

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 985 475 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
06.03.2002 Patentblatt 2002/10

(51) Int Cl.7: **B23B 27/14**

(21) Anmeldenummer: **99115471.7**

(22) Anmeldetag: **05.08.1999**

(54) **Verfahren zur Oberflächenbearbeitung einer tribologischen Schicht**

Method for finishing a tribological layer

Procédé pour finir une couche tribologique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorität: **03.09.1998 DE 19840118**
28.05.1999 DE 19924494

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.03.2000 Patentblatt 2000/11

(73) Patentinhaber: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Beck, Markus, Dr.**
89075 Ulm (DE)
• **Haug, Tilmann, Dr.**
89264 Weissenhorn (DE)

- **Izquierdo, Patrick**
89077 Ulm (DE)
- **Lahres, Michael, Dr.**
89073 Ulm (DE)
- **Linden, Peter, Dr.**
89179 Beimerstetten (DE)
- **Merkel, Matthias**
Wooster OH 44691-5427 (US)
- **Pfeffinger, Harald**
75233 Tiefenbronn (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 559 328 EP-A- 0 565 742
DE-A- 4 438 550 DE-A- 19 508 687
US-A- 5 328 304

EP 0 985 475 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenbearbeitung einer tribologischen Schicht aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung bzw. einem Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoff mit einem Schichtgefüge, wobei die Oberfläche nach der Herstellung der Schicht nachbearbeitet wird. Ein solches Verfahren ist aus DE 44 38 550 A1 bekannt.

[0002] Verfahren zur Bearbeitung von übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierungen sind an sich bekannt. Diese Legierungen dienen insbesondere zur Herstellung von Werkstücken mit Oberflächen aus verschleißfesten, reibarmen tribologischen Schichten. Derartige Werkstücke bzw. Schichten werden z. Bsp. im Automobilbau zur Herstellung von Zylinderlaufflächen in Kurbelgehäusen bzw. Zylinderlaufbuchsen verwendet.

[0003] Künftige Leichtbau-Kurbelgehäuse für Hubkolbenmaschinen bestehen aus Kostengründen aus untereutektischen Aluminium-Silizium-Legierungen, die im Druckgußverfahren hergestellt werden. Dieses Material zeigt jedoch ein unbefriedigendes Reibungs- und Verschleißverhalten. Die Zylinderlaufbuchsen oder zumindest deren Zylinderlaufflächen müssen daher aus einem verschleißfesten, reibarmen, tribologischen Material bestehen.

[0004] Aus der DE 44 38 550 A1 ist eine Zylinderlaufbüchse aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung bekannt, die feine Silizium-Primärkristalle und intermetallische Phasen in Form harter Partikel aufweist. Ein derartiges Material muß anschließend noch oberflächenbearbeitet werden. Dabei wird in einem ersten Schritt eine Feinbohrung vorgenommen. Anschließend wird die Oberfläche durch Honen geglättet. Dies erfolgt in der Serienfertigung in mindestens zwei Arbeitsschritten, die man als Vorhonen und Fertighonen bezeichnet. In einem letzten Schritt werden die in der Legierung enthaltenen Silizium-Partikel, welche die eigentliche Lauffläche bilden, freigelegt, indem Aluminium mit Hilfe einer wässrigen Lösung einer Säure herausgeätzt wird.

[0005] Aus der EP 0 565 742 A1 ist ein Honverfahren zur Feinbearbeitung von Werkstückoberflächen mit mindestens zwei Verfahrensschritten bekannt. In einem der Verfahrensschritte wird die Oberfläche des Werkstücks auf das Endmaß fertiggehont. Dabei wird eine sehr feine Honstruktur in der Oberfläche erzeugt. In einem anderen Verfahrensschritt, der vor oder nach dem Fertighonen ausgeführt werden kann, werden mittels einer Strahlvorrichtung, insbesondere mittels eines Lasers, einander überschneidende Riefen erzeugt. Die Endoberfläche weist in diesem Fall sowohl Hon- als auch Strahlriefen auf.

[0006] Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Zylinderlaufflächen der Zylinderlaufbuchsen nach dem Gießen des Kurbelgehäuses zu beschichten. Dies geschieht zum Beispiel durch Plasmaspritzen wie es in der DE 195 08 687 C2 beschrieben ist. Mit diesem Verfahren kann eine Schicht aus einer Eisen- oder Stahl-Legierung aufgebracht werden, welche sich durch befriedigendes Reibungs- und Verschleißverhalten auszeichnet.

[0007] Aus den prioritätsälteren, noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldungen 197 33 204.8-45 und 197 33 205.6-45, eingereicht am 01. August 1997, ist eine thermisch gespritzte Beschichtung aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung bzw. einem Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoff bekannt, die sich durch ein heterogenes Schichtgefüge aus Aluminium-Mischkristall, einem groben bis sehr feinem Netzwerk aus eutektischem Silizium, Silizium-Ausscheidungen bzw. -Partikeln, intermetallischen Phasen und extrem fein verteilten Oxiden auszeichnet. Diese Beschichtung weist charakteristische primäre Aluminium-Mischkristall-Dendriten auf, bei denen die Dendritenarme von eutektischem Silizium umhüllt sind. Die Schliffaufnahmen derartiger Beschichtungen zeigen ein charakteristisches schwammartiges Aussehen. Silizium-Primärausscheidungen und Siliziumpartikel liegen nur in einem kleinen Anteil vor und weisen einen kleinen Durchmesser auf. Bei der Oberflächenbearbeitung dieser Schichten werden die an der Oberfläche liegenden Dendritenarme angeschliffen, so daß beim nachfolgenden Freilegen das Aluminium weggeätzt wird und aluminiumfreie Silizium-Gerüste zurückbleiben, welche die eigentliche Lauffläche bilden.

[0008] Die Oberflächenbearbeitung von übereutektischen Aluminium-Silizium-Schichten, gleich welcher Zusammensetzung und Struktur ist jedoch recht aufwendig. Es müssen Schmierstoffe eingesetzt werden, die ggf. anschließend, vor dem Freilegen der harten Partikel, erst wieder vollständig entfernt werden müssen.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren der oben genannten Art bereitzustellen, welches weniger aufwendig und weniger kostspielig ist.

[0010] Die Lösung besteht diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, gelöst.

[0011] Der Erfindungsgedanke besteht also darin, die üblichen aufwendigen Naßbearbeitungsverfahren wie z. Bsp. Honen durch ein trockenes Nachbearbeitungsverfahren zu ersetzen, bei dem ein Schneidwerkzeug mit mindestens einem diamanthaltigen Schneidstoff eingesetzt wird. Überraschenderweise wurde festgestellt, daß die Güte einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeiteten Oberfläche mit der Güte einer gehonten Oberfläche vergleichbar ist und sogar besser sein kann.

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Das Schneidwerkzeug kann ein- oder mehrschneidig sein. Geeignete Schneidwerkzeuge sind z. Bsp. eine Wendeschneidplatte oder eine mit mehreren Wendeschneidplatten bestückte Schneidspindel. Insbesondere beschichtete Bohrungen, wie mit einer Zylinderlauffläche beschichtete Zylinderlaufbuchsen, werden vorzugsweise durch trockenes Ausspindeln nachbearbeitet. Dabei wird

das ein- oder mehrschneidige Werkzeug, bspw. eine mit einer oder mehreren Wendeschneidplatten bestückte Schneidspindel in die stehende, innen beschichtete Zylinderlaufbüchse eingeführt. Die Zerspanung erfolgt dabei ohne Kühlschmierstoff bzw. unter Minimalschmierbedingungen. Umgekehrt ist es natürlich auch möglich, daß das Werkstück bewegt wird, während ein stehendes Werkzeug verwendet wird.

[0013] Geeignete Schneidstoffe sind bspw. polykristalliner Diamant, Einkristalldiamant oder mit einer CVD-Diamantschicht beschichtetes Hartmetall.

[0014] Im Schichtgefüge der tribologischen Schicht können harte Schichtbestandteile enthalten sein. Dabei handelt es sich in der Regel um harte, primäre bzw. eutektische Siliziumpartikel. Die an der Oberfläche liegenden harten Schichtbestandteile können im Anschluß an die Trockenbearbeitung sofort freigelegt werden.

[0015] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, daß eine Kombination aus dem Trockenzerspanen und einem weiteren Verfahren angewendet wird, wobei im Anschluß an das Trockenzerspanen die Oberfläche in einem einstufigen Verfahren durch Strahlen strukturiert, insbesondere mit Strahlriefen versehen wird. Vorzugsweise wird eine Laserstrukturierung der Oberfläche vorgenommen. Diese Laserstrukturierung kann man bei Zylinderlaufbüchsen vorzugsweise auf den Bereich des oberen Totpunktes beschränken, das heißt desjenigen Punktes, an dem sich die Laufrichtung des Zylinderkolbens umkehrt und seine Geschwindigkeit gleich Null wird. Durch die Laserstrukturierung werden Taschen in die Oberfläche eingebracht, in denen sich später beim Betrieb Schmiermittel sammeln kann. Diese Lösung verbindet in einer Verfahrenskombination die Verfahrensoption Trockenzerspanung mit einer nachgeschalteten Verfahrensoption zur Strukturierung der Oberfläche mittels eines Strahles. Die Endoberfläche weist in diesem Fall sowohl eine trockenzer-spannte Rillenstruktur, hergestellt mit geometrisch bestimmter Schneide bzw. Schneiden, als auch überlagerte Strahlriefen auf.

[0016] Die zu bearbeitende Schicht ist vorzugsweise eine Beschichtung, die mittels Plasmaspritzverfahren hergestellt wird. Eine bevorzugte Aluminium-Silizium-Legierung ist im wesentlichen kupferfrei, d. h. sie enthält weniger als 1 Gew.-% Kupfer.

[0017] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand der beigefügten Abbildungen näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 Eine Schliffaufnahme einer durch Plasmaspritzen aufgetragenen Schicht aus einer im wesentlichen kupferfreien, übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung vor der Oberflächenbearbeitung;

Figur 2 dieselbe Schicht nach der Trockenbearbeitung mit einer Wendeschneidplatte aus polykristallinem Diamant mit einem bearbeiteten Bereich (rechts) und einem unbearbeiteten Bereich (links);

Figur 3 dieselbe Schicht wie Figur 2, jedoch vollständig bearbeitet.

[0018] Zur Herstellung einer Beschichtung aus übereutektischer Aluminium-Silizium-Legierung kann eine beliebige Aluminium-Silizium-Legierung verwendet werden, zum Beispiel AlSi25 Ni4 1,2Fe 1,2Mg 0,6Cu. In der Legierung können auch Festschmierstoffe wie hexagonales Bornitrid, Titandioxid, Molybdänsulfid und andere enthalten sein.

[0019] Besonders bevorzugt sind plasmagespritzte Schichten aus übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierungen bzw. übereutektischen Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoffen, wie sie im folgenden beschrieben werden.

Ausführungsbeispiel 1

[0020] Es wurde eine übereutektische Aluminium-Silizium-Legierung mit der folgenden Zusammensetzung verwendet:

Legierung A

[0021]

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

[0022] Aus dieser Legierung wurde ein Spritzpulver hergestellt, mit dem im Plasmaspritzverfahren eine Beschichtung auf die Zylinderlauffläche einer Zylinderlaufbüchse aus untereutektischer Aluminium-Silizium-Legierung aufgetragen wurde. Die Zylinderlaufbüchse hatte einen Durchmesser von 88 cm, eine Länge von 150 mm und eine Wandstärke

von 5 mm.

[0023] Die unbearbeitete Beschichtung ist in Figur 1 dargestellt. Man erkennt deutlich die typische schwammartige Struktur. Sie ist auf die Bildung von Aluminium-Mischkristall-Dendriden zurückzuführen, deren Dendritenarme mit einer Schicht aus eutektischem Silizium umhüllt sind. Ferner sind kleine Silizium-Primärausscheidungen zu erkennen.

[0024] Der Oberflächenzustand der Beschichtung konnte wie folgt charakterisiert werden:

$$R_{\max} = 21,5 \mu\text{m}; R_t = 24,2 \mu\text{m}; R_z = 17,7 \mu\text{m}; R_a = 3,5 \mu\text{m}.$$

[0025] Als Zerspanwerkzeug wurde eine Wendeschneidplatte mit einem Schneidstoff aus polykristallinem Diamant vom Typ TCMW 16 T3 08 F (CDIO) gewählt. Der Halter war vom Typ Tizit NVR 16-3. Zum trockenen Feindreihen wurden die folgenden Parameter eingestellt: Vorschub = 0,021 m/min; $V_c = 158,42 \text{ m/min}$; $N = 575 \text{ min}^{-1}$; $a_p = 0,05$.

[0026] Die derart bearbeitete Oberfläche ist in Figur 2 abgebildet. Die Oberflächengüte nach der Trockenfeinzerspangung konnte wie folgt charakterisiert werden:

$$R_{\max} = 0,98 \mu\text{m}; R_t = 0,99 \mu\text{m}; R_z = 0,84 \mu\text{m}; R_a = 0,125 \mu\text{m}.$$

[0027] Diese Werte sind besser als die durch die üblichen Honbearbeitung erzielbaren Werte.

[0028] Es kann auch folgende Legierung verwendet werden, die wie oben beschrieben nachgearbeitet werden kann und zu vergleichbar guten Ergebnissen führt:

Legierung B

[0029]

Silizium: 23,0 bis 40,0 Gew.-%, vorzugsweise etwa 25 Gew.-%

Nickel: 1,0 bis 5,0 Gew.-%, vorzugsweise etwa 4 Gew.-%

Eisen: 1,0 bis 1,4 Gew.-%, vorzugsweise etwa 1,2 Gew.-%

Magnesium: 0,8 bis 2,0 Gew.-%, vorzugsweise etwa 1,2 Gew.-%

Zirkon: maximal 0,6 Gew.-%

Mangan, Kupfer und Zink: maximal jeweils 0,01 Gew.-% Rest Aluminium.

[0030] Es können ferner gleichermaßen Verbundwerkstoffe verwendet werden, die mittels Plasmaspritzen unter Verwendung eines speziellen Spritzpulvers hergestellt werden. Bei diesem Spritzpulver handelt es sich um ein agglomeriertes Verbundpulver aus feinen Siliziumpartikeln und feinen metallischen Partikeln mindestens einer Aluminium-Silizium-Legierung, die miteinander anhand von anorganischen oder organischen Bindern gebunden sind. Der Anteil an Silizium-Partikeln beträgt 5 bis 95 Gew.-%, der Anteil an Legierungspartikeln beträgt 95 bis 50 Gew.-%. Die Silizium-Partikel haben eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 10 μm , vorzugsweise etwa 5 μm .

[0031] Die Legierungspartikel haben eine mittlere Korngröße von 0,1 bis 50 μm , vorzugsweise etwa 5 μm .

[0032] Die Legierungspartikel bestehen vorzugsweise aus einer Mischung aus untereutektischen Legierungspartikeln und übereutektischen Legierungspartikeln. Durch die Verwendung von übereutektischen Legierungspartikeln wird der Anteil an Aluminium-Mischkristall im Schichtgefüge beibehalten, während durch die Verwendung von untereutektischen Legierungspartikeln die Bildung des Aluminium-Mischkristalls unterdrückt wird. Im folgenden sind je zwei Beispiele für geeignete untereutektische bzw. übereutektische Legierungen genannt.

Untereutektische Legierungen:

Legierung 1

[0033]

Silizium: 0 bis 11,8 Gew.-%, vorzugsweise etwa 9 Gew.-%

Eisen: maximal 0,25 Gew.-%

Magnesium: 0,8 bis 2,0 Gew.-%, vorzugsweise etwa 1,2 Gew.-%

Zirkon: maximal 0,6 Gew.-%

Mangan, Nickel, Kupfer und Zink: maximal jeweils 0,01 Gew.-% Rest Aluminium.

Legierung 2

[0034]

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

Übereutektische Legierungen:

Legierung 3:

15

[0035]

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

Legierung 4:

25

[0036]

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

35

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbearbeitung einer tribologischen Schicht aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung bzw. einem Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoff mit einem Schichtgefüge, wobei die Oberfläche
40 im Anschluß an die Herstellung der Schicht nachbearbeitet wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Oberfläche in einem einzigen einstufigen Verfahren ohne Schmierstoff trocken zerspant wird, wobei ein Schneidwerkzeug mit mindestens einem Diamant enthaltenden Schneidstoff verwendet wird.
- 45 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Schneidwerkzeug ein einschneidiges Werkzeug, vorzugsweise eine Wendeschneidplatte, verwendet wird.
- 50 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Schneidwerkzeug ein mehrschneidiges Werkzeug, vorzugsweise eine mit mehreren Wendeschneidplatten bestückte Schneidspindel, verwendet wird.
- 55 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Schneidwerkzeug mit einem Schneidstoff aus polykristallinem Diamant und/oder Einkristalldiamant und/oder mit einer CVD-Diamantschicht beschichtetem Hartmetall verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß im Anschluß an die Trockenzerspannung sofort im Schichtgefüge enthaltene, an der nachbearbeiteten Oberfläche liegende harte Schichtbestandteile freigelegt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Kombination aus dem Trockenzerspannen und einem weiteren Verfahren angewendet wird, wobei im Anschluß an das Trockenzerspannen die Oberfläche in einem einstufigen Verfahren fertiggehont wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Kombination aus dem Trockenzerspannen und einem weiteren Verfahren angewendet wird, wobei im Anschluß an das Trockenzerspannen die Oberfläche in einem einstufigen Verfahren durch Strahlen, bspw. durch Laser strukturiert, insbesondere mit Strahlriefen versehen wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine mit der übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung bzw. dem übereutektischen Aluminium-Silizium-Werkstoff beschichtete Zylinderlauffläche eines Kurbelgehäuses für eine Hubkolbenmaschine nachbearbeitet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Zylinderlauffläche nur im Bereich des oberen Totpunkts nachbehandelt wird bzw. daß die in der Zylinderlauffläche liegenden harten Schichtbestandteile nur im Bereich des oberen Totpunkts freigelegt werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die zu bearbeitende Schicht mittels Plasmaspritzverfahren hergestellt wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die zu bearbeitende Schicht aus einer im wesentlichen kupferfreien übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierung bzw. einem im wesentlichen kupferfreien übereutektischen Aluminium-Silizium-Verbundwerkstoff hergestellt wird, wobei der Kupferanteil jeweils kleiner als 1 Gew.-%, bevorzugt kleiner als 0,1 Gew.-% und besonders bevorzugt kleiner als 0,01 Gew.-% ist.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Herstellung der zu bearbeitenden Schicht eine Legierung verwendet wird, die ein heterogenes Schichtgefüge aus einem primären Aluminium-Mischkristall, einem groben bis sehr feinen Netzwerk aus eutektischem Silizium, primären Silizium-Ausscheidungen sowie intermetallischen Phasen wie Mg_2Si und Oxiden aufweist, wobei die mittlere Größe der primären Silizium-Ausscheidungen kleiner als $10\mu m$ und die mittlere Größe der Oxide kleiner als $5\mu m$ ist.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der zu bearbeitenden Schicht ein Verbundwerkstoff verwendet wird, der ein heterogenes Schichtgefüge aus einem primären Aluminium-Mischkristall, einem groben bis sehr feinen Netzwerk aus eutektischem Silizium, primären Silizium-Ausscheidungen und/oder eingebetteten Siliziumpartikeln und intermetallischen Phasen wie Mg_2Si und Oxiden aufweist, wobei die mittlere Größe der primären Silizium-Ausscheidungen bzw. der eingebetteten Silizium-Partikel kleiner als $10\mu m$ und die mittlere Größe der Oxide kleiner als $5\mu m$ ist.

Claims

1. Method of surface-treating a tribological coating of a hyper-eutectic aluminium-silicon alloy or an aluminium-silicon

composite material with a layer structure, in which the surface is finished once the coating has been produced,
characterised in that
 the surface is dry-cut in a single one-stage process without lubricant, using a cutting tool with at least one diamond-
 containing cutting substance.

- 5 **2.** Method as claimed in claim 1,
characterised in that
 a single-point tool, preferably an indexable insert, is used as the cutting tool.
- 10 **3.** Method as claimed in claim 1,
characterised in that
 a multi-blade tool, preferably a cutting spindle fitted with several indexable inserts, is used as the cutting tool.
- 15 **4.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 a cutting tool of hard metal coated with a cutting material of polycrystalline diamond and/or single-crystal diamond
 and/or with a CVD diamond coating is used.
- 20 **5.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 hard coating elements contained in the structure layer at the finished surface are exposed immediately after dry-
 cutting.
- 25 **6.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 a combination of dry-cutting and another process is used, whereby the surface is fine-honed in a single-stage
 process after dry-cutting.
- 30 **7.** Method as claimed in one of claims 1 to 5,
characterised in that
 a combination of dry-cutting and another process is used, whereby the surface is structured in a single-stage
 process by irradiation, for example by laser, in particular irradiated with scores, after dry-cutting.
- 35 **8.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 a cylinder working surface of a crankcase for a reciprocating piston engine coated with the hyper-eutectic alumin-
 ium-silicon alloy or the hyper-eutectic aluminium-silicon material is finished.
- 40 **9.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 the cylinder working surface is finished only in the region of the top dead centre and the hard coating elements in
 the cylinder working surface are exposed only in the region of the top dead centre.
- 45 **10.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 the coating to be treated is produced by a plasma spraying process.
- 50 **11.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 the coating to be treated is made from an essentially copper-free hyper-eutectic aluminium-silicon alloy or an
 essentially copper-free hyper-eutectic aluminium-silicon composite material, the proportion of copper being re-
 spectively less than 1% by weight, preferably less than 0.1% by weight and more preferably 0.01% by weight.
- 55 **12.** Method as claimed in one of the preceding claims,
characterised in that
 in order to produce the coating to be treated, an alloy is used which has a heterogenous layer structure of a primary
 aluminium mixed crystal, a coarse to very fine network of eutectic silicon, primary silicon precipitations and inter-
 metallic phases such as Mg_2Si and oxides, the average size of the primary silicon precipitations being less than

10 µm and the average size of the oxides being smaller than 5 µm.

13. Method as claimed in one of the preceding claims,

characterised in that

in order to produce the coating to be treated, a composite material is used having a heterogeneous layer structure of a primary aluminium mixed crystal, a coarse to very fine network of eutectic silicon, primary silicon precipitations and/or embedded silicon particles and inter-metallic phases such as Mg₂Si and oxides, the average size of the primary silicon precipitations or the embedded silicon particles being less than 10 µm and the average size of the oxides being smaller than 5 µm.

Revendications

1. Procédé d'usinage de la surface d'une couche tribologique faite d'un alliage d'aluminium et silicium supereutectique ou d'un matériau composite en aluminium et silicium ayant une structure stratifiée, la surface étant réusinée à la suite de la réalisation de la couche, **caractérisé en ce que** la surface est usinée par enlèvement de matière à sec, sans lubrifiant, dans un procédé unique en une seule étape en utilisant un outil de coupe avec au moins une matière de coupe contenant du diamant.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme outil de coupe un outil à un seul tranchant, de préférence une plaquette amovible.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise comme outil de coupe un outil à plusieurs tranchants, de préférence une broche de coupe équipée de plusieurs plaquettes amovibles.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise un outil de coupe avec une matière de coupe faite de diamant polycristallin et/ou de diamant monocristallin et/ou de métal dur revêtu d'une couche diamantée par dépôt chimique en phase vapeur.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des éléments durs de la couche contenus dans la structure de la couche sont exposés sur la surface réusinée à la suite de l'enlèvement de matière à sec.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **Caractérisé en ce que** l'on utilise une combinaison de l'usinage par enlèvement de matière à sec et d'un autre procédé, la surface étant finie par honage dans un procédé en une seule étape à la suite de l'usinage par enlèvement de matière à sec.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on utilise une combinaison de l'usinage par enlèvement de matière à sec et d'un autre procédé, la surface étant structurée, dans un procédé en une seule étape à la suite de l'usinage par enlèvement de matière à sec, par bombardement avec un faisceau, par exemple à l'aide d'un laser, en particulier dotées de stries de bombardement.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on réusine une portée de cylindre, revêtue de l'alliage d'aluminium et silicium supereutectique ou du matériau supereutectique en aluminium et silicium, d'un carter de vilebrequin pour machine à piston alternatif.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la portée de cylindre est retraitée uniquement dans la zone du point mort haut ou **en ce que** les composants durs de la couche présente sur la portée de cylindre sont exposés uniquement dans la zone du point mort haut.

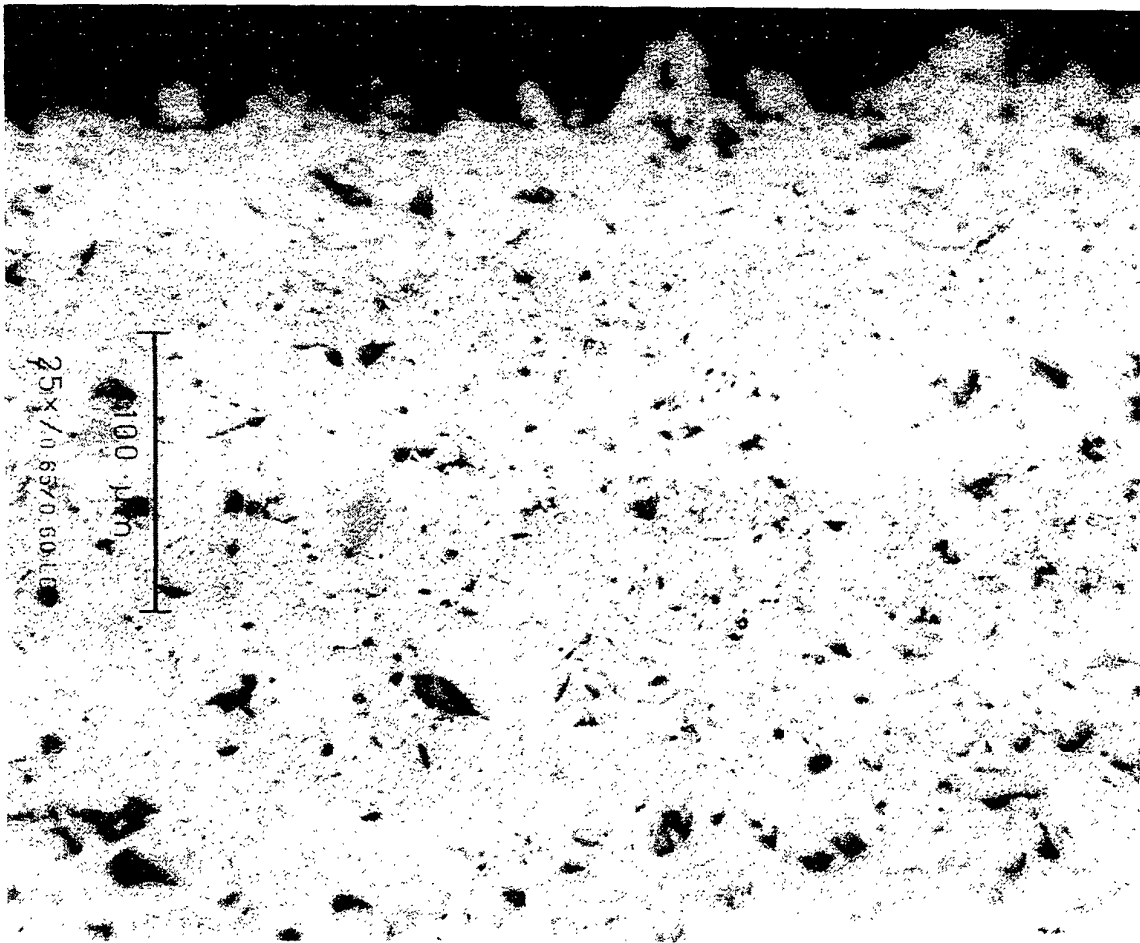
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche à usiner est réalisée par un procédé de projection au plasma.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche à usiner est réalisée à partir d'un alliage d'aluminium et silicium supereutectique pratiquement exempt de cuivre ou d'un matériau composite supereutectique en aluminium et silicium pratiquement exempt de cuivre, la proportion de cuivre étant toujours inférieure à 1% en poids, de préférence inférieure à 0,1% en poids et de façon particulièrement préférée inférieure à 0,01% en poids.

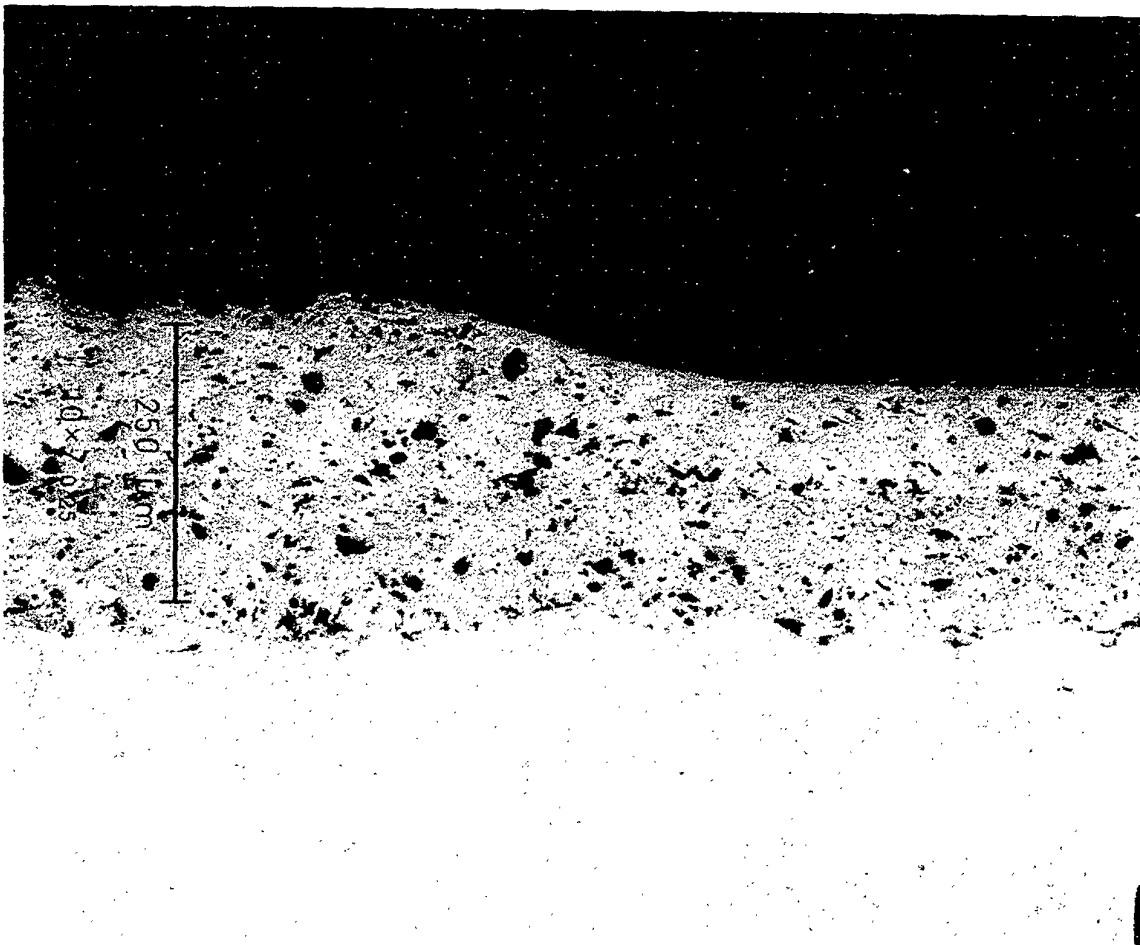
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise pour réaliser la couche à usiner un alliage qui présente une structure de couche hétérogène faite d'un cristal mixte d'aluminium primaire, d'un réseau grossier à très fin de silicium eutectique, de précipitations de silicium primaire ainsi que de phases intermétalliques telles que du Mg_2Si et des oxydes, la taille moyenne des précipitations de silicium primaire étant inférieure à 10 μm et la taille moyenne des oxydes inférieure à 5 μm .

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise pour réaliser la couche à usiner un matériau composite qui présente une structure de couche hétérogène faite d'un cristal mixte d'aluminium primaire, d'un réseau grossier à très fin de silicium eutectique, de précipitations de silicium primaire et/ou de particules de silicium noyées ainsi que de phases intermétalliques telles que du Mg_2Si et des oxydes, la taille moyenne des précipitations de silicium primaire ou des particules de silicium noyées étant inférieure à 10 μm et la taille moyenne des oxydes inférieure à 5 μm .

Fig. 1



Figur 2



Figur 3

