

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 507 020 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

16.02.2005 Patentblatt 2005/07

(51) Int Cl.7: **C23C 4/08, C22C 33/02**

(21) Anmeldenummer: **04011394.6**

(22) Anmeldetag: **08.12.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **19.01.1999 CH 9199**

09.02.1999 CH 24599

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:

99811122.3 / 1 022 351

(71) Anmelder: **Sulzer Metco AG**

5610 Wohlen (CH)

(72) Erfinder: **Barbezat, Gérard**

8152 Opfikon (CH)

(74) Vertreter: **Sulzer Management AG**

KS/Patente/0067

Zürcherstrasse 12

8401 Winterthur (CH)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 13 - 05 - 2004 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 62
erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Durch Plasmaspritzen aufgebrachte Schicht für Zylinderlaufflächen von Motorblöcken und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Durch Plasmaspritzen aufgebrachte eisenhaltige Schichten für Zylinderlaufflächen von Motorblöcken, welche einen Gehalt an gebundenem Sauerstoff 1 bis 4 Gewichts-% aufweisen, zeichnen sich bezüglich Bearbeitbarkeit und Tribologie durch hervorragende Eigenschaften aus. Insbesondere sind die Reibungskoeff-

fizienten und die Neigung zum Scuffing drastisch verringert. Derartige Schichten werden u.a. hergestellt, indem während des Plasmaspritzens eine Luftmenge von 200 bis 1000 NLPM zugegeben wird.

EP 1 507 020 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Pulver nach Anspruch 1, eine durch Plasmaspritzen aufgebrachte eisenhaltige Schicht für Zylinderlaufflächen von Motorblöcken nach dem Anspruch 4, sowie ein Verfahren zur Herstellung solcher Schichten nach dem Anspruch 10 oder 11.

[0002] Als klassischer Werkstoff für die Zylinderlaufflächen von Aluminium- oder Magnesium-Motorblöcken wird immer noch Gusseisen mit Lamellen- oder Vermikulargraphit, in Form von eingepressten oder eingegossenen Büchsen, verwendet.

[0003] Durch solche Büchsen wird jedoch zum einen die Grösse und das Gewicht des Motorblocks nachteilig beeinflusst. Zum anderen entsteht eine ungünstige Verbindung zwischen den Gusseisenbüchsen und dem aus Leichtmetall bestehenden Motorblock. Als Alternative werden auch galvanische Schichten eingesetzt. Deren Aufbringen ist jedoch kostenintensiv und zudem sind sie gegenüber Schwefel- und Ameisensäure korrosionsanfällig.

[0004] Weiter ist das Beschichten von Bohrungen mit Hilfe des Plasmaspritzverfahrens seit langem bekannt. Dabei können verschiedene metallische Werkstoffe aufgebracht werden. Nach dem Beschichten mittels des Plasmaspritzverfahrens werden die Schichten durch Diamanthonen auf das Endmass bearbeitet und mit der gewünschten Topographie versehen. Die Bearbeitbarkeit der Schichten und die tribologischen Eigenschaften werden durch das Mikrogefüge und die physikalischen Eigenschaften der entsprechenden Schichten massgebend beeinflusst.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Zerspanbarkeit und die tribologischen Eigenschaften von durch Plasmaspritzen aufgebrachten eisenhaltigen Schichten für Zylinderlaufflächen von Motorblöcken zu verbessern.

[0006] Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemässe Pulver, die erfindungsgemässe Schicht und das erfindungsgemässe Verfahren gelöst.

[0007] Die Erfindung beruht auf der überraschenden Feststellung, dass bei einer besonders kontrollierten Reaktion des eingesetzten Pulvers mit Sauerstoff beim Plasmaspritzen ein Mikrogefüge erzeugt werden kann, welches bezüglich Bearbeitbarkeit und Tribologie hervorragende Eigenschaften aufweist. Insbesondere werden die Reibungskoeffizienten und die Neigung zum Scuffing ("Fressen", d. h. dem Beginn des adhäsiven Verschleisses) drastisch verringert.

[0008] Die durch Plasmaspritzen aufgebrachten eisenhaltigen Schichten für Zylinderlaufflächen von Motorblöcken sind dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt an gebundenem Sauerstoff 1 bis 4 Gewichts-% beträgt. Für die Beschichtung kommen insbesondere in Frage:

- die Zylinderbohrungen von Motorblöcken aus Aluminium- oder Magnesium-Legierungen oder aus

Gusseisen; oder

- die innere Zylinderwand von in Aluminium- oder Magnesium-Motorblöcken eingesetzten Gusseisenbüchsen.

[0009] Zweckmässigerweise bildet der gebundene Sauerstoff mit Eisen FeO- und Fe₃O₄-Kristalle. Vorzugsweise beträgt der Gehalt an Fe₂O₃ weniger als 0,2 Gewichts-%. Die Menge der gebildeten Oxyde kann durch Mischen der Luft mit Stickstoff oder Sauerstoff weiter beeinflusst werden. Beim Ersetzen der Luft durch reinen Sauerstoff wird der gebundene Anteil an Sauerstoff in der Schicht um einen Faktor von etwa zwei reduziert.

[0010] Das erfindungsgemässe Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemässen Schichten ist dadurch gekennzeichnet, dass während des Plasmaspritzens eine Luftmenge von 200 bis 1000 NLPM (Normal-Liter pro Minute, d.h. bei 1 bar [= 10⁵ Pa] und 20°C) oder eine Gasmenge mit 40 bis 200 NLPM Sauerstoff zugegeben wird. Zweckmässigerweise beträgt die Geschwindigkeit der Gasströmung in der Zylinderbohrung oder der Büchse während des Beschichtens 7 bis 12 m/s.

[0011] Ein erfindungsgemässes Pulver zum Beschichten eines Substrats, insbesondere zum Beschichten von Zylinderbohrungen von Motorblöcken aus Aluminium- oder Magnesium-Legierungen oder aus Gusseisen, oder zum Beschichten von Gusseisenbüchsen, umfasst die folgende Zusammensetzung:

C = 0.4 bis 1.5 Gewichts-%

Cr = 0.2 bis 2.5 Gewichts-%

Mn = 0.2 bis 3 Gewichts-%

Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%

[0012] Ein erfindungsgemässes Pulver zum Beschichten eines Substrats, insbesondere zum Beschichten von Zylinderbohrungen von Motorblöcken aus Aluminium- oder Magnesium-Legierungen oder aus Gusseisen, oder zum Beschichten von Gusseisenbüchsen, kann auch die folgende Zusammensetzung umfassen:

C = 0.1 bis 0.8 Gewichts-%

Cr = 11 bis 18 Gewichts-%

Mn = 0.1 bis 1.5 Gewichts-%

Mo = 0.1 bis 5 Gewichts-%

Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%

[0013] Zweckmässigerweise wird für die Beschichtung ein gasverdüstes Pulver folgender chemischer Zu-

sammensetzung eingesetzt:

C = 0,4 bis 1,5 Gewichts-%
 Cr = 0,2 bis 2,5 Gewichts-%
 Mn = 0,2 bis 3 Gewichts-%
 S = 0,01 bis 0,2 Gewichts-%
 P = 0,01 bis 0,1 Gewichts-%.
 Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%

[0014] Alternativ kann für die Beschichtung ein gasverdüstes Pulver folgender chemischer Zusammensetzung eingesetzt werden:

C = 0,1 bis 0,8 Gewichts-%
 Cr = 11 bis 18 Gewichts-%
 Mn = 0,1 bis 1,5 Gewichts-%
 Mo = 0,1 bis 5 Gewichts-%
 S = 0,01 bis 0,2 Gewichts-%
 P = 0,01 bis 0,1 Gewichts-%.
 Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%

[0015] Das Volumen von FeO und Fe₃O₄ kann durch Auswahl der Partikelgrößenverteilung beeinflusst werden. Zweckmässigerweise liegt die Partikelgrösse des Pulvers im Bereich von 5 bis 25 µm, 10 bis 45 µm oder von 15 bis 60 µm. Sie kann mittels eines optischen oder elektronischen Mikroskops, insbesondere eines Rasterelektronenmikroskops REM, oder nach der Laserbeugungsmethode MICROTRAC bestimmt werden.

[0016] Zweckmässigerweise wird ein durch Gasverdüstung mit Argon oder Stickstoff erhaltenes Pulver eingesetzt.

[0017] Beste Resultate werden erhalten, wenn ein durch Zugabe einer tribologischen Oxydkeramik modifiziertes Pulver eingesetzt wird. Zweckmässigerweise besteht die Oxydkeramik aus TiO₂ oder Al₂O₃TiO₂- und/oder Al₂O₃ZrO₂-Legierungssystemen. Der Anteil an Oxydkeramik im eingesetzten Pulver beträgt vorzugsweise 5 bis 50 Gewichts-%.

[0018] Die Wahl der optimalen Grösse der Pulverpartikel wird unter Berücksichtigung der tribologischen Eigenschaften der erzeugten Schichten und des mechanischen Verhaltens des Systemschichtsubstrates getroffen.

[0019] In folgenden werden Ausführungsbeispiele der erfindungsgemässen Schicht anhand von Beispielen näher erläutert. In den beiliegenden Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, aus dem die Verminderung des Reibungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Partikelgrösse des Pulvers und das mechanische Verhalten (Haftfestigkeit) der Schicht auf AlSi-Substraten in Abhängigkeit von der Partikelgrösse des Pulvers hervorgeht; und

Fig. 2 ein Diagramm, aus dem die Verminderung des

Reibungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Menge des gebundenen Sauerstoffs im Pulver und das mechanische Verhalten (Haftfestigkeit) der Schicht auf AlSi-Substraten in Abhängigkeit von der Menge des gebundenen Sauerstoffs im Pulver hervorgeht.

Beispiel 1

[0020] Ein Pulver der nachstehenden Zusammensetzung wurde mit Hilfe eines Plasmatrons unter folgenden spezifischen Bedingungen auf die Lauffläche einer Zylinderbüchse aufgebracht:

15 Pulver: C = 1,1 Gewichts-%
 Cr = 1,5 Gewichts-%
 Mn = 1,5 Gewichts-%
 Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%.

20 Gegebenenfalls kann das Pulver auch geringe Mengen (0.01 - 0.2 Gew.-%) von S und P enthalten.

[0021] Die Partikelgrösse des Pulvers betrug zwischen 5 bis 25 µm, und die Herstellung erfolgte durch Gasverdüsen.

25 **[0022]** Die Geschwindigkeit der Gasströmung während des Beschichtens der Büchse betrug 10 m/s, die Luftmenge für die Schichtkühlung und Pulverreaktion 500 NLPM (entsprechend 100 NLPM Sauerstoff). Diese Luftmenge wurde durch einen Plasmatronkörper zugeführt, z.B. ein Plasmatron gemäss EP-B1-0 645 946.

30 **[0023]** Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass der Sauerstoffgehalt in der erzeugten Schicht bei 3 Gewichts-% liegt. Der Sauerstoff ist gemäss Untersuchungen mittels Röntgenfeinstrukturanalyse unter den stöchiometrischen Formeln FeO und Fe₃O₄ gebunden. Durch diese Untersuchungen wurde auch festgestellt, dass die Bildung von Fe₂O₃ unterhalb der Nachweisgrenze liegt.

35 **[0024]** Die nach der anschliessenden Bearbeitung der erzeugten Schichten durch Diamanthonen durchgeführten Motorversuche haben gezeigt, dass die Reibungskoeffizienten zwischen Kolbenring und Zylinderwandung im Vergleich zu klassischen Gusseisenbüchsen mit Lamellengraphit deutlich reduziert sind.

Beispiel 2

50 **[0025]** Bei Verwendung eines Pulvers gleicher chemischer Zusammensetzung wie in Beispiel 1, jedoch mit einer Partikelgrösse von 10 bis 45 µm, und im übrigen unter denselben Randbedingungen wie im Beispiel 1, liegt der Anteil an gebundenem Sauerstoff in den erzeugten Schichten bei 2 Gewichts-%. Die restlichen Ergebnisse einer Analyse der so aufgetragenen Schicht waren gleich wie im Beispiel 1.

55 **[0026]** Die durchgeführten Untersuchungen zeigen im Motortest ähnlich günstige Ergebnisse, wobei die Reduktion der Reibungskoeffizienten im Zusammen-

hang mit dem Anteil an gebundenem Sauerstoff steht.

Beispiel 3

[0027] Für Motoren, die durch Verbrennung von schwefelhaltigen Kraftstoffen oder von Methanol, bei Temperaturen unter dem Taupunkt bei den herrschenden Bedingungen, korrosionsgefährdet sind, wurde die Beschichtung unter den Bedingungen gemäss Beispiel 1 mit folgendem Pulver vorgenommen:

Pulver: C = 0,4 Gewichts-%
Cr = 13 Gewichts-%
Mn = 1,5 Gewichts-%
Mo = 2 Gewichts-%
Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%
Gegebenenfalls kann das Pulver auch geringe Mengen (0.01 - 0.2 Gew.-%) von S und P enthalten.

[0028] Die Partikelgrösse des Pulvers betrug zwischen 10 bis 45 µm, und die Herstellung erfolgte durch Gasverdüsen.

[0029] Die Versuche, die mit einem mit einer derartigen Zylinderlauffläche versehenen Verbrennungsmotor durchgeführt wurden, haben im wesentlichen zu denselben Ergebnissen wie in Beispielen 1 und 2 erwähnt geführt.

Beispiel 4

[0030] Dem Pulver gemäss Beispiel 2 wurde eine Menge von 30 Gewichts-% eines legierten Keramikpulvers, bestehend aus 60 Gewichts-% Al_2O_3 und 40 Gewichts-% TiO_2 , zugegeben. Die mittels dieser Pulvermischung erzeugten Schichten sind durch die Einlagerung der Keramikpartikel (Partikelgrösse 5 bis 22 µm) mechanisch verstärkt.

Beispiel 5

[0031] Analog zu Beispiel 4 wurden 30 Gewichts-% eines legierten Keramikpulvers, bestehend aus 80 Gewichts-% Al_2O_3 und 20 Gewichts-% ZrO_2 zugegeben. Die mittels dieser Pulvermischung erzeugten Schichten sind durch die Einlagerung der Keramikpartikel (Partikelgrösse 5 bis 22 µm) mechanisch verstärkt. Dabei wurde derselbe Effekt wie in Beispiel 4 erzielt.

[0032] Fig. 1 zeigt ein Diagramm, aus dem die Verminderung des Reibungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Partikelgrösse des Pulvers und das mechanische Verhalten, namentlich die Haftfestigkeit der Schicht auf AlSi-Substraten, in Abhängigkeit von der Partikelgrösse des Pulvers hervorgeht. Aus dem Diagramm ist einerseits klar ersichtlich, dass sich der Reibungskoeffizient mit zunehmender Grösse der Partikel des Beschichtungspulvers vermindert. Andererseits wird deutlich, dass die Haftfestigkeit der Schicht auf Al-

Si-Substraten abnimmt, wenn die Grösse der Partikel des Beschichtungspulvers zunimmt. Ein guter Kompromiss bezüglich der zu wählenden Partikelgrösse kann im Bereich von 25-30 µm liegen, sodass mit einer in den meisten Fällen ausreichenden Haftfestigkeit der Schicht im Bereich von 45-50 MPa zu rechnen ist, wobei der Reibungskoeffizient, im Vergleich mit Schichten gemäss dem Stand der Technik, um ca. 22-25% geringer ist. Wenn aber in erster Linie eine ausgesprochen hohe Haftfestigkeit der Schicht angestrebt wird und die Verminderung des Reibungskoeffizienten eher von untergeordneter Bedeutung ist, wird man ein Beschichtungspulver mit einer Partikelgrösse von weniger als 25 µm wählen. Andererseits, wenn in erster Linie ein ausgesprochen geringer Reibungskoeffizient angestrebt wird und eine etwas geringere Haftfestigkeit in Kauf genommen werden kann, wird man ein Beschichtungspulver mit einer Partikelgrösse von mehr als 35 µm wählen.

[0033] Fig. 2 zeigt ein Diagramm, aus dem die Verminderung des Reibungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Menge des gebundenen Sauerstoffs in der Schicht und das mechanische Verhalten, namentlich die Haftfestigkeit der Schicht auf AlSi-Substraten, in Abhängigkeit von der Menge des gebundenen Sauerstoffs in der Schicht hervorgeht. Aus dem Diagramm ist einerseits klar ersichtlich, dass sich der Reibungskoeffizient mit zunehmender Menge des gebundenen Sauerstoffs in der Schicht vermindert. Andererseits wird deutlich, dass die Haftfestigkeit der Schicht auf AlSi-Substraten abnimmt, wenn die Menge des gebundenen Sauerstoffs in der Schicht zunimmt. Ein guter Kompromiss bezüglich der anzustrebenden Menge an gebundenem Sauerstoff in der Schicht kann im Bereich von 2-2.5 Gew.-% liegen, sodass mit einer in den meisten Fällen ausreichenden Haftfestigkeit der Schicht im Bereich von 40-50 MPa zu rechnen ist, wobei der Reibungskoeffizient, im Vergleich mit Schichten gemäss dem Stand der Technik, um ca. 20-25% geringer ist. Wenn aber, wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 erläutert, in erster Linie eine ausgesprochen hohe Haftfestigkeit der Schicht angestrebt wird und die Verminderung des Reibungskoeffizienten eher von untergeordneter Bedeutung ist, wird man eine Beschichtung mit einem Anteil an gebundenem Sauerstoff von weniger als 2 Gew.-% anstreben. Andererseits, wenn in erster Linie ein ausgesprochen geringer Reibungskoeffizient angestrebt wird und eine etwas geringere Haftfestigkeit in Kauf genommen werden kann, wird man eine Schicht mit einem Anteil an gebundenem Sauerstoff von mehr als 2.5 Gew.-% wählen.

Patentansprüche

1. Pulver zum Beschichten eines Substrats, insbesondere zum Beschichten von Zylinderbohrungen von Motorblöcken aus Aluminium- oder Magnesium-Legierungen oder aus Gusseisen, oder zum Be-

schichten von Gusseisenbüchsen, welches Pulver folgende Zusammensetzung aufweist:

C = 0.4 bis 1.5 Gewichts-%

Cr = 0.2 bis 2.5 Gewichts-%

Mn = 0.2 bis 3 Gewichts-%

Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%

2. Pulver zum Beschichten eines Substrats, insbesondere zum Beschichten von Zylinderbohrungen von Motorblöcken aus Aluminium- oder Magnesium-Legierungen oder aus Gusseisen, oder zum Beschichten von Gusseisenbüchsen, welches Pulver folgende Zusammensetzung aufweist:

C = 0.1 bis 0.8 Gewichts-%

Cr = 11 bis 18 Gewichts-%

Mn = 0.1 bis 1.5 Gewichts-%

Mo = 0.1 bis 5 Gewichts-%

Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%

3. Pulver nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Pulver zusätzlich enthält:

S = 0.01 bis 0.2 Gewichts-%

P = 0.01 bis 0.1 Gewichts-%

4. Durch Plasmaspritzen aufgebrachte eisenhaltige Schicht für Zylinderlaufflächen von Motorblöcken, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an gebundenem Sauerstoff in der Schicht 1 bis 4 Gewichts-% beträgt.

5. Schicht nach Anspruch 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** der gebundene Sauerstoff mit Eisen FeO- und Fe₃O₄-Kristalle bildet.

6. Schicht nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Fe₂O₃ weniger als 0,2 Gewichts-% beträgt.

7. Schicht nach einem der Ansprüche 4 bis 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat für die aufzutragende Schicht der aus einer Aluminium- oder Magnesiumlegierung oder aus Gusseisen bestehende Motorblock selbst ist.

8. Schicht nach einem der Ansprüche 4 bis 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat für die aufzutragende Schicht eine in einen Motorblock aus ei-

ner Aluminium- oder Magnesiumlegierung eingesetzte Büchse aus Gusseisen ist.

9. Schicht nach Anspruch 7 oder 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gusseisen mit Lamellen- oder Vermikulargraphit versetzt ist.

10. Verfahren zur Herstellung von Schichten nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Plasmaspritzens eine Luftmenge von 200 bis 1000 NLPM zugegeben wird.

11. Verfahren zur Herstellung von Schichten nach einem der Ansprüche 4 bis 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Plasmaspritzens eine Gasmenge mit 40 bis 200 NLPM Sauerstoff zugegeben wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Plasmaspritzens reiner Sauerstoff zugegeben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit der Gasströmung innerhalb der zu beschichtenden Zylinderbohrung bzw. Büchse während des Beschichtens 7 bis 12 m/s beträgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13 **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Beschichtung ein gasverdüstes Pulver folgender chemischen Zusammensetzung eingesetzt wird:

C = 0,4 bis 1,5 Gewichts-%

Cr = 0,2 bis 2,5 Gewichts-%

Mn = 0,2 bis 3 Gewichts-%

Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 - 13 **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Beschichtung ein gasverdüstes Pulver folgender chemischen Zusammensetzung eingesetzt wird:

C = 0,1 bis 0,8 Gewichts-%

Cr = 11 bis 18 Gewichts-%

Mn = 0,1 bis 1,5 Gewichts-%

Mo = 0,1 bis 5 Gewichts-%

Fe = Differenz auf 100 Gewichts-%.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pulver zusätzlich enthält:

S = 0,01 bis 0,2 Gewichts-%

P = 0,01 bis 0,1 Gewichts-%.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen von FeO und Fe₃O₄ durch Auswahl der Partikelgrös-

senverteilung beeinflusst wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikelgrösse des Pulvers im Bereich von 5 bis 25 μm liegt. 5
19. Verfahren nach Anspruch 17 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikelgrösse des Pulvers im Bereich von 10 bis 45 μm liegt. 10
20. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikelgrösse des Pulvers im Bereich von 15 bis 60 μm liegt.
21. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein durch Gasverdüsung mit Argon oder Stickstoff erhaltenes Pulver eingesetzt wird. 15
22. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein durch Zugabe einer tribologischen Oxydkeramik modifiziertes Pulver eingesetzt wird. 20
23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Oxydkeramik, welche aus TiO_2 oder aus $\text{Al}_2\text{O}_3\text{TiO}_2$ - und/oder $\text{Al}_2\text{O}_3\text{ZrO}_2$ -Legierungssystemen besteht, eingesetzt wird. 25
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil an Oxydkeramik im eingesetzten Pulver 5 bis 50 Gewichts-% beträgt. 30

35

40

45

50

55

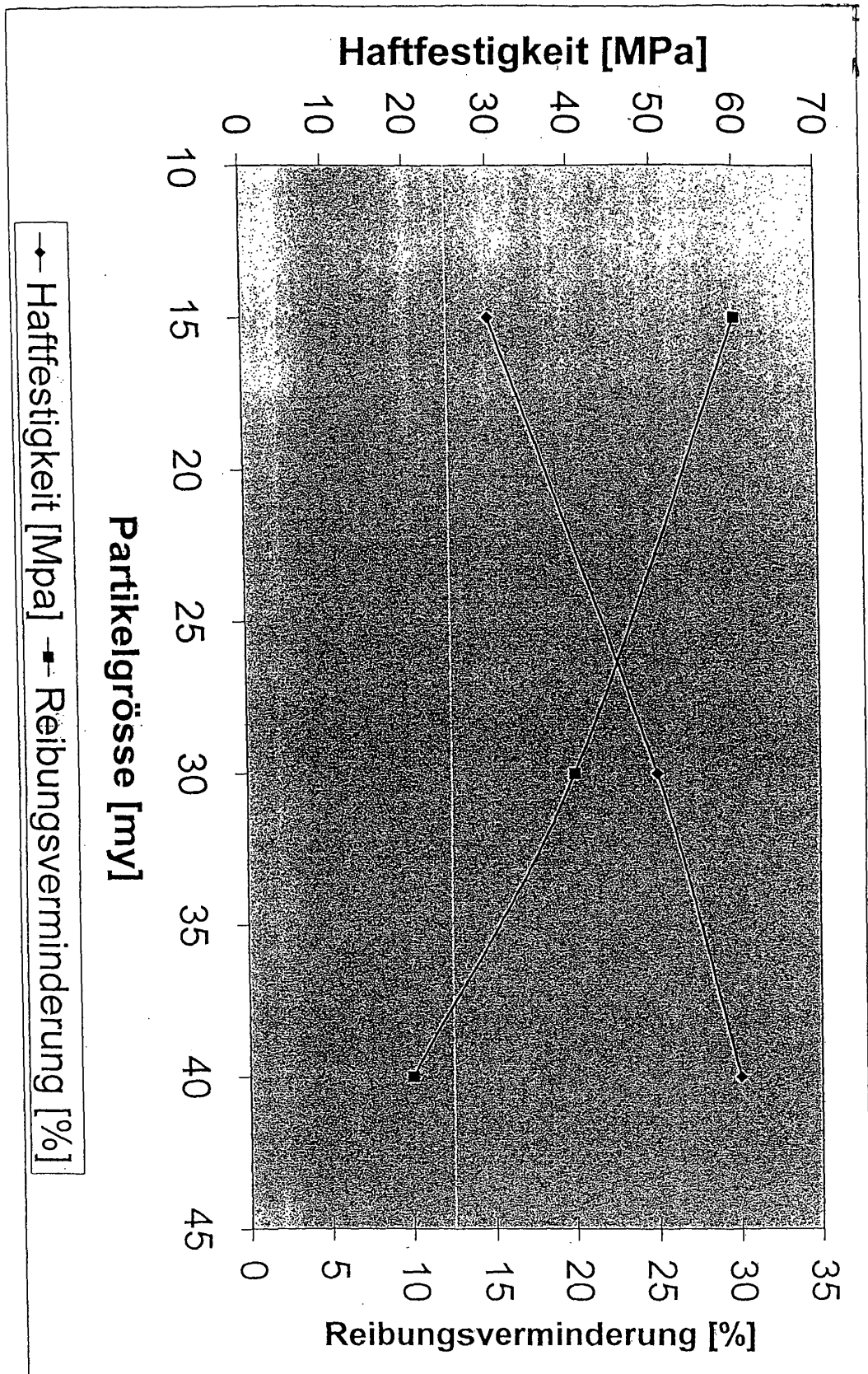


Fig. 1

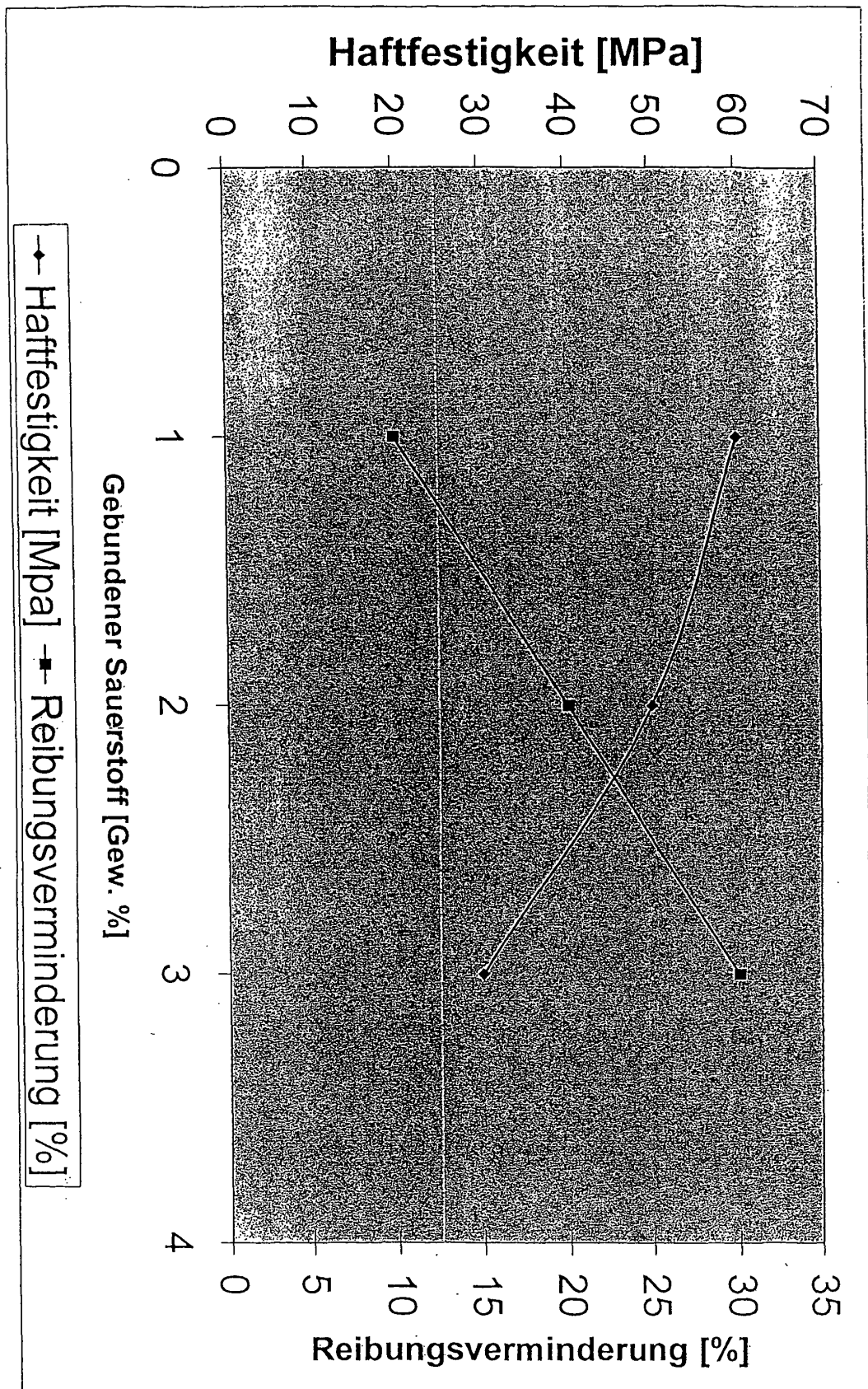


Fig. 2