

(19)



(11)

EP 2 370 704 B9

(12)

KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(15) Korrekturinformation:

**Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)
Korrekturen, siehe
Beschreibung Abschnitt(e) 49, 57**

(51) Int Cl.:

F16C 33/20^(2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2009/067959

(48) Corrigendum ausgegeben am:

17.06.2015 Patentblatt 2015/25

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2010/076306 (08.07.2010 Gazette 2010/27)

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

25.03.2015 Patentblatt 2015/13

(21) Anmeldenummer: **09801985.4**

(22) Anmeldetag: **28.12.2009**

(54) **GLEITELEMENT**

SLIDING ELEMENT

ÉLÉMENT DE GLISSEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(72) Erfinder:

- **ADAM, Achim**
64569 Nauheim (DE)
- **SCHLÜTER, Joachim**
65187 Wiesbaden (DE)

(30) Priorität: **30.12.2008 DE 102008055194**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

05.10.2011 Patentblatt 2011/40

(74) Vertreter: **Mehler Achler**

**Patentanwälte
Bahnhofstraße 67
65185 Wiesbaden (DE)**

(60) Teilanmeldung:

14193013.1 / 2 853 760

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 0 984 182 EP-A2- 0 024 291
EP-A2- 0 938 970 EP-A2- 1 892 429
DE-A1-102005 009 552 JP-A- 2005 201 289**

(73) Patentinhaber: **Federal-Mogul Wiesbaden GmbH**
65201 Wiesbaden (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 370 704 B9

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gleitelement für mediengeschmierte Anwendungen mit einem Substrat und mit mindestens einer auf dem Substrat aufgetragenen Schicht aus einem Gleitschichtmaterial. Die Erfindung bezieht sich auch auf bevorzugte Verwendungen solcher Gleitelemente.

[0002] Gleitelemente als Gleitlagerelemente in Motoren bestehen meist aus mehrschichtigen Materialien mit speziell modifizierten Oberflächen, die die Gleiteigenschaften optimieren. In der Regel handelt es sich bei den Oberflächen von Gleitlagerelementen um metallische Schichten, etwa auf der Basis von Blei, Zinn oder Aluminium, die durch galvanische Prozesse, Bedampfung oder durch mechanische Plattierung aufgebracht werden.

[0003] Außerdem sind nicht-metallische Gleitschichten bekannt, die eine Kunstharzbasis aufweisen, die hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Belastbarkeit und Verschleißfestigkeit modifiziert sind.

[0004] Obwohl die bekannten Beschichtungen eine relativ hohe Belastbarkeit aufweisen, so ist diese Belastbarkeit jedoch scharf begrenzt, so dass bei Überschreitung der Belastbarkeitsgrenze es zu einem schnellen Ausfall der Gleitfunktion kommt. Das hiermit verbundene Freilegen des Substratmaterials, das über keine ausreichenden Notlaufeigenschaften verfügt, verursacht dann das Totalversagen des Gleitlagerelementes durch Fressen.

[0005] Gleitlagerbeschichtungen auf Kunstharzbasis werden seit vielen Jahren als Hilfsmittel zur Verringerung der Reibung in mechanischen Konstruktionen eingesetzt. In der Regel werden Metall-, Kunststoff- und Gummiteile beschichtet, die ohne weitere Schmierung dauerhaft leicht beweglich sein müssen. In den typischen Anwendungen sind die Belastungen eher gering und die Randbedingungen, wie Temperatur der Medien, sind unkritisch. Aus verschiedenen Patentanmeldungen, insbesondere aus der EP 0 984 182 A1 ist es bekannt, dass auch Anwendungen im Motor, d. h. z. B. Kurbelwellenlagerungen mit solchen Gleitlagerelementen möglich sind. In dieser Schrift wird auch ein Overlay mit einer Matrix aus PI, PAI, Epoxidharz oder einem Phenolharz beschrieben, in die zur Verschleißminderung u. a. Fe_2O_3 zugesetzt werden kann.

[0006] Die DE 196 14 105 A1 offenbart eine verschleiß- und kavitationsbeständige Kunststoffgleitschicht, die aus einem Matrixmaterial aus PTFE oder thermoplastischen Fluorpolymeren Fe_2O_3 und Festschmiermittel besteht. Dieses Material wird für Lager z. B. als Führungselement bei Stoßdämpfern verwendet, und ist aufgrund seines Aufbaus und der weichen Fluorpolymer-Matrix nur für niedrige Gleitgeschwindigkeiten und niedrige Belastungen geeignet.

[0007] Aus der EP 1 775 487 A2 ist ein Gleitlagerelement bekannt, das ein metallisches Trägermaterial, eine darauf aufgetragene Aluminiumlegierung und eine Kunststoffgleitschicht aufweist. Um die Bindungsfestigkeit und Kavitationsbeständigkeit der Kunststoffgleitschicht zu verbessern, wird ein Material vorgeschlagen, das ein Bindemittel aus PI, PAI, PBI, EP und FP sowie einen Festschmierstoff, wie MoS_2 , Graphit, PTFE und BN aufweist.

[0008] Die JP 2005 201289 A beschreibt die Herstellung einer Trockenschmiermittelschicht auf der Basis eines Duroplasten, der Fe_2O_3 enthalten kann, unter Zuhilfenahme eines Silikon-Zusatzes.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Gleitelement anzugeben, das bei einer verbesserten Verschleißbeständigkeit eine höhere Spitzenbelastbarkeit aufweist und bei hohen Betriebstemperaturen und Gleitgeschwindigkeiten, wie z. B. an den beweglichen Teilen innerhalb von Verbrennungsmotoren einsetzbar ist.

[0010] Diese Aufgabe wird mit einem Gleitelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Das Substrat weist eine Rauheit R_z von 1 bis 10 μm , insbesondere von 3 bis 8 μm , auf. Unter R_z wird die mittlere Rautiefe nach DIN EN ISO 4287:1998 verstanden.

[0012] Die Rauheit verbessert die Haftung und führt dazu, dass bei Verschleiß zunächst nur die Spitzen, d. h. sehr geringe Oberflächenanteile des Substrats freigelegt werden, was die Tragfähigkeit erhöht, ohne gleich die Fressanfälligkeit größerer freigelegter Bereiche aufzuweisen.

[0013] Die benötigten Rauheiten können durch mechanische Verfahren wie Sandstrahlen oder Schleifen, jedoch auch chemisch durch Phosphatieren oder Anätzen erzeugt werden.

[0014] Das Gleitschichtmaterial besteht aus einem, mindestens ein vernetzbares Bindemittel oder mindestens ein hochschmelzendes Thermoplastmaterial aufweisenden Gleitlack oder aus einem Material, das eine Matrix aus mindestens einem hochschmelzenden Thermoplastmaterial oder mindestens einem Duroplastmaterial aufweist. Außerdem weist das Gleitschichtmaterial Fe_2O_3 auf.

[0015] Hierbei ist es bevorzugt, dass das Gleitschichtmaterial als Eisenoxid ausschließlich Fe_2O_3 aufweist.

[0016] Unter Gleitlack wird ein flüssiger oder pulverförmiger Beschichtungsstoff verstanden, der Zusätze zur Verbesserung der Gleitfähigkeit der Oberfläche enthält, der dünn auf ein Substrat aufgetragen wird und der durch chemische oder physikalische Vorgänge, wie z. B. Verdampfen des Lösemittels oder Aushärten mittels UV-Strahlung, zu einem durchgehend dünnen Film ausgebildet wird.

[0017] Das vernetzbare Bindemittel des Gleitlackes besteht vorzugsweise aus PAI (Polyamidimid), PI (Polyimid), Epoxidharz, PBI (Polybenzimidazol) und/oder Silikonharz besteht. Diese Polymere zeichnen sich durch eine hohe Temperaturbeständigkeit und hervorragende Medienbeständigkeit aus.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Bindemittel ein mittels UV-Strahlung aushärtendes Bindemittel sein. Derartige Bindemittel sind vorzugsweise ungesättigte Polyesterharze und/oder Silikone.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Gleitlack mindestens ein hochschmelzendes Thermoplastmaterial aufweisen.

[0020] Gemäß einer zweiten Alternative wird ein Material beansprucht, das eine Matrix aus mindestens einem hochschmelzenden Thermoplastmaterial oder mindestens einem Duroplastmaterial enthält.

5 **[0021]** Unter hochschmelzenden Thermoplastmaterialien werden solche verstanden, deren Schmelzpunkt oberhalb von 230°C liegt.

[0022] Als bevorzugte hochschmelzende Thermoplaste können vorzugsweise Polyarylate, PEEK (Polyetheretherketon) und/oder PES (Polyethersulfon) eingesetzt werden.

10 **[0023]** Bevorzugte Duroplastmaterialien sind PAI (Polyamidimid), PI (Polyimid), Epoxidharz, PBI (Polybenzimidazol) und/oder Silikonharz.

[0024] Es hat sich gezeigt, dass die beanspruchten Materialien in der Kombination mit Fe_2O_3 eine deutlich bessere Spitzenbelastbarkeit aufweisen als Gleitschichtmaterialien, die kein Eisenoxid oder gegebenenfalls andere Eisenoxide aufweisen. Es werden bis zu 20 % bessere Belastbarkeitswerte erzielt.

15 **[0025]** Es wird vermutet, dass durch die Kombination des Fe_2O_3 mit den Bindemitteln bzw. den Matrixmaterialien gemäß der beiden Alternativen die Wirksamkeit des Schmierfilms verbessert wird, wodurch der Anstieg der Verschleißrate mit der spezifischen Lagerbelastung verringert wird. Hierdurch steigt die Belastungsgrenze an, was wiederum die Betriebssicherheit der Lager bei Belastung unterhalb der Belastungsgrenze signifikant erhöht.

[0026] Diese Effekte zeigen sich bei Anteilen von 0,1 bis 15 Vol.-% Fe_2O_3 . Bei kleineren Anteilen ist keine Verbesserung bezüglich der Belastbarkeit feststellbar. Größere Anteile hingegen führen zu einer Schwächung des Matrixmaterials bzw. des vernetzbaren Bindemittels des Gleitlacks.

20 **[0027]** Der Anteil des Fe_2O_3 bezogen auf das gesamte Gleitschichtmaterial beträgt vorzugsweise 0,5 bis 8 Vol.-%.

[0028] Es konnte gezeigt werden, dass die Spitzenbelastbarkeit an Kurbelwellenlagern bereits bis zu 120 MPa gesteigert werden kann. Diese Spitzenbelastbarkeitswerte liegen auch deutlich über denen, die mit den Materialkombinationen gemäß der EP 0 984 182 A1. Die erfindungsgemäßen Werte werden ansonsten nur von aluminiumbasierten Sputterschichten erreicht.

[0029] Es hat sich gezeigt, dass auch die Partikelgröße des Fe_2O_3 von Bedeutung ist. Fe_2O_3 mit einer mittleren Partikelgröße von 0,01 bis 5 μm ist bevorzugt. Besonders vorteilhaft sind Pulver mit einem d_{50} von 0,1 bis 0,5 μm . d_{50} bezeichnet den Median der Korngrößen der Partikel, wobei 50 % der Partikel feiner und 50 % der Partikel größer als der jeweils angegebene Wert sind.

30 **[0030]** Der Festschmierstoffanteil des Gleitschichtmaterials liegt bei einem Anteil von mindestens 15 Vol.-%.

[0031] Als Festschmierstoffe kommen Metallsulfide mit Schichtstruktur, Graphit, hexagonales Bornitrid (hBN) und/oder PTFE in Frage. Weiterhin kann das Gleitschichtmaterial Hartstoffe mit einem Anteil von bis zu 5 Vol.-%, insbesondere mit einem Anteil von 3 bis 5 Vol.-% enthalten.

35 **[0032]** Die Hartstoffe sind vorzugsweise Nitride, Carbide, Boride, Oxide und/oder Metallpulver, wobei die Hartstoffe SiC , Si_3N_4 , B_4C , kubisches BN, TiO_2 oder SiO_2 und Metallpulver aus Ag, Pb, Au, Sn, Bi und/oder Cu bevorzugt sind.

[0033] Eine besondere Ausführungsform sind Mehrschichtsysteme aus Fe_2O_3 -haltigen Gleitschichten, wobei diese Mehrschichtsysteme so gestaltet sein können, dass eine obere Schicht als Einlaufschicht, z. B. durch den Zusatz von Hartpartikeln zur Konditionierung der Welle, und die darunterliegende Schicht als Lebensdauerschicht fungiert.

40 **[0034]** Ein Mehrschichtsystem kann auch so aufgebaut sein, dass unter der Lebensdauerschicht eine zusätzliche Gleitlackschicht aufgebracht ist, die die Betriebssicherheit der Lager dadurch weiter erhöht, dass sie insbesondere bezüglich ihrer Verschleißfestigkeit optimiert ist und so ein vollständiges Durchlaufen auf das Lagermetall hinauszögert.

[0035] Eine zusätzliche Schicht zwischen Substrat und Gleitschichtmaterial kann auch bezüglich der Haftung zum Substrat optimiert sein und wie eine Grundierung den Zweck haben, die Anbindung der Gleitlackschicht bzw. der Schicht mit einer Matrix aus hochschmelzenden Thermoplasten und Duroplasten zu verbessern. Dies kann z. B. durch eine geringe oder gar nicht additierte, wenige Mikrometer dicke Schicht aus dem Matrixmaterial erreicht werden.

45 **[0036]** Mehrschichtsysteme lassen sich als diskrete Lagen von Schichten und auch als Gradientenschichten realisieren, bei denen die Schichteigenschaften sich kontinuierlich ändern über die Dicke.

[0037] Vorzugsweise sind zwei Schichten aus Gleitschichtmaterial auf dem Substrat aufgebracht.

[0038] Vorzugsweise ist der Fe_2O_3 -Gehalt in der unteren Schicht höher als in der oberen Schicht.

50 **[0039]** Vorzugsweise werden zwei Schichten auf dem Substrat aufgebracht, wobei eine Schicht aus Gleitschichtmaterial mit Fe_2O_3 und eine Schicht aus Gleitschichtmaterial ohne Fe_2O_3 besteht. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass die geometrische Anpassung beschleunigt ist, da die obere Schicht dann schneller verschleißt und so die maximale Belastungsfähigkeit schneller hergestellt wird. Weiterer Verschleiß wird dann durch den Fe_2O_3 -Gehalt der unteren Schicht verringert.

55 **[0040]** Eine weitere Ausführungsform eines Mehrschichtsystems sieht vor, dass nur die untere Schicht das Fe_2O_3 enthält, während alle darüber liegenden Schichten kein Fe_2O_3 aufweisen.

[0041] Wenn mehr als zwei Schichten aus Gleitschichtmaterial auf dem Substrat aufgebracht werden, ist es von Vorteil, wenn der Fe_2O_3 -Anteil von der untersten bis zur obersten Schicht abnimmt. Ein geringer oder kein Fe_2O_3 -Anteil

in der obersten Schicht hat den Vorteil, dass die geometrische Anpassung beschleunigt ist, da die obere Schicht dann schneller verschleißt und so die maximale Belastungsfähigkeit schneller hergestellt wird. Weiterer Verschleiß wird dann durch den Fe_2O_3 -Gehalt der unteren Schicht verringert.

[0042] Es ist auch vorgesehen, dass der Fe_2O_3 -Anteil innerhalb einer Schicht kontinuierlich von unten nach oben abnimmt.

[0043] Das Substrat kann aus einer oder auch aus mehreren Schichten bestehen.

[0044] Vorzugsweise weist das Substrat mindestens eine Schicht aus einer Aluminium- oder einer Kupferlegierung auf. Folgende Legierungen sind ebenfalls als Substratmaterial geeignet: Ni-, Sn-, Zn-, Ag-, Au-, Bi- und Fe-Legierungen. Sämtliche Legierungen können sowohl als Lagermetallschicht als auch als dünne Deckschicht eingesetzt werden, wobei die Gleitschicht je nach Zusammensetzung als zusätzliche Einlaufschicht zur Anpassung oder Konditionierung des Wellenmaterials oder als eigenständige Gleitschicht mit hoher Lebensdauer ausgebildet sein kann.

[0045] Besonders bevorzugt ist der Einsatz der erfindungsgemäßen Schicht/Schichten als Gleitschicht/Gleitschichten auf CuSn-, CuNiSi-, CuZn-, CuSnZn-, AlSn-, AlSi-, AlSnSi-Lagermetalllegierungen.

[0046] Die Gleitschichten können mit oder ohne Zwischenschicht aufgebracht sein. Als Zwischenschichten kommen Nickel, Silber, Kupfer und/oder Eisen in Frage.

[0047] Die Dicke der Schicht oder der Schichten im Fall eines Mehrschichtsystems liegt im Bereich von 1 bis 40 μm .

[0048] Das Gleitlagerelement kann eine Lagerschale mit einem Durchmesser von bis zu 100 mm sein. In diesem Fall liegt die Dicke der Schicht oder der Schichten bei 5 bis 15 μm .

[0049] Wenn das Gleitlagerelement eine Lagerschale mit einem Durchmesser > 100 mm ist, sind Dicken der Schicht oder der Schichten von > 15 μm bis 40 μm bevorzugt.

[0050] Das Substrat kann eine herkömmliche Gleitschicht umfassen, auf der das Gleitschichtmaterial aufgebracht ist.

[0051] Grundsätzlich sind zwei Ausführungsformen möglich. In der ersten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße Gleitschicht direkt auf einer Lagermetallschicht aufgebracht. Die zweite Ausführungsform besteht in der Beschichtung eines Substrats, das aus einem Lagermetall mit einer bereits vorliegenden metallischen Gleitschicht, die vorzugsweise durch Sputtern oder galvanische Abscheidung aufgebracht wird, besteht.

[0052] Vorzugsweise umfasst das Substrat eine Zwischenschicht, auf der das Gleitschichtmaterial aufgebracht ist. Die Zwischenschicht kann Nickel, Silber, Kupfer und/oder Eisen umfassen.

[0053] Bevorzugte Verwendungen sind mediengeschmierte Anwendungen.

[0054] Es ist bevorzugt, die Gleitelemente als Gleitlager in Verbrennungsmotoren einzusetzen.

[0055] Da die Gleitelemente sich durch eine hohe Spitzenbelastung auszeichnen, ist insbesondere die Verwendung der Gleitelemente als Gleitlager von Kurbelwellen vorgesehen. Weitere bevorzugte Verwendungen sind Gleitelemente als Kolbenhemden und als Kolbenringe, wobei insbesondere die Ringflanken den erfindungsgemäßen Schichtaufbau aufweisen, um zu verhindern, dass es zu Mikroverschweißungen mit der Kolbennutoberfläche kommt.

[0056] Im Folgenden sind einige Beispiele mit Versuchsergebnissen aufgeführt.

[0057] Die Tabelle 1 enthält nur Kupferlegierungs-Substrate und die Tabelle 2 Aluminiumsubstrate und Ausführungsbeispiele für Zweifachschichten.

Tabelle 1 (Angaben in Vol.-%)

Nr.	Substrat	Zwi-schenschicht	Bindemittel	Fest-schmierstoff	Hartstoff	Menge Fe ₂ O ₃	Max UW Belastung in MPa
1	CuNi2Si		PAI	25% hBN	5% SiC	5%	100
R1	CuNi2Si		PAI	30% hBN	5% SiC		90
2	CuNi2Si		PAI	15% MoS ₂		5%	110
R2	CuNi2Si		PAI	20% MoS ₂			100
2	CuNi2Si		PAI	15% WS ₂		8%	110
R2	CuNi2Si		PAI	23% WS ₂			95
3	CuNi2Si		PAI	15% Graphit		5%	90
R3	CuNi2Si		PAI	15% Graphit			85
3	CuNi2Si		PAI	10% Graphit, 10%PTFE		5%	85
R3	CuNi2Si		PAI	10% Graphit, 10%PTFE			80
4	CuNi2Si		PEEK	10% MoS ₂ , 10% hBN		3%	100
R4	CuNi2Si		PEEK	13% MoS ₂ , 10% hBN			90
5	CuSn8Ni	Ni	PAI	15% MoS ₂		5%	110
R5	CuSn8Ni	Ni	PAI	20% MoS ₂			100
6	CuSn8Ni		PAI	30% MoS ₂		10%	100
R6	CuSn8Ni		PAI	40% MoS ₂			95
7	CuSn8Ni		PAI	15% MoS ₂ , 5% hBN		5%	120
R7	CuSn8Ni		PAI	15% MoS ₂ , 10% hBN			100
8	CuSn8Ni		PAI	15% MoS ₂	5% Si ₃ N ₄	5%	95
R8	CuSn8Ni		PAI	20% MoS ₂	5% Si ₃ N ₄		85

(fortgesetzt)

Nr.	Substrat	Zwi-schenschicht	Bindemittel	Fest-schmierstoff	Hartstoff	Menge Fe ₂ O ₃	Max UW Belastung in MPa
9	CuSn8Ni	Ag	PAI	30% MoS ₂		10%	115
R9	CuSn8Ni	Ag	PAI	40% MoS ₂			105
10	CuSn8Ni		PES	15% MoS ₂		3%	105
R10	CuSn8Ni		PES	18% MoS ₂			90
11	CuSn10Bi3		PAI	15% MoS ₂		5%	100
12	CuSn10Bi3		EP	15% hBN		5%	90
R12	CuSn10Bi3		EP	20% hBN			80
13	CuSn10Bi3		Silikonharz	10% MoS ₂ , 10% hBN		3%	90
R13	CuSn10Bi3		Silikonharz	13% MoS ₂ , 10% hBN			80
14	CuPb23Sn	Ni	PAI	15% MoS ₂		5%	105
15	CuPb23Sn		PAI	15% MoS ₂ , 5% hBN		5%	110
16	CuPb23Sn		EP	15% hBN	3% TiO ₂	5%	100

Tabelle 2 (Angaben in Vol.-%)

		1.Schicht	2.Schicht				
Nr.	Substrat		Bindemittel	Festschmierstoff	Hartstoff	Menge Fe ₂ O ₃	Max UW Belastung in MPa
17	AlSn10Ni2MnCu		PAI	15% MoS ₂ , 5% hBN		5%	85
18	AlSn10Ni2MnCu		PES	15% MoS ₂		3%	85
19	AlNi2MnCu		PAI	15% WS ₂	5% SiC	8%	95
20	AlNi2MnCu		EP	15% hBN		5%	95
21	AlSn6Si4CuMnCr		PAI	10% Graphit 10% PTFE	3% B ₄ C	5%	80
22	AlSn6Si4CuMnCr		PEEK	10% MoS ₂ 10% hBN		3%	85
23	CuNi2Si	PAI, 10% hBN 5% Fe ₂ O ₃	PAI	15% MoS ₂ 15% hBN			115
24	CuNi2Si	PAI 10% hBN 5% Fe ₂ O ₃	PAI	15% MoS ₂	5% SiC	3%	105
25	CuNi2Si	PAI 10% hBN 10% Fe ₂ O ₃	PAI	15% MoS ₂		3%	110

[0058] Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit wurden Underwood (UW)-Tests durchgeführt. Hierbei rotiert eine Welle mit Exzentergewichten in starr montierten Pleuelstangen. Die Lagerung in den Pleuelstangen wird durch die Prüflager gebildet. Die Prüflager haben eine Wanddicke von 1,4 mm und einen Durchmesser von 50 mm. Die spezifische Belastung wird über die Lagerbreite eingestellt, die Drehzahl beträgt 4000 U/m. Bewertungskriterien sind Gleitschichtermüdung und Verschleiß nach 100h Dauerlauf. Angegeben ist die Grenzbelastung in MPa, bei der auf maximal 5% der Gleitfläche die Schicht bis zum Substrat verschlissen ist oder Ermüdung vorliegt.

[0059] Um die Wirkung des Fe_2O_3 zu belegen, sind in Tabelle 1 jeweils mit einem R bezeichnete Referenzversuche aufgeführt. Die Versuche zeigen, dass durch den Zusatz von Fe_2O_3 eine Steigerung der Belastbarkeit um bis zu 20% möglich ist.

[0060] Bei den Aluminiumsubstraten, Beispiele 17-22, ist jeweils die Ermüdungsfestigkeit des Substrats der limitierende Faktor, jedoch wird auch hier aufgrund einer verbesserten Anpassungsfähigkeit durch das erfindungsgemäße Gleitschichtmaterial eine Verbesserung erzielt. Hauptzweck des erfindungsgemäßen Gleitschichtmaterials ist es jedoch, hierbei die Gleiteigenschaften zu optimieren, wenn in der Legierung nur ein geringer Anteil der Weichphase enthalten ist.

[0061] Die Doppelschicht in Beispiel 23 ist so ausgelegt, dass eine erhöhte Anpassungsfähigkeit durch den geringeren Bindemittel- und höheren Festschmierstoffanteil in der oberen Schicht vorliegt.

[0062] Beispiel 24 ist eine Schichtauslegung für Wellen mit schlechten Oberflächen wie Kugelgrauguss, die durch die Hartstoffe zusätzlich poliert werden.

[0063] In Beispiel 25 steigt die Konzentration des Fe_2O_3 in der unteren Schicht an und erhöht die Verschleißfestigkeit, wobei die obere Schicht vorzugsweise als Anpassungsschicht ausgelegt ist.

Patentansprüche

1. Gleitlagerelement für mediengeschmierte Anwendungen mit einem Substrat und mit mindestens einer auf dem Substrat aufgetragenen Schicht aus einem Gleitschichtmaterial, wobei das Gleitschichtmaterial aus einem, mindestens ein vernetzbares Bindemittel oder mindestens ein hochschmelzendes Thermoplastmaterial aufweisenden Gleitlack besteht, und das Gleitschichtmaterial Fe_2O_3 enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat eine Rauheit R_z von 1 bis 10 μm aufweist und dass das Gleitschichtmaterial Festschmierstoffe mit einem Anteil von mindestens 15 Vol.-% enthält.
2. Gleitelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vernetzbare Bindemittel des Gleitlackes aus PAI, PI, Epoxyharz, PBI, und/oder Silikonharz besteht.
3. Gleitelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bindemittel ein mittels UV-Strahlung aushärtendes Bindemittel ist.
4. Gleitelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hochschmelzende Thermoplastmaterial aus Polyarylat, PEEK und/oder PES besteht.
5. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anteil des Fe_2O_3 bezogen auf das gesamte Gleitschichtmaterial 0,1 bis 15 Vol.-% beträgt.
6. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gleitschichtmaterial Hartstoffe mit einem Anteil von bis zu 5 Vol.-% enthält.
7. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Schichten aus Gleitschichtmaterial auf dem Substrat aufgebracht sind.
8. Gleitelement nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fe_2O_3 -Gehalt in der unteren Schicht höher ist als in der oberen Schicht.
9. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Schichten auf dem Substrat aufgebracht sind, wobei eine Schicht aus Gleitschichtmaterial mit Fe_2O_3 und eine Schicht aus Gleitschichtmaterial ohne Fe_2O_3 besteht.
10. Gleitelement nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die untere Schicht das Fe_2O_3 enthält.

11. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehr als zwei Schichten aus Gleitschichtmaterial auf dem Substrat aufgebracht sind und **dass** der Fe_2O_3 -Anteil von der untersten bis zur obersten Schicht abnimmt.
12. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fe_2O_3 -Anteil innerhalb der Schicht kontinuierlich von unten nach oben abnimmt.
13. Gleitelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat mindestens eine Schicht aus einer Al- oder einer Cu-Legierung aufweist.
14. Verwendung des Gleitelementes nach Anspruch 1 für mediengeschmierte Anwendungen.
15. Verwendung des Gleitelements nach Anspruch 1 als Gleitlager in Verbrennungsmotoren oder als Gleitlager von Kurbelwellen oder als Kolbenring oder als Kolbenhemd.

Claims

1. Plain bearing element for media-lubricated applications having a substrate and having at least one layer which is applied to the substrate and which comprises a sliding layer material, the sliding layer material comprising a sliding lacquer which has at least one cross-linkable binding agent or at least one high-melting thermoplastic material, and the sliding layer material containing Fe_2O_3 , **characterised in that** the substrate has a roughness R_z of from 1 to 10 μm and **in that** the sliding layer material contains solid lubricants at a proportion of at least 15% by volume.
2. Sliding element according to claim 1, **characterised in that** the cross-linkable binding agent of the sliding lacquer comprises PAI, PI, epoxy resin, PBI and/or silicone resin.
3. Sliding element according to claim 1, **characterised in that** the binding agent is a binding agent which hardens by means of UV radiation.
4. Sliding element according to claim 1, **characterised in that** the high-melting thermoplastic material comprises polyarylate, PEEK and/or PES.
5. Sliding element according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the proportion of Fe_2O_3 with respect to the entire sliding layer material is from 0.1 to 15% by volume.
6. Sliding element according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the sliding layer material contains hardeners at a proportion of up to 5% by volume.
7. Sliding element according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** two layers of sliding layer material are applied to the substrate.
8. Sliding element according to claim 7, **characterised in that** the Fe_2O_3 content in the lower layer is higher than in the upper layer.
9. Sliding element according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** two layers are applied to the substrate, one layer comprising sliding layer material with Fe_2O_3 and one layer comprising sliding layer material without any Fe_2O_3 .
10. Sliding element according to claim 9, **characterised in that** the lower layer contains the Fe_2O_3 .
11. Sliding element according to any one of claims 1 to 10, **characterised in that** more than two layers of sliding layer material are applied to the substrate, and the Fe_2O_3 proportion decreases from the lowest layer to the uppermost layer.
12. Sliding element according to any one of claims 1 to 11, **characterised in that** the Fe_2O_3 proportion within the layer

continuously decreases from the top to the bottom.

13. Sliding element according to any one of claims 1 to 12,
characterised in that the substrate has at least one layer of an Al or Cu alloy.
14. Use of the sliding element according to claim 1 for media-lubricated applications.
15. Use of the sliding element according to claim 1 as a plain bearing in internal combustion engines or as a sliding bearing for crankshafts or as a piston ring or as a piston skirt.

Revendications

1. Élément formant palier de glissement conçu pour des applications à lubrification par fluides, comprenant un substrat et au moins une couche déposée sur ledit substrat et constituée d'un matériau formant couche de glissement, le matériau de la couche de glissement consistant en un vernis de glissement, présentant au moins un liant réticulable ou au moins une matière thermoplastique à point de fusion élevé, et ledit matériau de la couche de glissement renfermant du Fe_2O_3 ,
caractérisé par le fait que le substrat présente une rugosité R_z de 1 à 10 μm ; et
que le matériau de la couche de glissement renferme des lubrifiants solides selon une proportion d'au moins 15 % en volume.
2. Élément de glissement selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** le liant réticulable du vernis de glissement consiste en du PAI, en du PI, en une résine époxy, en du PBI et/ou en une résine de silicone.
3. Élément de glissement selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** le liant est un liant apte au durcissement sous l'action d'un rayonnement UV.
4. Élément de glissement selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** la matière thermoplastique à point de fusion élevé consiste en un polyacrylate, en du PEEK et/ou en du PES.
5. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé par le fait que** la proportion du Fe_2O_3 représente de 0,1 à 15 % en volume, rapportée à l'ensemble du matériau de la couche de glissement.
6. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé par le fait que** le matériau de la couche de glissement renferme des substances dures selon une proportion atteignant jusqu'à 5 % en volume.
7. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé par le fait que** deux couches, constituées de matériau formant couche de glissement, sont déposées sur le substrat.
8. Élément de glissement selon la revendication 7, **caractérisé par le fait que** la teneur en Fe_2O_3 est plus élevée dans la couche inférieure que dans la couche supérieure.
9. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé par le fait que** deux couches sont déposées sur le substrat, une couche étant constituée d'un matériau formant couche de glissement qui contient du Fe_2O_3 , et une couche étant constituée d'un matériau formant couche de glissement qui est exempt de Fe_2O_3 .
10. Élément de glissement selon la revendication 9, **caractérisé par le fait que** la couche inférieure renferme le Fe_2O_3 .
11. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé par le fait que** plus de deux couches, constituées de matériau formant couche de glissement, sont déposées sur le substrat ; et
que la proportion de Fe_2O_3 décroît depuis la couche inférieure extrême jusqu'à la couche supérieure extrême.
12. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé par le fait que** la proportion de Fe_2O_3 décroît continûment de bas en haut à l'intérieur de la couche.
13. Élément de glissement selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé par le fait que** le substrat comporte au moins une couche en un alliage de Al ou de Cu.

EP 2 370 704 B9

14. Utilisation de l'élément de glissement conforme à la revendication 1, pour des applications à lubrification par fluides.
15. Utilisation de l'élément de glissement conforme à la revendication 1, en tant que palier de glissement dans des moteurs à combustion interne ou en tant que palier de glissement de vilebrequins, voire en tant que segment de piston ou en tant que jupe de piston.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0984182 A1 [0005] [0028]
- DE 19614105 A1 [0006]
- EP 1775487 A2 [0007]
- JP 2005201289 A [0008]