

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 990/2006**

(22) Anmeldetag: **09.06.2006**

(43) Veröffentlicht am: **15.12.2007**

(51) Int. Cl.⁸: **F16C 33/12** (2006.01),
C22C 12/00 (2006.01),
C22C 5/06 (2006.01),
C22C 9/00 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

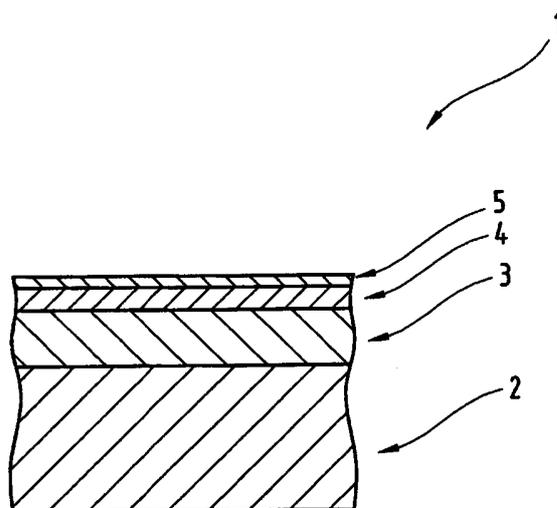
MIBA GLEITLAGER GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

(72) Erfinder:

ZIDAR JAKOB
ALTMÜNSTER (AT)

(54) **MEHRSCHICHTLAGER**

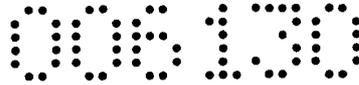
(57) Die Erfindung beschreibt ein Mehrschichtlager (1) mit einer Stützmetallschicht (2), gegebenenfalls einer darüber angeordneten Lagermetallschicht (3), einer darüber angeordneten Laufschrift (4) sowie einer darüber angeordneten Verschleißschicht (5), wobei die Verschleißschicht (5) durch Bismut oder eine Bismutlegierung gebildet ist. Die Laufschrift (4) ist durch eine Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung mit einer Matrix aus Kupfer oder Silber, wobei Bismut in einem Mengenanteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 Gew.-% im Falle von Silber bzw. 0,5 Gew.-% im Falle von Kupfer und jeweils einer oberen Grenze von 49 Gew.-% enthalten ist, oder durch Silber, mit einer Schichtdicke, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 8 µm und einer oberen Grenze von 30 µm, gebildet.



Zusammenfassung

Die Erfindung beschreibt ein Mehrschichtlager (1) mit einer Stützmetallschicht (2), gegebenenfalls einer darüber angeordneten Lagermetallschicht (3), einer darüber angeordneten Laufschrift (4) sowie einer darüber angeordneten Verschleißschicht (5). Die Verschleißschicht (5) ist durch Bismut oder eine Bismutlegierung und die Laufschrift (4) durch eine Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung oder durch Silber gebildet.

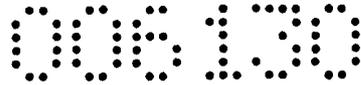
(Fig. 1)



Die Erfindung betrifft ein Mehrschichtlager mit einer Stützmetallschicht, gegebenenfalls einer Lagermetallschicht, einer Laufschiicht sowie einer Verschleißschicht.

Mehrschichtlager sind bereits aus dem Stand der Technik bekannt. So beschreibt z.B. die DE 100 54 461 C ein Mehrschichtgleitlager mit einer Stützmetallschicht, einer Lagerlegierungsschicht, einer Zwischenplattierungsschicht und einer Deckschicht auf Zinnbasis, wobei die Deckschicht auf Zinnbasis verstärkendes Metall und/oder anorganische Teilchen enthält, und wobei der Gehalt des verstärkenden Metalls und/oder der anorganischen Teilchen in Richtung der Dicke der Deckschicht schrittweise oder kontinuierlich so variiert ist, dass der Gehalt in einem auf die Dicke bezogenen mittleren Bereich der Deckschicht relativ hoch ist und im Oberflächenbereich der Deckschicht null oder kleiner als der Gehalt in dem mittleren Bereich der Deckschicht ist. Es soll damit ein Mehrschichtgleitlager bereit gestellt werden, dass keine wesentlichen Probleme bezüglich der Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß verursacht, wobei die Menge des Bleizusatzes vermindert ist, oder kein Blei verwendet wird, und das gleichzeitig eine hervorragende Abnutzungsbeständigkeit besitzt.

Aus der DE 100 2004 015 827 A ist ein Gleitteil bekannt, umfassend eine Rückseitenmetallschicht, eine auf der Rückseitenmetallschicht vorhandene Gleitlegierungsschicht und eine auf der Gleitlegierungsschicht vorhandene Abdeckschicht, wobei die Abdeckschicht aus Bismut oder einer Bismut-Legierung ausgebildet ist, und wobei im Kristallgitter der Abdeckschicht eine mit dem Miller-Index (202) bezeichnete Fläche einen Ausrichtungsgrad besitzt, welcher nicht kleiner als 30 % ist, und die Röntgendiffraktionsintensität $R_{(202)}$ der (202)-Fläche einen Maximalwert im Vergleich zu anderen Flächen annimmt. Dieses Gleitteil soll ausgezeichnete Anti-Blockierungseigenschaften aufweisen.



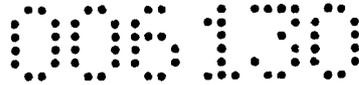
Weiters ist aus der DE 10 2004 055 228 A eine Lagerschale eines Pleuels bekannt, die im großen Pleuelauge angeordnet ist, wobei die Lagerschale aus mehreren thermisch gespritzten Schichten und die oberste Materialschicht der Lagerschale im Wesentlichen aus einer Aluminium-Bismut-Legierung gebildet ist. Unter letzterer ist eine Schicht aus einer Lagerlegierung, insbesondere aus Bronze oder aus Messing, angeordnet. Der Bismut-Gehalt liegt zwischen 10 und 40 Gew.-%. Daneben können noch Zinn oder Antimon in einer Menge von 3 bis 6 Gew.-%, Kupfer in einer Menge von 0,1 bis 5 Gew.-%, Zinn sowie Blei in einer Menge unterhalb von 0,5 Gew.-% enthalten sein. Es soll damit eine kostengünstig verfügbare Lagerschale bereitgestellt werden, die höchsten Druck-, Temperatur- und Langzeitstabilitäts-Anforderungen genügt.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es, ein bleifreies Mehrschichtlager zur Verfügung zu stellen.

Diese Aufgabe der Erfindung wird durch das eingangs erwähnte Mehrschichtlager gelöst, bei dem die Verschleißschicht durch Bismut oder eine Bismut-Legierung und die Laufschiicht durch eine Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung oder durch Silber gebildet ist.

Durch dieses erfindungsgemäße Mehrschichtlager wird nicht nur die Bleifreiheit erreicht – wobei anzumerken ist, dass Bleifreiheit im Sinne der Erfindung bedeutet, dass kein zusätzliches Blei zugesetzt wird, jedoch Blei unter Umständen aus der Herstellung der Metalle bzw. Vorlegierungen als unvermeidliche Verunreinigungen enthalten ist – sondern wird damit auch ein Mehrschichtlager erreicht, das eine hohe Langzeitstabilität, insbesondere bei höheren Druck- und Temperaturbelastungen, aufweist und zu dem eine verringerte Neigung zum Fressen zeigt. Dieses ist umso beachtlicher, da Bismut, das als äußerste Schicht auf dem Mehrschichtlager aufgebracht ist, spröde ist. Durch die Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung kann der Laufschiicht zudem eine entsprechende Härte verliehen werden, wodurch ein geringerer Verschleiß, insbesondere unter Langzeitbedingungen, erreicht wird.

Gemäß einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass für die Verschleißschicht Bismut bzw. eine Bismut-Legierung verwendet wird, die eine deutliche Ausrichtung der Kristallite zeigt. Die Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene (012) bzw. {012} ist dabei im Ver-



gleich zu den Röntgendiffraktionsintensitäten der anderen Gitterebenen am größten. Dies ist umso überraschender, als bislang im Stand der Technik (z.B. der DE 100 32 624 A) die Meinung vertreten wurde, dass Bismut-Schichten nur geeignet sind, wenn die bevorzugte Orientierung nicht auf einige wenige bestimmte Ebenen beschränkt ist, wie dies bei der Ausführungsvariante nach der Erfindung der Fall ist.

Die Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene mit der zweitgrößten Röntgendiffraktionsintensität, insbesondere jene mit dem Miller-Index (024) bzw. {024}, kann einen Wert von maximal 10 % der Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene (012) bzw. {012} annehmen. Es wird damit ein höherer Ausrichtungsgrad der Kristallite in der Verschleißschicht erreicht.

Zur weiteren Erhöhung des Ausrichtungsgrades der Kristallite ist vorgesehen, dass die Kristallite in der Verschleißschicht eine Orientierung einnehmen, sodass die Summe der Röntgendiffraktionsintensitäten sämtlicher weiteren zur Gitterebene (012) bzw. {012} unterschiedlichen Gitterebenen einen Wert von maximal 25 % der Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene (012) bzw. {012} annimmt.

Die Verschleißschicht weist vorzugsweise eine Schichtdicke auf, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 μm und einer oberen Grenze von 10 μm . Besonders bevorzugt werden Schichtdicken verwendet, die ausgewählt sind aus einem Bereich von 3 μm bis 6 μm . Durch diese geringe Schichtdicke wird die tribologische Verwendbarkeit des an sich spröden Bismuts weiter verbessert, sodass die Sprödigkeit nur mehr eine untergeordnete Rolle spielt.

Die Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung der Laufschrift kann mit einer Matrix aus Kupfer oder Silber gebildet sein, jeweils mit den aus der Herstellung dieser Metalle unvermeidbaren Verunreinigungen, und Bismut in einem Mengenanteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 Gew.-% im Falle von Silber bzw. 0,5 Gew.-% im Falle von Kupfer und jeweils einer oberen Grenze von 49 Gew.-% enthalten. Überraschenderweise wurde dabei festgestellt, dass in den binären Legierungen von Silber und Bismut bzw. Kupfer und Bismut, dass Bismut nicht nur die Aufgabe der Weichphase, welche für die Einbettfähigkeit der Laufschrift verantwortlich ist, übernehmen kann, sondern Bismut auch zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit beiträgt. Es werden damit ähnlich gute

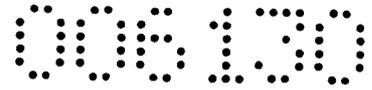
Eigenschaften erzielt, wie dies bereits aus Blei-Bronzen, welche im Stand der Technik für diese Zwecke eingesetzt wurden, bekannt sind, sodass die Laufschrift einen geringen Verschleiß aufweist.

In der Laufschrift können Hartpartikel enthalten sein mit einer Korngröße ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 nm und einer oberen Grenze von 100 nm. Durch diese so genannten Nanopartikel wird die Gleitfähigkeit nicht negativ beeinflusst, sodass die Oberfläche der Laufschrift keine störenden harten Spitzen, etc. aufweist. Darüber hinaus können diese Partikel bevorzugt in der dispergierten Bismutphase vorliegen, wodurch gerade bei höheren Anteilen an Bismut in der Legierung die Bruchgefahr an den Korngrenzen verringert wird.

Bevorzugt werden die Hartpartikel aus einer Gruppe umfassend Oxide, Carbide, Nitride, wie z.B. Titandioxid, Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid, Wolframkarbid, Siliziumnitrid sowie auch aus Diamant und Mischungen von zumindest zwei verschiedenen Werkstoffen daraus ausgewählt, da sich diese Partikel durch eine hohe Härte auszeichnen.

Der Anteil der Hartpartikel bezogen auf die Silber-Bismut- bzw. Kupfer-Bismut-Legierung kann gemäß einer Ausführungsvariante ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Vol.-% und einer oberen Grenze von 5 Vol.-%, da diese Partikel bei diesem Anteil zumindest größtenteils aufgrund des niedrigen Schmelzpunktes von Bismut in der Bismutphase verteilt vorliegen und somit die Strukturfestigkeit der Gleitschicht erhöhen. Die Hartpartikel coexistieren mit der Bismutphase. Insbesondere ist es dabei von Vorteil, wenn der Anteil der Nanopartikel ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,5 Vol.-% und einer oberen Grenze von 3 Vol.-% bzw. aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Vol.-% und einer oberen Grenze von 2,5 Vol.-%. Beispielsweise kann der Anteil 0,1 Vol.-% oder 0,9 Vol.-% oder 1,5 Vol.-% oder 2 Vol.-% oder 3,5 Vol.-% oder 4 Vol.-% oder 4,5 Vol.-% betragen.

Zwischen der Laufschrift und der Lagermetallschicht kann eine Zwischenschicht angeordnet sein, die durch Silber, Kupfer, Aluminium, Mangan, Nickel, Eisen, Chrom, Kobalt, Molybdän, Palladium, eine Nickel-Zinn-Legierung oder eine Kupfer-Zinn-Legierung gebildet ist, wie beispielsweise Cu_6Sn_5 , Ni_2Sn_3 , Ni_3Sn_4 . Es wird damit die Haftfestigkeit des Schichtverbundes verbessert.

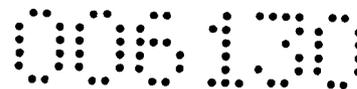


Weiters ist es möglich, dass zwischen der Stützmetallschicht und der Lagermetallschicht eine Schutzschicht aus Silber oder Kupfer angeordnet ist, wodurch die Zementation zumindest einzelner Bestandteile der Lagermetallschicht auf der Stützmetallschicht verhindert werden kann.

Dabei ist von Vorteil wenn diese Schutzschicht nicht nur im Bereich der aneinandergrenzenden Oberflächen der Stützmetallschicht und der Lagermetallschicht aufgebracht wird, sondern auch auf den Seiten- sowie Stirnflächen der Stützmetallschicht.

Es ist möglich, dass die Stützmetallschicht zur Gänze mit einer Silber- oder Kupferschicht überzogen ist, also auch die Rückseite der Stützmetallschicht, um diese besser vor Korrosion oder Reibverschweißung aufgrund Mikrobewegungen, die beispielsweise auftreten können, wenn das Mehrschichtlager nach der Erfindung als Lagerbüsche oder Gleitlagerhalbschale ausgebildet ist und diese Bauteile in metallischen Halterungen gehalten sind.

Von Vorteil ist es auch, wenn die Laufschrift als so genannte Gradientenschicht ausgebildet ist, mit einem Konzentrationsgradienten für den Bismutanteil, wobei die Bismutkonzentration in Richtung auf die Verschleißschicht zunimmt. Damit wird die Laufschrift in Richtung auf die Verschleißschicht weicher, wodurch die Einbettfähigkeit für Fremdpartikel aus dem Abrieb verbessert werden kann. Trotzdem behalten die Laufschrift aber eine ausreichende Festigkeit und der Verbund durch die Härte der Laufschrift in dem der Verschleißschicht gegenüberliegenden Oberflächenbereich eine ausreichende Verbundfestigkeit. Der Konzentrationsverlauf innerhalb der Schicht kann dabei fließend, d.h. stufenlos oder kontinuierlich, oder stufenweise, d.h. diskontinuierlicher, ausgebildet sein. Bei stufenlosem Übergang kann dieser linear oder in Form eines Kurvenverlaufens erfolgen. Die Konzentrationszunahme an Bismut in der Laufschrift kann so weit gehen, dass die oberste Schicht aus Rein-Bismut oder einer weichen Legierung besteht, beispielsweise mit einem Kupferanteil oder Silberanteil von 5 Gew.-%. Mit anderen Worten kann also innerhalb der Laufschrift die Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung im Bereich der Lagermetallschicht oder der Zwischenschicht durch eine Bismut-Legierung mit einem Kupfer- oder Silberanteil ersetzt sein.



Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass mit „Schichten der Laufschrift“ im Sinne der Erfindung keine diskreten, voneinander unterscheidbaren Schichten gemeint sind, wenngleich eine derartige Ausbildung möglich ist.

Bevorzugt wird die Lagermetallschicht durch eine bleifreie Kupfer- oder Aluminiumbasislegierung gebildet, da diese Legierungssysteme bereits ausreichend erprobt sind und entsprechend gute tribologische Eigenschaften sowie eine entsprechende Verschleißfestigkeit aufweisen.

In bevorzugten Ausführungsvarianten kann die Stützmetallschicht als Pleuel, als Gleitlagerhalbschale oder als Lagerbuchse ausgebildet sein. Insbesondere im Fall der Ausführungsvariante Pleuel kann das Pleuelauge direkt mit den weiteren Schichten beschichtet sein, sodass sich der Einsatz von Lagerhalbschalen oder Lagerbuchsen erübrigt. Die Direktbeschichtung kann auch ohne die Anordnung einer Lagermetallschicht aufgebaut sein.

Prinzipiell ist jedoch anzuführen, dass sich das Mehrschichtlager nach der Erfindung nicht nur für diese Anwendungsbereiche eignet, sondern für sämtliche Anwendungen, bei welchen eine Gleitlagerung auftritt bzw. notwendig ist.

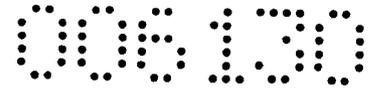
Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in schematisch vereinfachter Darstellung:

Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer ersten Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Mehrschichtlagers in Form eines Vierschichtlagers, im Querschnitt geschnitten;

Fig. 2 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante eines Sechsschichtlagers, im Querschnitt geschnitten.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie



z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Fig. 1 zeigt ein Mehrschichtlager 1. Dieses kann beispielsweise als Gleitlager, insbesondere Gleitlagerhalbschale, als Anlaufring, als Lagerbuchse oder in Form eines direkt beschichteten Pleuels, insbesondere eines Pleuelauges, gebildet sein.

Bei dieser Vierschicht-Ausführung besteht das Mehrschichtlager 1 aus einer Stützmetallschicht 2, einer darauf angeordneten Lagermetallschicht 3, einer darauf angeordneten Laufschiicht 4 sowie einer auf der Laufschiicht 4 angeordneten Verschleißschicht 5.

Die Stützmetallschicht 2 kann beispielsweise als Stahlrücken gebildet sein, bzw. aus jedem beliebigen Material, welches dem Mehrschichtlager 1 die erforderliche Formstabilität gibt. In einer besonderen Ausführungsvariante ist diese Stützmetallschicht 2 durch ein Pleuel bzw. eine Pleuelstange gebildet, wenn die weiteren Schichten direkt auf diesem Pleuel abgeschieden werden. Die Direktbeschichtung kann auch ohne die Anordnung einer Lagermetallschicht aufgebaut sein, sodass sich die Laufschiicht 4, auf der die Verschleißschicht 5 angeordnet ist, direkt auf der Stützmetallschicht 2 befindet.

Die Lagermetallschicht 3 besteht aus einer bleifreien Kupfer- oder Aluminiumlegierung. Derartige Legierungen sind bereits aus dem Stand der Technik bekannt. Beispiele hierfür sind:

1. Lagermetalle auf Aluminiumbasis (nach DIN ISO 4381 bzw. 4383):
AlSn6CuNi, AlSn20Cu, AlSi4Cd, AlCd3CuNi, AlSi11Cu, AlSn6Cu, AlSn40,
AlSn25CuMn, AlSi11CuMgNi;
2. Lagermetalle auf Kupferbasis (nach DIN ISO 4383):
CuSn10, CuAl10Fe5Ni5, CuZn31Si1, CuPb24Sn2, CuSn8Bi10;
3. Lagermetalle auf Zinnbasis:
SnSb8Cu4, SnSb12Cu6Pb.

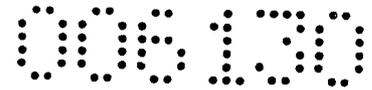
Die Laufschiicht 4 ist durch eine Schicht aus Reinsilber mit den erschmelzungs- und/oder abscheidungsbedingten Verunreinigungen gebildet.

Schließlich besteht die Verschleißschicht 5 aus Bismut oder einer Bismut-Legierung, wobei als Legierungspartner für Bismut vornämlich zumindest ein Element aus einer Kupfer, Silber, Zinn, Antimon und Indium umfassenden Gruppe in Betracht zu ziehen ist mit einem Mengenanteil von maximal 10 Gew.-%. Der Anteil des zumindest einen Legierungselementes kann aus einem Bereich ausgewählt sein mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 9 Gew.-% bzw. aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3 Gew.-% und einer oberen Grenze von 7 Gew.-%. Es sind also beispielsweise Legierungen von Bismut mit 2 oder 4 oder 6 oder 8 Gew.-% von zumindest einem dieser Legierungspartner möglich. In einer bevorzugten Ausführungsvariante beträgt der Anteil an zulegierten Elementen in Summe maximal 10 Gew.-%. Es ist also beispielsweise möglich, dass die Legierung 3 Gew.-% Sn und 2 Gew.-% Sb oder 4 Gew.-% Sn und 2 Gew.-% In enthält. Auch andere Legierungszusammensetzungen in den Grenzen der angegebenen Bereiche sind möglich, wobei bevorzugt wieder oben genannte Bedingung der Orientierung der Kristallite erfüllt sein kann.

Neben der vierschichtigen Ausführung des Mehrschichtlagers 1 ist auch eine mehrschichtige möglich. Beispielsweise kann zwischen der Stützmetallschicht 2 und der Lagermetallschicht 3 und/oder zwischen der Lagermetallschicht 3 und der Laufschiicht 4 eine Diffusionsspererschicht und/oder Bindschicht angeordnet sein. Für derartige Schichten kommen z.B. Al, Mn, Ni, Fe, Cr, Co, Cu, Ag, Mo, Pd sowie NiSn- bzw. CuSn-Legierungen in Frage.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsvariante des Mehrschichtlagers 1, wobei diese wiederum die Stützmetallschicht 2, die darauf angeordnete Lagermetallschicht 3 sowie die über der Lagermetallschicht 3 angeordnete Laufschiicht 4 und die darauf angeordnete Verschleißschicht 5 aufweist.

Die Stützmetallschicht 2 sowie die Lagermetallschicht 3 können wie bei der Ausführungsvariante nach Fig. 1 ausgebildet sein.



Ebenso ist die Verschleißschicht 5 als so genannter Bismut Flash – wie oben beschrieben – ausgebildet.

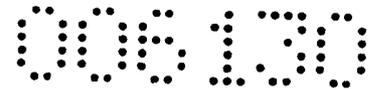
Bei dieser Ausführungsvariante wird die Laufschrift 4 durch eine Kupfer-Bismut-Legierung oder einer Silber-Bismut-Legierung gebildet. Der Bismut-Gehalt kann dabei ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 Gew.-% im Falle der Silber-Bismut-Legierung bzw. 0,5 Gew.-% im Falle der Kupfer-Bismut-Legierung und jeweils einer oberen Grenze von 49 Gew.-%. Beispielsweise können diese Legierungen die in den Tabellen 1 bzw. 2 angegebenen Zusammensetzungen aufweisen.

Tabelle 1:

Nummer	Ag [Gew.-%]	Bi [Gew.-%]
1	99	1
2	95	5
3	90	10
4	88	12
5	82	18
6	75	25
7	70	30
8	65	35
9	60	40
10	52	48

Tabelle 2:

Nummer	Cu [Gew.-%]	Bismut [Gew.-%]
11	98	2



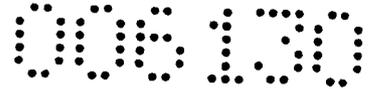
12	97	7
13	90	10
14	85	15
15	78	22
16	70	30
17	65	35
18	60	40
19	56	54
20	51	49

Zwischen der Lagermetallschicht 3 und der Laufschrift 4 ist bei dieser Ausführungsvariante eine Zwischenschicht 6 ausgebildet. Diese Zwischenschicht 6 kann im Falle einer Kupfer-Bismut-Legierung als Laufschrift 4 aus Kupfer und im Falle einer Silber-Bismut-Legierung aus Kupfer oder Silber bestehen.

Darüber hinaus kann das Mehrschichtlager 1 nach Fig. 2 auf einer Rückseite 8 der Stützmetallschicht 2 einen Flash 7 aus Silber oder Kupfer aufweisen. Zur Vereinfachung der Herstellung kann dieser Flash aus Silber gefertigt sein, wenn auch für die Zwischenschicht 6 Silber verwendet wird bzw. Kupfer im Falle von Kupfer für die Zwischenschicht 6. Es sind aber auch Mischformen möglich.

Neben der Ausbildung, dass lediglich die rückwärtige Oberfläche der Stützmetallschicht 2 mit dem Flash 7 überzogen ist, besteht die Möglichkeit, auch Seiten- und Stirnflächen der Stützmetallschicht 2 mit Silber oder Kupfer zu überziehen bzw. kann generell die gesamte Stützmetallschicht 2 versilbert oder verkupfert werden, sodass also in einer Alternative zu beschriebener Ausführung auch zwischen der Stützmetallschicht 2 und der Lagermetallschicht 3 eine derartige Silber- oder Kupferschicht ausgebildet ist. Falls der Flash 7 bei diesen Ausführungsvarianten nicht benötigt wird, kann er z.B. durch mechanische Bearbeitung, wie z.B. Polieren, wieder entfernt werden.

Bei dieser Ausführungsvariante ist die Schichtdicke der Verschleißschicht 5 ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 μm und einer oberen Grenze von 10



μm , vorzugsweise einer unteren Grenze $3 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $6 \mu\text{m}$. Die Schichtdicke der Laufschrift 4 ist bevorzugt ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $5 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $30 \mu\text{m}$, insbesondere einer unteren Grenze von $8 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $20 \mu\text{m}$. Die Schichtdicke für die Zwischenschicht 6 kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $0,5 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $5 \mu\text{m}$, vorzugsweise einer unteren Grenze von $1 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $3 \mu\text{m}$. Die Lagermetallschicht 3 kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $0,1 \text{ mm}$ und einer oberen Grenze von 1 mm . Die Stützmetallschicht 2 wiederum kann eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 mm und einer oberen Grenze von 10 mm . Schließlich kann der Flash 7 eine Schichtdicke aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $0,1 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $5 \mu\text{m}$, insbesondere einer unteren Grenze von $1 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze vom $3 \mu\text{m}$.

Es versteht sich von selbst, dass bei der Ausführungsvariante der Direktbeschichtung eines Pleuels sich die Schichtdicke der Stützmetallschicht 2 deutlich von obigen Angaben unterscheidet.

Selbstverständlich gelten diese Werte auch für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 für die entsprechenden Schichten.

Anstelle von Kupfer oder Silber für die Zwischenschicht 6 kann diese auch durch Aluminium oder Mangan oder Nickel oder Eisen oder Chrom oder Kobalt oder Molybdän oder Palladium oder einer Nickel-Zinn-Legierung, wie z.B. Ni_2Sn_3 , Ni_3Sn_4 , oder einer Kupfer-Zinn-Legierung, wie z.B. Cu_6Sn_5 , gebildet sein.

Wie bereits erwähnt ist es möglich die Verschleißfestigkeit der Laufschrift 4 durch die Einlagerung von Nanopartikeln zu verbessern. Diese können eine Korngröße aufweisen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 nm und einer oberen Grenze von 1000 nm , beispielsweise mit einer oberen Grenze von 100 nm . Bevorzugt wird die Herstellung der Laufschrift 4 so durchgeführt, dass diese Hartpartikel in der dispergierten Bismutphase eingelagert werden. Die Laufschrift 4 selber kann dazu schmelzmetallurgisch hergestellt werden und beispielsweise durch Walzplattierung mit der Lagermetallschicht 3 oder einer dazwischen angeordneten Schicht verbunden werden. Als besonders

geeignet haben sich hierbei Partikel herausgestellt, ausgewählt aus einer Gruppe umfassend TiO₂, ZrO₂, Al₂O₃, Diamant. Der Anteil der Nanopartikel an der jeweiligen binären Legierung beträgt zwischen 0,05 Vol.-%, vorzugsweise 0,5 Vol.-%, und 5 Vol.-%, vorzugsweise 3 Vol.-%, bezogen auf die jeweilige Silber-Bismut- bzw. Kupfer-Bismut-Legierung aus in Summe 100 Gew.-% Silber bzw. Kupfer und Bismut.

In einer weiteren Ausführungsform ist es möglich, innerhalb der Laufschrift 4 einen sogenannten Konzentrationsgradienten in Bezug auf die Bismut-Konzentration auszubilden. Dabei ändert sich die Bismut-Konzentration ausgehend von der Oberfläche, welche der Lagermetallschicht 3 bzw. der Zwischenschicht 6 am nächsten liegt in Richtung auf die Verschleißschicht 5 bzw. Einlaufschicht derart, dass die Bismut-Konzentration zunimmt. Es wird damit diese Laufschrift 4 im Bereich der Verschleißschicht 5 weicher, wodurch die Einbettfähigkeit für Fremdpartikel steigt. Die Konzentration kann dabei wie voranstehend ausgeführt veränderbar sein. Die Zunahme an Bismut innerhalb der Schicht kann soweit gehen, dass die oberste Schicht der Laufschrift 4 durch Rein-Bismut oder eine Bismut-Legierung mit sehr geringem Kupfer- bzw. Silbergehalt gebildet ist, also sich im Wesentlichen die Silber- bzw. Kupfer-Basislegierung zu einer Bismut-Basislegierung verändert.

Folgende Konzentrationsänderungen sind beispielsweise möglich:

Tabelle 3:

Beispiel	Anfangskonzentration an Bi in Gew.-% im Bereich der Lagermetallschicht 3	Endkonzentration an Bi in Gew.-% im Bereich der Verschleißschicht 5	Zunahme
1	2	95	mit x ²
2	10	45	linear
3	4	100	logarithmisch
4	10	74	mit x ³
5	7,5	50	linear
6	25	100	in 5 %-Schritten

7	25	98	linear
8	32	80	in 10 %- Schritten
9	6	45	exponentiell

Die Beispiele in Tabelle 3 sind nicht einschränkend zu sehen, sondern sollen lediglich als Möglichkeiten der Ausbildung des Konzentrationsgradienten verstanden werden.

Durch die Ausbildung eines Konzentrationsgradienten innerhalb der Laufschrift 4 ist es möglich, dass die Härte gemessen nach Vickers, von 15 HV (Rein-Bismut) auf z.B. 250 HV (z.B. für eine Legierung CuBi5) ansteigt.

Neben der schmelzmetallurgischen Herstellung ist es für die Herstellung des Mehrschichtlagers 1 auch möglich, die Verschleißschicht 5, die Kupfer-Bismut- bzw. Silber-Bismut-Legierung für die Laufschrift 4, die Zwischenschicht 6 und den Flash 8 mit einem galvanischen Verfahren oder mittels PVD-Verfahren abzuscheiden, wobei auch Kombinationen aus diesen Verfahren möglich sind.

Da derartige Verfahren an sich bekannt sind, sei der Fachmann an dieser Stelle an die einschlägige Literatur verwiesen.

In einer besonderen Ausführungsvariante wurde Laufschrift 4 galvanisch auf ein Halbfertigfabrikat aufgetragen. Dieses Halbfertigfabrikat wurde durch Plattieren der Lagermetallschicht 3 auf die Stützmetallschicht 2 hergestellt.

Da das elektrochemische Potential der Schichtkomponenten Silber bzw. Kupfer und Bismut bei entsprechender Komplexbildung relativ eng beieinander liegen, ist es möglich mit schwacher Komplexbildung einen stabilen Elektrolyten zu formulieren. Die beiden folgenden Elektrolyte sind jeweils alternativ zu sehen.

Elektrolyt 1:

Silber als $\text{KAg}(\text{CN}_2)$

22 g/l.

Bismut $\text{BiO}(\text{NO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$	7g/l.
KOH	35g/l.
$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	60 g/l
Tensid	0,1 g/l

Die Beschichtung wurde mit einer Stromdichte von $0,75 \text{ A/dm}^3$ bei einer Temperatur des Bades von $25 \text{ }^\circ\text{C}$ durchgeführt.

Elektrolyt 2:

Silber als Methansulfonat (MSA)	30 g/l
Bismut als Methansulfonat (MSA)	7 g/l
Eiweißaminosäure	100 g/l
Tensid	0,1 g/l

Die Beschichtung wurde in einer Stromdichte von 1 A/dm^3 bei einer Temperatur von $25 \text{ }^\circ\text{C}$ durchgeführt.

Anstelle der Silbersalze in den obigen Elektrolyten 1 und 2 können auch Kupfersalze verwendet werden, wie z.B. Cu-Methansulfonat, Cu-Fluoroborat, Cu-Sulfat, Cu-Pyrophosphat, Cu-Phosphonat, etc..

Es sei an dieser Stelle bemerkt, dass neben der galvanischen Beschichtung auch das Walzplattieren einer bereits fertigen Laufschrift 4 aus den oben genannten Legierungen auf die Lagermetallschicht 3 bzw. eine dazwischen angeordnete Schicht möglich ist. Da das Walzplattieren bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist sei der Fachmann an die einschlägige Literatur verwiesen.

Des Weiteren ist es möglich, die Laufschrift 4 mittels Kathodensputtern herzustellen. Dafür können jeweils zwei Kathoden, eine bestehend aus Silber oder Kupfer die andere aus Bismut verwendet werden. Es ist hierbei auch möglich innerhalb der Schicht den Konzentrationsgradienten von Bismut herzustellen, indem die Kathoden mit unterschiedlichen

Leistungen über den Beschichtungsverlauf betrieben werden, beispielsweise dass zum Beginn der Abscheidung die Leistung der Bismut-Kathode am geringsten ist und langsam – entweder schrittweise oder kontinuierlich – während der Beschichtung bis zum Endwert gesteigert wird.

Ebenso ist es möglich in einem galvanischen Prozess die Legierungszusammensetzung beispielsweise durch Veränderung der Anströmungsverhältnisse, durch Änderung der Temperatur oder durch Änderung der Stromdichte zu verändern und so eine Gradientenschicht herzustellen.

In einer besonderen Ausführungsvariante wurde die Verschleißschicht 5 galvanisch hergestellt, wobei das Bad folgende Zusammensetzung aufweist und die Beschichtung mit folgenden Parametern durchgeführt wurde.

Beispiel 1: Badzusammensetzung für die galvanische Abscheidung:

50 g/l Bi als Methansulfonat

80 g/l Methansulfonsäure zur Verbesserung der Leitfähigkeit

Zusatz von Glättungsmittel und zumindest einem Tensid

Betriebsdaten:

Raumtemperatur

Stromdichte: 1,5 A/dm² bzw. bzw. 3 A/dm² bzw. 15 A/dm² (bei starker Anströmung)

Beispiel 2: Badzusammensetzung für die galvanische Abscheidung:

70 g/l Bi als Methansulfonat

50 g/l Methansulfonsäure zur Verbesserung der Leitfähigkeit

1g/l handelsübliches Tensid zur Verbesserung der Benetzbarkeit

0,5 g/l Schichtglättungszusatz („Einebner“)

Betriebsdaten:

Raumtemperatur

Stromdichte: 2 A/dm²

Von den hergestellten Verschleißschicht 5 wurden Röntgendiffraktionsdiagramme aufgenommen. Die entsprechenden Intensitäten sind in Tabelle 1 angegeben.

Ebene	Intensität
012	4561
014	223
110	161
202	82
024	339
116	178
112	125

Für die Aufnahme wurde CuK α -Strahlung verwendet.

Von einer Bismutschicht wurde die Härte mit 17 UMHV 2p und von einer BiCu10- Verschleißschicht 5 mit 30 UMHV 5p bestimmt. Hierbei steht UMHV für Ultramikrohärte Vickers bei 2 Pond bzw. 5 Pond Belastung.

Die Verschleißschicht 5 kann auch aus einer Bismutlegierung mit 8 Gew.-% Zinn gebildet sein mit einer deutlichen Ausrichtung der Kristallstruktur nach der (012) bzw. {012} Ebene.

Es ist weiters möglich, zur Änderung des Gefüges der Laufsicht 4 aus der Silber-Bismut- bzw. Kupfer-Bismut-Legierung dem Bad weitere aus dem Stand der Technik bekannte Zusatzstoffe beizusetzen.

Im Hinblick auf die Verwendung von Rein-Silber – mit herstellungsbedingten Verunreinigungen – sei erwähnt, dass dieses den Vorteil aufweist, dass keine Kaltverschweißungen auftreten.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Mehrschichtlagers 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst. Insbesondere ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen Vierschicht- bzw. Sechsschichtlager beschränkt, sondern kann zumindest eine weitere Schicht bei Bedarf angeordnet sein.

Insbesondere ist die Erfindung nicht auf die bevorzugte Verwendung von Bismut- bzw. Bismutlegierungsschichten mit einer bevorzugten Ausrichtung der Kristallite nach einer bestimmten Gitterebene oder einer Schar von Gitterebenen beschränkt.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Mehrschichtlagers 1 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

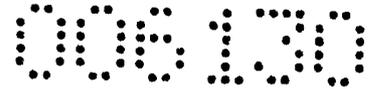
Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1; 2 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

005130

Bezugszeichenaufstellung

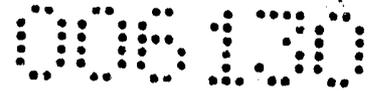
- 1 Mehrschichtlager
- 2 Stützmetallschicht
- 3 Lagermetallschicht
- 4 Laufschiicht
- 5 Verschleißschicht

- 6 Zwischenschicht
- 7 Flash
- 8 Rückseite



Patentansprüche

1. Mehrschichtlager (1) mit einer Stützmetallschicht (2), gegebenenfalls einer darüber angeordneten Lagermetallschicht (3), einer darüber angeordneten Laufschrift (4) sowie einer darüber angeordneten Verschleißschicht (5), dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißschicht (5) durch Bismut oder eine Bismutlegierung und die Laufschrift (4) durch eine Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung oder durch Silber gebildet ist.
2. Mehrschichtlager (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kristallite des Bismuts oder der Bismutlegierung in der Verschleißschicht (5) eine bevorzugte Richtung hinsichtlich ihrer Orientierung einnehmen, ausgedrückt durch den Miller-Index der Gitterebene (012) bzw. {012}, wobei die Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene (012) bzw. {012} im Vergleich zu den Röntgendiffraktionsintensitäten der anderen Gitterebenen am größten ist.
3. Mehrschichtlager (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene mit der zweitgrößten Röntgendiffraktionsintensität einen Wert von maximal 10 % der Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene (012) bzw. {012} annimmt.
4. Mehrschichtlager (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterebene mit der zweithöchsten Röntgendiffraktionsintensität jene mit dem Miller-Index (024) bzw. {024} ist.
5. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Röntgendiffraktionsintensitäten sämtlicher weiteren zur Gitterebene (012) bzw. {012} unterschiedlichen Gitterebenen einen Wert von maximal 25 % der Röntgendiffraktionsintensität der Gitterebene (012) bzw. {012} annimmt.



6. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißschicht (5) eine Schichtdicke aufweist, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 μm und einer oberen Grenze von 10 μm .

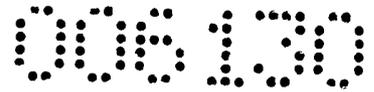
7. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung der Laufschrift (4) mit einer Matrix aus Kupfer oder Silber gebildet ist, jeweils mit den aus der Herstellung dieser Metalle unvermeidbaren Verunreinigungen, und Bismut in einem Mengenanteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 Gew.-% im Falle von Silber bzw. 0,5 Gew.-% im Falle von Kupfer und jeweils einer oberen Grenze von 49 Gew.-% enthalten ist.

8. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Laufschrift (4) Hartpartikel enthalten sind mit einer Korngröße, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 nm und einer oberen Grenze von 100 nm.

9. Mehrschichtlager(1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Hartpartikel aus einer Gruppe umfassend Oxide, Carbide, Nitride, wie z.B. Titandioxid, Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid, Wolframcarbid, Siliziumnitrid sowie auch aus Diamant und Mischungen von zumindest zwei verschiedenen Werkstoffen daraus, ausgewählt sind.

10. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der Hartpartikel bezogen auf die Ag/Bi- bzw. Cu/Bi-Legierung ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Vol- % und einer oberen Grenze von 5 Vol- %.

11. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Laufschrift (4) und der Lagermetallschicht (3) eine Zwischenschicht (6) angeordnet ist, die durch Silber, Kupfer, Aluminium, Mangan, Nickel,



Eisen, Chrom, Kobalt, Molybdän, Palladium, eine Nickel-Zinn-Legierung oder eine Kupfer-Zinn-Legierung gebildet ist.

12. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Stützmetallschicht (2) und der Lagermetallschicht (3) eine Schutzschicht aus Silber oder Kupfer angeordnet ist.

13. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützmetallschicht (2) Seitenflächen aufweist, die mit einer Schicht aus Silber oder Kupfer versehen sind.

14. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützmetallschicht (2) zur Gänze mit einer Silber- oder Kupferschicht überzogen ist.

15. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (4) als Gradientenschicht ausgebildet ist mit einer in Richtung auf die Verschleißschicht (5) zunehmenden Bismutkonzentration.

16. Mehrschichtlager (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Laufschrift (4) die Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung im Bereich der Lagermetallschicht (3) oder der Zwischenschicht (6) oder der Stützmetallschicht (2) durch Bismut oder eine Bismutlegierung mit einem Kupfer- oder Silberanteil im Bereich der Verschleißschicht (5) ersetzt ist.

17. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagermetallschicht (3) durch eine bleifreie Kupfer- oder Aluminiumbasislegierung gebildet ist.

18. Mehrschichtlager (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützmetallschicht (2) als Pleuel, Gleitlagerhalbschale oder Lagerbuchse ausgebildet ist.

Miba Gleitlager GmbH

durch


(Dr. Öfner)

Fig.1

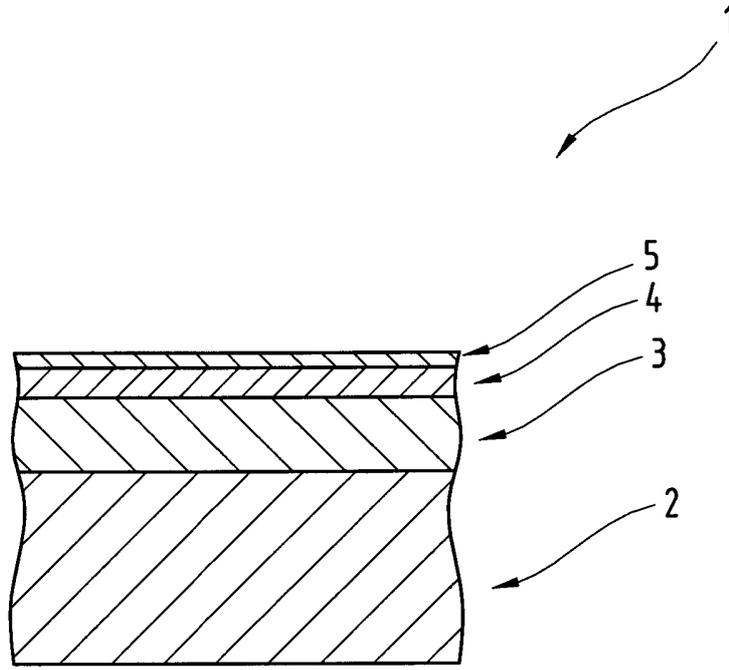
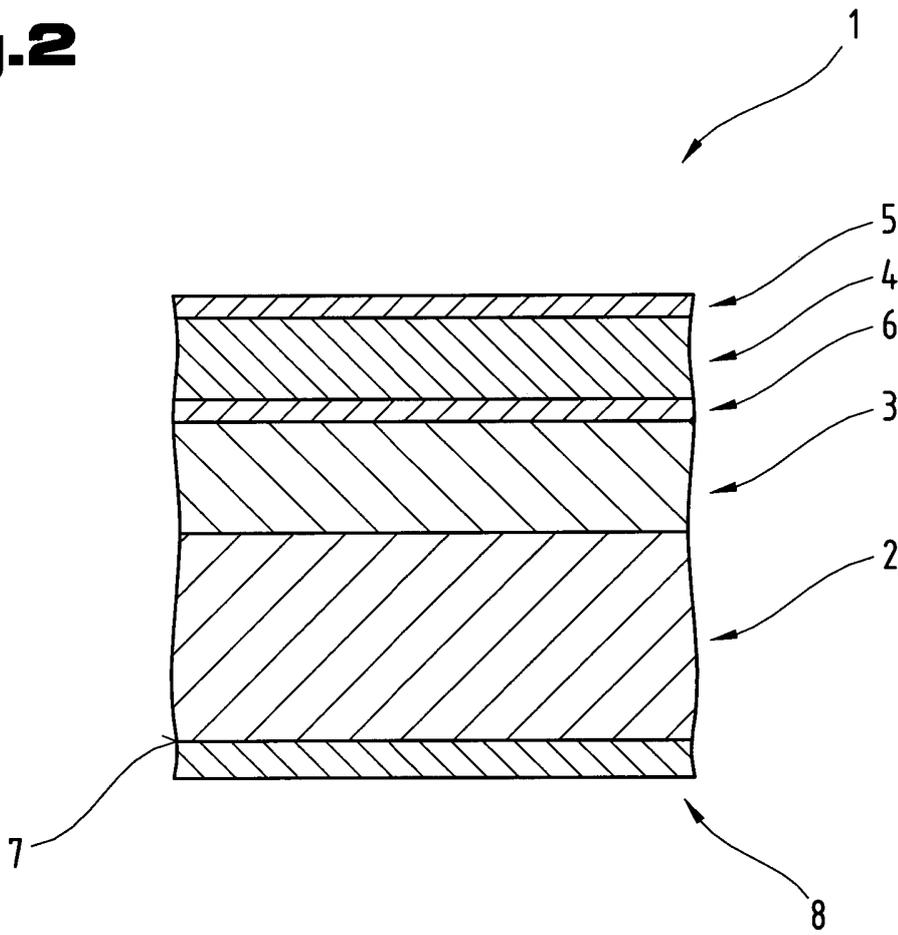


Fig.2

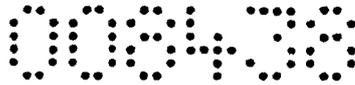




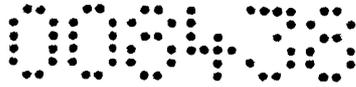
(Neue) Patentansprüche

1. Mehrschichtlager (1) mit einer Stützmetallschicht (2), gegebenenfalls einer darüber angeordneten Lagermetallschicht (3), einer darüber angeordneten Laufschrift (4) sowie einer darüber angeordneten Verschleißschicht (5), wobei die Verschleißschicht (5) durch Bismut oder eine Bismutlegierung gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (4) durch eine Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung mit einer Matrix aus Kupfer oder Silber gebildet ist, jeweils mit den aus der Herstellung dieser Metalle unvermeidbaren Verunreinigungen, und Bismut in einem Mengenanteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 2 Gew.-% im Falle von Silber bzw. 0,5 Gew.-% im Falle von Kupfer und jeweils einer oberen Grenze von 49 Gew.-% enthalten ist, oder dass die Laufschrift (4) durch Silber gebildet ist, mit einer Schichtdicke, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 8 μm und einer oberen Grenze von 30 μm .
2. Mehrschichtlager (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Laufschrift (4) Hartpartikel enthalten sind mit einer Korngröße, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 10 nm und einer oberen Grenze von 100 nm.
3. Mehrschichtlager(1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hartpartikel aus einer Gruppe umfassend Oxide, Carbide, Nitride, wie z.B. Titandioxid, Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid, Wolframcarbid, Siliziumnitrid sowie auch aus Diamant und Mischungen von zumindest zwei verschiedenen Werkstoffen daraus, ausgewählt sind.
4. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil der Hartpartikel bezogen auf die Ag/Bi- bzw. Cu/Bi-Legierung ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Vol- % und einer oberen Grenze von 5 Vol- %.

NACHGEREICHT



5. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Laufschrift (4) und der Lagermetallschicht (3) eine Zwischenschicht (6) angeordnet ist, die durch Silber, Kupfer, Aluminium, Mangan, Nickel, Eisen, Chrom, Kobalt, Molybdän, Palladium, eine Nickel-Zinn-Legierung oder eine Kupfer-Zinn-Legierung gebildet ist, wobei diese Zwischenschicht eine Schichtdicke aufweist, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $0,5 \mu\text{m}$ und einer oberen Grenze von $5 \mu\text{m}$.
6. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Stützmetallschicht (2) und der Lagermetallschicht (3) eine Schutzschicht aus Silber oder Kupfer angeordnet ist.
7. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützmetallschicht (2) Seitenflächen aufweist, die mit einer Schicht aus Silber oder Kupfer versehen sind.
8. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützmetallschicht (2) zur Gänze mit einer Silber- oder Kupferschicht überzogen ist.
9. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (4) als Gradientenschicht ausgebildet ist mit einer in Richtung auf die Verschleißschicht (5) zunehmenden Bismutkonzentration.
10. Mehrschichtlager (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Laufschrift (4) die Kupfer-Bismut- oder Silber-Bismut-Legierung im Bereich der Lagermetallschicht (3) oder der Zwischenschicht (6) oder der Stützmetallschicht (2) durch Bismut oder eine Bismutlegierung mit einem Kupfer- oder Silberanteil im Bereich der Verschleißschicht (5) ersetzt ist.



11. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagermetallschicht (3) durch eine bleifreie Kupfer- oder Aluminiumbasislegierung gebildet ist.

12. Mehrschichtlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützmetallschicht (2) als Pleuel, Gleitlagerhalbschale oder Lagerbuchse ausgebildet ist.

Miba Gleitlager GmbH

durch

Dr. Clemens Omer

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : F16C 33/12 (2006.01); C22C 12/00 (2006.01); C22C 5/06 (2006.01); C22C 9/00 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: F16C 33/12, C22C 12/00, C22C 5/06, C22C 9/00		
Recherchiertes Prüfstoff (Klassifikation): F16C, C22C		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, TXTE, TXTG, TXTF		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 9. Juni 2006 eingereichten Ansprüchen erstellt.		
Kategorie ⁷⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 6 863 441 B2 (KAWACHI ET AL.) 8. März 2005 (08.03.2005) <i>Fig. 2, Spalte 2 Zeilen 48-51, Spalte 3 Zeilen 1-31, 46-50, Tabelle 1 Samples 1, 6, 7, Spalte 5 Zeilen 44-60</i>	1, 6, 11, 17, 18
	--	
A	SALAZAR-PEREZ A.J. ET AL., Structural evolution of Bi ₂ O ₃ prepared by thermal oxidation of bismuth nano-particles. Superficies y Vacio. September 2005, Vol. 18 No. 3, Seiten 4. August 2007 (04.08.2007) <i>Fig. 2a, Abschnitt 3.1 (Bismuth nano-particles) Absatz 3</i>	2-5
	--	
A	JIYE FANG ET AL., Self-assembled bismuth nanocrystallites. Chem. Commun. September 2001, Seiten 1872-1873 <i>Fig. 2</i>	2-5
	--	
A	DE 10 2004 015 827 A1 (DAIDO) 11. November 2004 (11.11.2004) <i>Fig. 1-4, Absatz [0026]</i>	2-5
	--	
A	JP 11 - 050 296 A (TOYOTA) 23. Februar 1999 (23.02.1999) <i>Fig. 7, Tabelle1, Absätze [0001], [0002], [0012]-[0014], [0018]</i>	1
	--	
Datum der Beendigung der Recherche: 28. März 2007		<input checked="" type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt
		Prüfer(in): Dr. EHRENDORFER
⁷⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 5 209 578 A (EASTHAM ET AL.) 11. Mai 1993 (11.05.1993) Spalte 2 Zeilen 15-22, Fig. 1, 3, Spalte 2 Zeile 67 - Spalte 3 Zeile 14 ----	15