



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 899 354 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.03.1999 Patentblatt 1999/09

(51) Int. Cl.⁶: C23C 4/04, C23C 4/12

(21) Anmeldenummer: 98113379.6

(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 19733204

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

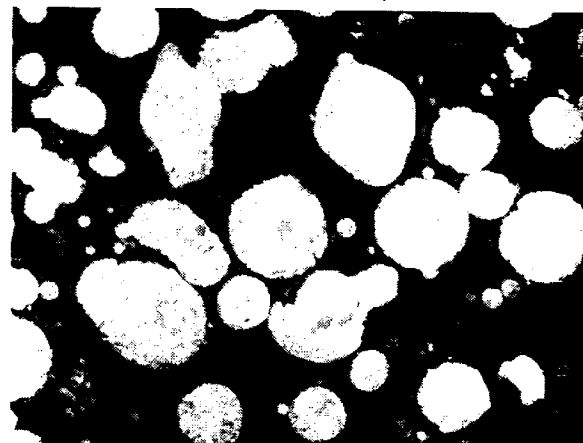
(72) Erfinder:
• Pfeffinger, Harald
75233 Tiefenbronn (DE)
• Voit, Michael
71686 Remseck (DE)

- Haug, Tilman, Dr.
88690 Uhdingen-Mühlhof (DE)
- Izguierdo, Patrick
89073 Ulm (DE)
- Gasthuber, Herbert
89075 Ulm (DE)
- Storz, Oliver
89134 Blaustein (DE)
- Heuberger, Axel
72218 Wildberg (DE)
- Rückert, Franz, Dr.
73760 Ostfildern (DE)
- Stocker, Peter
71560 Sulzbach (DE)
- Präfrock, Helmut
71397 Leutenbach (DE)

(54) **Beschichtung aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium Legierung bzw. einem Aluminium/Silizium Verbundwerkstoff**

(57) Die Erfindung betrifft eine tribologische Beschichtung aus einer kupfer-freien, stark übereutektischen, Aluminium/Silizium-Legierung bzw. aus einem kupfer-freien, Aluminium/Silizium-Verbundwerkstoff, die so zusammengesetzt sind, daß feine Silizium-Primärkristalle bzw. Silizium-Partikel, intermetallische Phasen und Oxide als harte Partikel bei der Herstellung der Schichten im atmosphärischen, thermischen Spritzverfahren sich bilden bzw. in der Gefügestruktur verankert werden. Aufgrund der intermetallischen Phasen wie $MgSi_2$ und der Oxide läßt sich die Oberfläche der Beschichtung wirtschaftlich mit konventionellen Werkzeugen kurzspanend bearbeiten, so daß auf weitere Legierungselemente wie Kupfer zur Bildung von weiteren intermetallischen Phasen wie Al_2Cu verzichtet werden kann. Dies hat eine besondere Bedeutung beim Einsatz dieser Schichten als Zylinderlaufbahn in einer Hubkolbenmaschine, denn herkömmliche AlSi-Laufbahnen bereiten aufgrund ihres Kupferanteiles Probleme in Verbindung mit bestimmten Kraftstoffen.

Figur 1



EP 0 899 354 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beschichtung aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium Legierung bzw. einem Aluminium/Silizium Verbundwerkstoff zur Herstellung von verschleißfesten, reibarmen Schichten sowie Verfahren zur Herstellung der 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 Kraftfahrzeugesamtgewicht zu verringern und damit die Kraftstoffausnützung 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 44 38 550 A1 Rohlinge im bekannten Ospray-Verfahren hergestellt und nachträglich mechanisch kompaktiert. 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. Die verwendeten Legierungen beinhalten Kupfer, damit insbesondere intermetallische Phasen wie Al_2Cu gebildet werden, die für die kurzspanende Bearbeitung der Schichtoberfläche erforderlich sind. Der Einsatz dieser Kupferhaltigen Legierungen erweist sich in Verbindung mit bestimmten Kraftstoffen besonders problematisch.

[0004] Die nach der DE 43 28 619 C2 und EP 0 411 577 B1 sprühkompaktierten Blöcke werden zwar mit Kupfer-freien Aluminium/Silizium Legierungen hergestellt, fanden jedoch bis heute keinen Einsatz als Zylinderlaufbuchse, denn die Oberfläche der Zylinderlaufbuchsen lassen sich nicht kurzspanend bearbeiten und stellen damit eine wirtschaftlich nicht vertretbare Alternative dar.

[0005] Darüberhinaus ist diese Buchsenlösung mit konstruktiven, fertigungstechnischen und nicht zuletzt wirtschaftlichen Nachteilen wie begrenzte Haftung der AlSi10-Schmelze an der Buchsenoberfläche, aufwendige Handhabung und hoher Preis gebunden. Dazu

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.

[0006] 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 Hochgeschwindigkeit-Heißgasstrahles.

[0007] Beim Hochgeschwindigkeit-Flammspritzen (HVOF) wird eine Acetylen-Sauerstoff-Flamme erzeugt, in der die Spritzteilchen auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und beim Aufprall an der zu beschichtenden Oberfläche deformiert werden. Das HVOF-Verfahren wurde zur Beschichtung von Zylinderbohrungen mit einer Aluminium-Bronze-Legierung (US 5,080,056) oder einem EisenAluminium-Verbundwerkstoff (EP 0 607 779 A1) bereits verwendet, produziert jedoch überschüssige Wärme, die häufig nur durch zusätzliche, aufwendige Kühlung des Kurbelgehäuses abgeführt werden kann (US 5,271,967). Beim Plasmaspritzen werden Gase wie Argon, Helium, Stickstoff und/oder Wasserstoff durch einen elektrischen Lichtbogen in einem Plasmazustand überführt, in dem das pulverförmige (EP 0 585 203 A1 und US 4,661,682) oder drahtförmige (US 5,442,153) Spritzgut seitlich eingebracht wird, um dort umgelenkt, im Vergleich zum HVOF mäßig beschleunigt und aufgeschmolzen zu werden. Hier werden die Spritzteilchen auf eine höhere Temperatur als beim HVOF erhitzt, so daß sie sich beim Aufprallen auf das Substrat in einem geschmolzenen Zustand befinden, der für eine innige, stoffschlüssige Verbindung der Schicht zum Substrat sorgt. Das Pulver-Plasmaspritzen wurde zur Beschichtung von Zylinderbohrungen mit einer Schicht auf Eisen-Basis bereits angewandt (US 3,991,240). Das Draht-Plasmaspritzen wurde zur Beschichtung von Zylinderbohrungen mit einem AISI 1045-Stahl verwendet (DE 195 68 687). Die Anstrengungen für den Ersatz der Zylinderlaufbuchsen aus Grauguß durch solche aus übereutektischem Aluminium Silizium deuten jedoch darauf hin, daß eine Zylinderlauffläche auf Eisen-Basis den technischen und tribologischen Anforderungen an modernen Hubkolben-

maschinen nicht genügen kann.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine thermisch gespritzte, verschleißbeständige Schicht insbesondere für den Motorbau im Hinblick auf Verschleißbeständigkeit und Schmierölverbrauch zu entwickeln, wobei gleichwohl die Verschleißgefahr für die Gegenkomponente Verringert wird.

[0009] Die Aufgabe wird bei einer Beschichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, 2 bzw. 3 und bzgl. des Verfahrens mit einem Verfahren mit den Verfahrensschritten des Anspruchs 4, 5 bzw. 6 gelöst. Durch die Verwendung von speziellen im wesentlichen Kupferfreien Aluminium/Silizium-Spritzpulvern für die Aufbringung der erfindungsgemäßen Beschichtung mittels atmosphärischem, thermischem Spritzverfahren entsteht während der lagenartigen Schichtbildung der Beschichtung ein heterogenes Schichtgefüge aus Aluminium-Mischkristall, Silizium-Ausscheidungen bzw. -Partikeln, intermetallischen Phasen wie 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. Überraschenderweise läßt sich die Schichtoberfläche einer erfindungsgemäßen Beschichtung trotz der Abwesenheit von Kupfer wirtschaftlich kurzspanend bearbeiten, was vermutlich auf die auf der Schichtoberfläche und vorzugsweise auch innerhalb der Beschichtung fein verteilten Oxide zurückführen läßt. Außerdem weißt die Beschichtung eine verbesserte Verschleißfestigkeit auf.

[0010] Zur Herstellung der kurzspanend bearbeitbaren und im wesentlichen Kupfer-freien Aluminium/Silizium-Schichten mittels atmosphärischem thermischem Spritzen wird aufgrund der guten Aufschmelzung der Spritzpartikel, der Bildung von fein verteilten Oxiden, deren guter Haftung auf dem Substrat und der mäßigen Wärmeübertragung ins Bauteil das atmosphärische Plasmaspritzen bevorzugt. Darüber hinaus bietet dieses Verfahren die Möglichkeit, Maßbeschichtungen durchzuführen, so daß bei der Oberflächenbearbeitung der Schicht auf das Vordrehen verzichtet werden kann.

[0011] Aus wirtschaftlichen und technischen. Gründen ist eine Beschichtung zweckmäßig, die eine gute, insbesondere kurzspanende Bearbeitbarkeit ihrer Oberfläche gewährleistet. Damit diese verschleißbeständige, kurzspanend bearbeitbare Beschichtung zur Beschichtung von Kurbelgehäusen verwendet werden kann, steht neben der Verringerung von Verbrennungsrückständen durch Senkung Schmierölverbrauchs das Interesse, diese für alle unterschiedlichen Kraftstoffe weltweit einsetzen zu können, weshalb die Beschichtung, insbesondere bei der Verwendung für die Zylinderlaufflächen von Brennkraftmaschinen Kupfer-frei ist.

[0012] Ferner ist es auch von Vorteil, daß mit der erfindungsgemäßen (verschleißfesten Aluminium-Silizium-) Beschichtung nach einem Druckgußvorgang bspw. eine Zylinderlauffläche in einem druckgußgegossenen Motorblock aus Leichtmetall wie Aluminium oder

Magnesium mittels eines thermischen Spritzverfahrens beschichtet werden kann, wodurch auf die bisherige übliche aber aufwendige Laufbuchsenlösung verzichtet werden kann. Auch kann die Dicke der eigentlichen, tribologischen Laufsicht auf dem tribologisch nicht lauffähigen, aber gut zu gießenden und zu bearbeitenden Kurbelgehäuse erheblich reduziert werden. Sie beträgt bspw. 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.

[0013] Zweckmäßigerweise wird zur Herstellung der Beschichtung das Plasmaspritzen verwendet. Mit diesem Nichtgleichgewichtsverfahren lassen sich auch Gefügestrukturen bilden, die sonst metallurgisch nicht darstellbar sind. Wegen der hohen Energiedichte und der großen Parameterzahl des Verfahrens können z. B. nahezu definiert Oxide in dem Schichtgefüge gebildet werden, die zum einen eine kurzspanende Bearbeitung der Schichtoberfläche und zum anderen einen wesentlichen Beitrag zur Verschleißbeständigkeit der Schichten tragen. Durch die Verwendung von agglomerierten Spritzpulvern lassen sich zudem beliebige Fremdmaterialien der Schicht beifügen, auch solche mit sich deutlich von der Aluminium-Legierung unterscheidenden Schmelzpunkten wie Hartmetall- oder Keramikpartikel aber auch Trockenschmierstoffen.

[0014] Günstigerweise kann die erfindungsgemäßen Beschichtung ohne Veränderung der heute installierten Fertigungseinrichtungen in die Serie zu integriert werden, wodurch die kostenspielige Fertigung und Handhabung der Zylinderlaufbuchsen entfallen und erhebliche Mengen an Material eingespart werden können. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Beschichtung bei hohen Auftragsraten in besonders kurzen Taktzeiten erfolgen, wobei die Beschichtung sehr formgenau auf die Zylinderlaufwand des Kurbelgehäuses aufgebracht und eine feine Oberflächengüte dabei eingestellt wird. Durch diese Maßnahmen entfallen aufwendige Nachbearbeitungsschritte wie bspw. Vordrehen, und möglicherweise sogar auch Feindrehen entfallen, wodurch die Fertigungskosten deutlich reduziert sind.

[0015] Weitere sinnvolle Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen entnehmbar. Im übrigen wird die Erfindung anhand von (Legierungs-) Beispielen und anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

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

Fig. 2 Rasterelektronenmikroskopaufnahme einer plasmagespritzten Schicht

[0016] Um die in den Figuren dargestellten Beschichtungen herzustellen, wurden Spritzpulver aus kupferfreien 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.

[0017] Als Spritzpulver wurden beispielhaft zwei im wesentlichen kupferfreie Aluminium/Silizium-Legierungssysteme gewählt, wobei eine Legierung A (siehe Figur 1) für das Zusammenwirken insbesondere mit Eisen-beschichteten Kolben und eine Legierung B (siehe Figur 2) vorzugsweise für unbeschichtete Kolben eingesetzt wird.

[0018] Beispiele für mögliche Legierungen werden in den nachfolgenden Beispielen angegeben, wobei die Zahlenangaben den Gehalt in Gewichtsprozent bedeuten:

Beispiel 1

Legierung A:

[0019]

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

Beispiel 2

[0020] Die Legierung B unterscheidet sich von der Legierung A lediglich durch den etwas höheren Gehalt an Eisen und Nickel:

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%
Zirkon maximal 0,6%
Mangan, Nickel, Kupfer und Zink maximal jeweils 0,01%
Rest Aluminium.

Beispiel 3

Legierung C:

[0021]

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

Beispiel 4

Legierung D:

[0022]

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%
Zirkon maximal 0,6%
Mangan, Nickel und Zink maximal jeweils 0,01%
Rest Aluminium.

Beispiel 5

Legierung E:

[0023]

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

Beispiel 6

Legierung F:

[0024]

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%
Zirkon maximal 0,6%
Mangan, Nickel, Kupfer und Zink maximal jeweils 0,01%
Rest Aluminium.

[0025] 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. 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 der vorliegenden Gefüge 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 solches feines Gefüge kennzeichnet thermisch gespritzte Schichten gegenüber Gefügestrukturen, die eine über pulvermetallische Routen erlangt werden und ist für die gute Verschleißbeständigkeit dieser Schichten verantwortlich.

[0026] In Figur 2 ist eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme einer plasmagespritzten Schicht abgebildet, die mit dem Spritzpulver der Legierung A hergestellt wurde. Die mit dem Spritzpulver der Legierung A hergestellte Schicht wurde gehont und mechanisch freigelegt. Bei der Schichtherstellung wurden enge Maßtoleranzen eingehalten, so daß auf dem Vor- und Feindreihen verzichtet werden konnte. Neben der homogenen Verteilung der Silizium-Primärausscheidungen sind ebenfalls intermetallische Phasen und Poren zu erkennen, die im Betrieb geringe Mengen an Öl zurückhalten und die die Bildung eines dünnen Ölfilms an der Oberfläche der Zylinderlauffläche mitbestimmen.

[0027] Um den Anteil an groben Si-Partikel 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.

[0028] Die erfindungsgemäße Beschichtung bspw. einer Zylinderlauffläche einer Zylinderbohrung 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 Zylinderlauffläche 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 aus einer übereutektischen Aluminium/Silizium Legierung, **dadurch gekennzeichnet**, daß das heterogene Schichtgefüge der Beschichtung aus einem Aluminium-Mischkristall, Silizium-Ausscheidungen, intermetallischen Phasen wie Mg₂Si und Oxiden besteht, daß die mittlere Größe der Silizium-Primärausscheidungen kleiner als 10 µm ist, daß die mittlere Größe der Oxide kleiner als 5 µm ist und daß die Beschichtung im wesentlichen frei von Kupfer ist; d.h. der Anteil an Kupfer ist kleiner als 1 Gewichtsprozent (Gew.-%), bevorzugt kleiner als 0,1 Gew.-% und besonders bevorzugt kleiner als 0,01 Gew.-%.
2. Beschichtung aus einem Aluminium/Silizium Verbundwerkstoff, **dadurch gekennzeichnet**, daß das heterogene Schichtgefüge der Beschichtung aus einem Aluminium-Mischkristall, eingebetteten Silizium-Partikeln, intermetallischen Phasen Mg₂Si und Oxiden besteht, daß die mittlere Größe der Silizium-Partikel kleiner als 10 µm ist, daß die mittlere Größe der Oxide kleiner als 5µm ist und daß die Beschichtung im wesentlichen frei von Kupfer ist; d.h. der Anteil an Kupfer ist kleiner als 1 Gewichtsprozent (Gew.-%), bevorzugt kleiner als 0,1 Gew.-% und besonders bevorzugt kleiner als 0,01 Gew.-%.
3. Beschichtung aus einem Aluminium/Silizium Verbundwerkstoff, **dadurch gekennzeichnet**, daß das heterogene Schichtgefüge aus einem Aluminium-Mischkristall, eingebetteten Silizium-Partikeln, Silizium-Ausscheidungen, intermetallischen Phasen Mg₂Si und Oxiden besteht, daß die mittlere Größe der Silizium-Primärausscheidungen und der Silizium-Partikel kleiner als 10 µm ist, daß die mittlere Größe der Oxide kleiner als 5 µm ist und daß die Beschichtung im wesentlichen frei von Kupfer ist; d.h. der Anteil an Kupfer ist kleiner als 1 Gewichtsprozent (Gew.-%), bevorzugt kleiner als 0,1 Gew.-% und besonders bevorzugt kleiner als 0,01 Gew.-%.
4. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,

daß die Beschichtung im thermischen, insbesondere im 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 im thermischen, insbesondere im 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 im thermischen, insbesondere im 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 der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet 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%

Zirkon maximal 0,6%

Eisen maximal 0,25%

Mangan, Nickel, Kupfer und Zink maximal jeweils 0,01%

Rest Aluminium.

8. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß für eine Legierung B ein Ausgangsspritzwerkstoff der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet 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%

Zirkon maximal 0,6%

Mangan, Nickel, Kupfer 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, die miteinander anhand von anorganischen oder organischen Bindern gebunden sind, besteht, 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 C 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%

Zirkon maximal 0,6%

Eisen maximal 0,25%

Mangan, Nickel, Kupfer 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, die miteinander anhand von anorganischen oder organischen Bindern gebunden sind, besteht, 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 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%

Zirkon maximal 0,6%

Mangan, Nickel, Kupfer und Zink maximal jeweils 0,01%

Rest Aluminium.

11. Verfahren nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Ausgangsspritzwerkstoff ein agglomeriertes

tes 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 daß für eine Legierung E die nachfolgende 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%
 Zirkon maximal 0,6%
 Eisen maximal 0,25%
 Mangan, Nickel, Kupfer und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium.

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

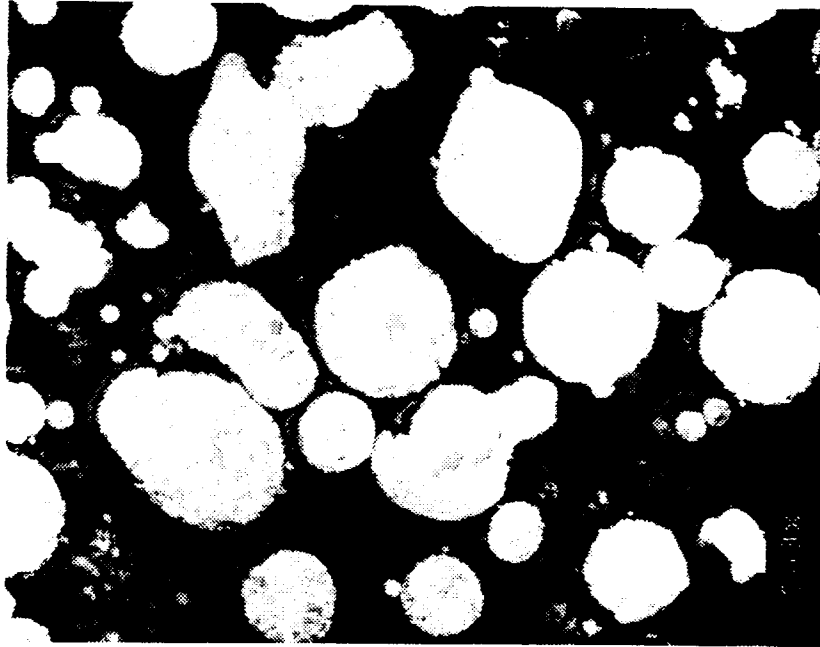
daß als Ausgangsspritzwerkstoff ein agglomeriertes Verbundpulver eingesetzt wird, das aus feinen Silizium-Partikeln und feinen, metallischen Partikeln, die miteinander anhand von anorganischen oder organischen Bindern gebunden sind, bestehen, wobei der Anteil an Silizium-Partikeln 5 bis 50% und der Anteil 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 daß für eine Legierung F die nachfolgende 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%
 Zirkon maximal 0,6%
 Mangan, Nickel, Kupfer und Zink maximal jeweils 0,01%
 Rest Aluminium.

13. Verwendung einer Beschichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1, 2 oder 3 zur Beschichtung einer Zylinderlauffläche von Hubkolbenmaschinen mit vorzugsweise Kurbelgehäusen auf Grauguß, Eisen-, Aluminium- oder Magnesium-Basis.

14. Verwendung eines Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 4 bis 12 zur Herstellung einer Beschichtung für eine Zylinderlaufwand von Hubkolbenmaschinen mit vorzugsweise Kurbelgehäusen auf Grauguß, Eisen-, Aluminium- oder Magnesium-Basis.

Figur 1



Figur 2





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 3379

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
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 1-10 * ---	1-6	C23C4/04 C23C4/12
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	
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. 095, no. 002, 31. März 1995 & JP 06 330274 A (NIPPON STEEL CORP), 29. November 1994 * Zusammenfassung * ---	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) C23C
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	
-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	23. November 1998	Elsen, D	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer		nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 3379

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch
A	WO 97 13884 A (FORD WERKE) 17. April 1997 * Seite 1, Zeile 1 - Zeile 10; Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	4,13,14
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort		Prüfer
DEN HAAG		Elsen, D
Abschlußdatum der Recherche		
23. November 1998		
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 : nichtschriftliche 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)