2,0%, vorzugsweise etwa 1,2%
 Kupfer maximal 4,5%, vorzugsweise etwa 3,9%
 Zirkon maximal 0,6%
 Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium.

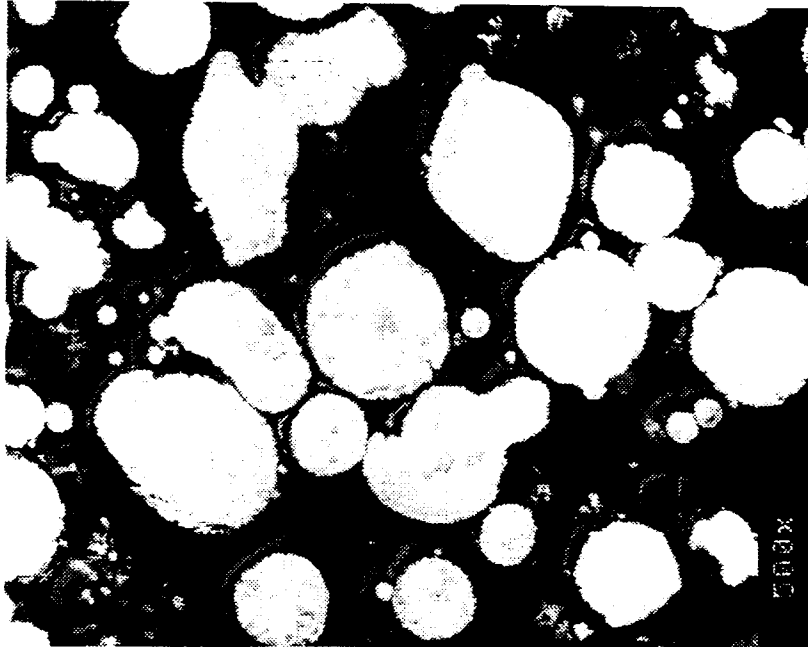
13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 7 bis 12,**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein um die Mittelachse einer Zylinderbohrung rotierender Innenbrenner, der auf einem rotierenden Aggregat aufgebaut ist, in die Zylinderbohrung eingeführt und axial bewegt wird, und daß die Beschichtung auf die Zylinderwand aufgespritzt wird.

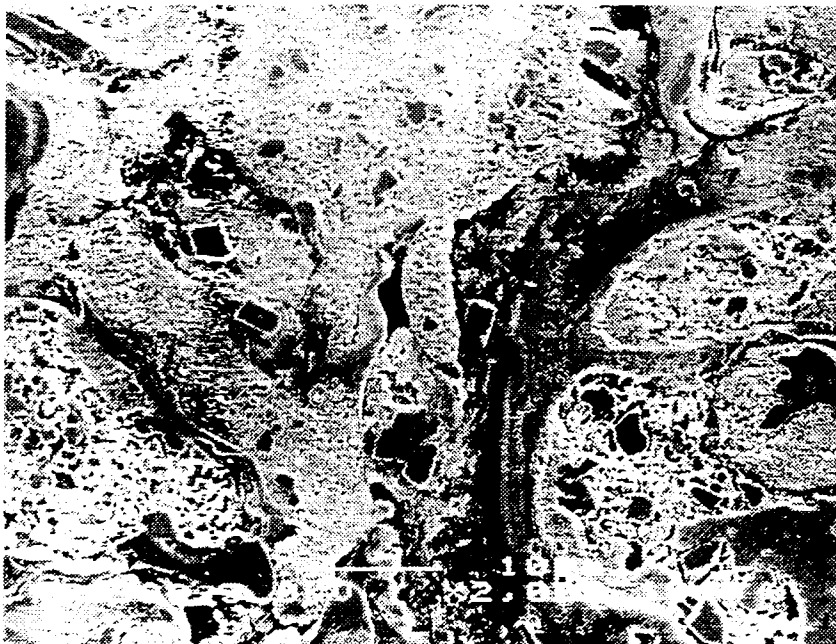
14. Verfahren mindestens einem der Ansprüche 7 bis 12,**dadurch gekennzeichnet,**

daß ein Innenbrenner in die Zylinderbohrung des rotierenden Kurbelgehäuses eingeführt und entlang der Mittelachse der Zylinderbohrung axial bewegt wird, und daß die Beschichtung auf die Zylinderwand aufgespritzt wird.

Figur 1



Figur 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 3380

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 054 (C-097), 9. April 1982 & JP 56 166368 A (TOYOTA MOTOR CORP), 21. Dezember 1981 * Zusammenfassung * ---	1	C23C4/04 C23C4/12
A	US 4 707 379 A (KAREL NEUFUSS) 17. November 1987 * Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 36 * * Spalte 2, Zeile 57 - Spalte 3, Zeile 9; Ansprüche 1-0 * ---	1-6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 088 (C-276), 17. April 1985 & JP 59 219468 A (TEIKOKU PISTON RING KK), 10. Dezember 1984 * Zusammenfassung * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 178 (C-078), 14. November 1981 & JP 56 102546 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17. August 1981 * Zusammenfassung * ---	1	
A	WO 97 13884 A (FORD MOTOR COMPANY) 17. April 1997 * Seite 1, Zeile 1 - Zeile 22; Anspruch 1; Abbildungen 1-6 * ---	4,13,14	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 002, 31. März 1995 & JP 06 330274 A (NIPPON STEEL CORP), 29. November 1994 * Zusammenfassung * ---		
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. November 1998	Prüfer Elsen, D
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 3380

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 155 (C-175), 7. Juli 1983 & JP 58 064371 A (HONDA GIKEN KOGYO KK), 16. April 1983 * Zusammenfassung *	4	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 108 (M-1564), 22. Februar 1994 & JP 05 305492 A (SHOWA ALUM CORP), 19. November 1993 * Zusammenfassung *	9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 23. November 1998	Prüfer Elsen, D
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)