

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 602/2010  
(22) Anmeldetag: 15.04.2010  
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2011

(51) Int. Cl. : **C22C 9/02** (2006.01)  
**C22C 9/04** (2006.01)  
**C22C 9/06** (2006.01)  
**C22C 9/08** (2006.01)

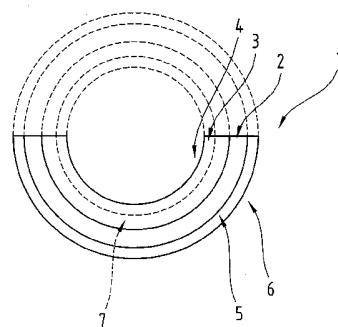
(56) Entgegenhaltungen:  
EP 0521319 A1 DE 2106918 A1  
DE 4204140 A1

(73) Patentinhaber:  
MIBA GLEITLAGER GMBH  
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

### (54) MEHRSCICHTGLEITLAGER MIT EINER ANTIFRETTINGSCHICHT

(57) Die Erfindung betrifft ein Mehrschichtgleitlager (1) mit einer, einem zum lagernden Element zuwendbaren Vorderseite (4) und einer dieser gegenüberliegenden Rückseite (6), umfassend eine Stützschiicht (2), eine auf der Vorderseite (4) angeordnete Gleitschicht (3) sowie eine auf der Rückseite (6) angeordnete Antifrettingschicht (5), wobei die Antifrettingschicht (5) aus einer Kupferbasislegierung mit Kupfer-Mischkristall-Körnern besteht. Die Kupferbasislegierung der Antifrettingschicht (5) ist durch eine binäre Legierung mit einem Legierungselement aus der Gruppe Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Antimon oder durch eine zumindest ternäre Legierung mit einem Legierungselement aus der Gruppe Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Zinn, Antimon sowie zumindest einem weiteren Element aus dieser Gruppe und/oder der weiteren Gruppe Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Bismut, Blei, Silber, Phosphor gebildet, gegebenenfalls mit aus der Herstellung stammenden, unvermeidbaren Verunreinigungen, wobei der Summenanteil dieser Legierungselemente mindestens 1 Gew.-% und maximal 30 Gew.-% beträgt.

**Fig.1**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Mehrschichtgleitlager mit einer, einem zum lagernden Element zuwendbaren Vorderseite und einer dieser gegenüberliegenden Rückseite, umfassend eine Stützschrift, eine auf der Vorderseite angeordnete Gleitschicht sowie eine auf der Rückseite angeordnete Antifrettingschicht, wobei die Antifrettingschicht aus einer Kupferbasislegierung mit Kupfer-Mischkristall-Körnern besteht.

**[0002]** Die Rückenbeschichtung eines Gleitlagers mit einer Antifrettingschicht ist bereits aus dem Stand der Technik bekannt. Durch diese Beschichtung soll die Reibverschweißung bzw. Reibkorrosion und damit das "Festfressen" des Gleitlagers im Lagergehäuse aufgrund ungewollter Relativbewegungen der Bauteile zueinander vermieden werden. Als Folge der Reibkorrosion entstehen häufig auch Reibdauerbrüche. Die Reibkorrosion wird wesentlich auch bestimmt durch die Werkstoffpaarung. Harte Werkstoffe bzw. Bauelemente mit harten Oberflächenschichten neigen eher zu einem Abtrag durch Reibkorrosion als weiche Werkstoffe, die mehr zum Festfressen tendieren. Im letzteren Fall ist dann zwar die Relativbewegung unterbunden, allerdings liegt auch dann ein Schaden vor.

**[0003]** Um diesem Problem zu begegnen wurden im Stand der Technik bereits unterschiedlichste Werkstoffe zur Herstellung einer Antifrettingschicht beschrieben. So beschreibt z.B. die von der Anmelderin stammende AT 506 641 A1 eine Silberlegierung für diese Verwendung. Aus der ebenfalls von der Anmelderin stammenden AT 399 544 B ist eine Korrosionsschutzschicht aus einer Sn-Legierung bekannt. Ni-, Cr- bzw. Co-Legierungen für Antifrettingschichten sind aus der GB 2315301 A1 bekannt. Gemäß der WO 02/48563 A1 wird eine Zinnbronze als Antifrettingschicht eingesetzt. Eine als Antifrettingschicht galvanisch auf Stahl abgeschiedene Cu-Sn-Legierung mit einem Zinnanteil zwischen 10 % und 15 % ist aus der GB 556,248 A bzw. der GB 554,355 A bekannt.

**[0004]** Es ist die Aufgabe der Erfindung ein verbessertes Mehrschichtgleitlager, insbesondere eine verbesserte Antifrettingschicht auf Kupferbasis, anzugeben.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch das eingangs genannte Mehrschichtgleitlager gelöst, bei dem die Kupferbasislegierung der Antifrettingschicht ein Legierungselement aus der Gruppe umfassend oder bestehend aus Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Antimon enthält oder ein Legierungselement aus der Gruppe umfassend oder bestehend aus Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Zinn, Antimon sowie zumindest ein weiteres Element aus dieser Gruppe und/oder einer zweiten Gruppe umfassend oder bestehend aus Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Bismut, Blei, Silber, Phosphor sowie aus der Herstellung stammende unvermeidbare Verunreinigungen enthält, wobei der Summenanteil dieser Legierungselemente mindestens 1 Gew.-% und maximal 30 Gew.-% beträgt.

**[0006]** Auf der Suche nach einer Antifrettingschicht mit verbesserten Eigenschaften hat die Anmelderin neben den bereits voranstehend erwähnten Silberlegierungsschichten unter anderem auch Kupferbasislegierungen untersucht und überraschend festgestellt, dass voranstehend genannte Kupferbasislegierungen deutlich bessere Verschleißigenschaften und/oder eine deutlich höhere Dauerfestigkeit, jedenfalls aber einen verbesserten Schutz vor Schäden durch Fretting aufwiesen als andere, wodurch die damit ausgestatteten Lager insbesondere für hoch beanspruchte Lager einsetzbar sind. Zurückgeführt wird dies auf den Zusatz von einem Legierungselement aus der Gruppe umfassend oder bestehend aus Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Selen, Antimon zur Ausbildung einer binären Legierung oder einem Legierungselement aus der Gruppe umfassend oder bestehend aus Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Zinn, Antimon sowie zumindest einem weiteren Element aus dieser Gruppe und/oder einer zweiten Gruppe umfassend oder bestehend aus Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Bismut, Blei, Silber, Phosphor zur Ausbildung eines zumindest ternären Legierungssystems.

**[0007]** Insbesondere wird durch Silizium die Festigkeit der Antifrettingschicht verbessert.

**[0008]** Durch Zink, Nickel und Kobalt wird die Korrosionsbeständigkeit der Antifrettingschicht

verbessert. Durch Zink wird zudem die Kaltumformbarkeit der Antifrettingschicht verbessert.

**[0009]** Zur Verbesserung der Gleitfähigkeit der Antifrettingschicht kann neben der Kupfer-Mischkristallphase eine gleitfähige Weichphase in der Matrix vorliegen, die insbesondere durch Blei, Bismut oder zumindest einen Festschmierstoff wie  $\text{MoS}_2$ , Graphit,  $\text{WS}_2$  etc. gebildet wird.

**[0010]** Germanium, Indium, Zinn, Bismut, Blei und Antimon verbessern die Anpassungsfähigkeit und/oder die Korrosionsfestigkeit der Antifrettingschicht an das das Gleitlager aufnehmende Gehäuse.

**[0011]** Durch Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Selen und Antimon wird weiters die Neigung des Kupferwerkstoffes mit dem Stahl zu verschweißen vermindert. Die Anmelderin vermutet, dass einerseits die gegenseitige Löslichkeit, also des Gehäusewerkstoffes in dem Beschichtungsmaterial und umgekehrt, und damit ein Materialübertrag reduziert, die Korrosionsfestigkeit und mechanische Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß und Ermüdung durch Bildung eines Substitutionsmischkristalls verbessert und dass durch die Legierungspartner die Bildung von dünnen fest haftenden, die Oberflächen von einander trennenden, Oxidschichten und/oder Reaktionsschichten mit Öladditiven erleichtert wird.

**[0012]** Durch Kombinationen dieser Elemente können die Eigenschaften der Beschichtung gezielt eingestellt werden bzw. auf den jeweiligen Anwendungsfall maßgeschneidert werden.

**[0013]** Es wurde dabei beobachtet, dass unter einem gewissen Gehalt der Effekt zu gering ist, über einem gewissen Wert und insbesondere über dem Summenwert von 30 Gew.-% sich große Mengen harter, spröder intermetallischer Phasen bilden, die sich negativ auf die Antifrettingschicht auswirken.

**[0014]** So wird beispielsweise eine Cu-Sn oder Cu-Ge Legierung durch Zusatz von 1 Gew.-% bis 25 Gew.-% Zn oder 1 Gew.-% bis 20 Gew.-% Indium deutlich unempfindlicher gegen den korrosiven Angriff, insbesondere schwefelhaltiger, Öladditive.

**[0015]** Eine Cu-Al Legierung wird durch Zusatz von 0,2 Gew.-% bis 15 Gew.-% Antimon deutlich verschleißfester, da ein Teil der Legierungselemente als feindisperse AlSb-Hartphase ausgeschieden wird.

**[0016]** Durch Zulegieren eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe Mangan, Eisen, Nickel, Cobalt kann die mechanische Festigkeit der Beschichtung und deren Korrosionsbeständigkeit stark erhöht werden. Insbesondere durch Nickel wird auch die Verformbarkeit verbessert. Leider wird durch diese Elemente die Verschweißneigung mit dem Gehäusematerial erhöht. Dieser Effekt wurde besonders bei Gehalten über 5 Gew.-%, insbesondere über 10 Gew.-%, beobachtet.

**[0017]** In Kombination mit Phosphor kommt es zur Bildung von  $\text{Me}_3\text{P}$  und  $\text{Me}_2\text{P}$  Phasen, wobei Me für ein Metall aus der oben genannten Gruppe Mangan, Eisen, Nickel, Cobalt steht.

**[0018]** Diese in der Matrix feinverteilten Hartphasen verbessern die Antifretting-Eigenschaften deutlich. Da in diesen Phasen die jeweiligen Metalle gebunden sind, wird ihr negativer Einfluss auf die Verschweißneigung mit dem Gehäusematerial vermindert und meist vom positiven Einfluss der Hartphasen überwogen, wobei die Festigkeit durch die feindispersen Ausscheidungen meist erhalten bleibt.

**[0019]** Durch Zulegieren eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe Blei, Bismut und Silber oder durch Zusatz von Festschmierstoffen wie Graphit,  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$  wird eine weitere Phase in das Gefüge eingebracht, die besonders gute Gleiteigenschaften aufweist. Dadurch kann eine Schädigung durch Fretting weiter vermindert werden oder eine Schädigung unter extremen Betriebszuständen (vergleichbar mit den Notlaufeigenschaften eines Lagermetalls) reduziert werden.

**[0020]** Blei, Bismut und Festschmierstoffe sind besonders weiche Materialien, die potenziell die Belastbarkeit der Beschichtung schwächen könnten, daher ist ihr Gehalt nach oben zu begrenzen.

**[0021]** Silber wird von vielen, insbesondere schwefelhaltigen Öladditiven, stark angegriffen. Dieser unerwünschte Effekt tritt besonders ausgeprägt bei Gehalten über 20 Gew.-% auf.

**[0022]** Die Angaben der bevorzugten Bereiche in den folgenden Ausführungsvarianten sind unter diesen, voranstehend angeführten Gesichtspunkten zu betrachten.

**[0023]** Nach einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der Zinngehalt zwischen 5 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 8 Gew.-% und 19 Gew.-%, insbesondere zwischen 10 Gew.-% und 16 Gew.-%, beträgt. Es wird damit die Härte der Antifrettingschicht erhöht, wodurch einerseits die Neigung zum "Festfressen" verringert wird und andererseits damit auch die Verschleißbeständigkeit weiter erhöht wird. Oberhalb von 25 Gew.-% bilden sich überwiegend intermetallische Phasen, die sehr spröde sind, wodurch die Verschleißbeständigkeit wieder sinkt. Unterhalb von 5 Gew.-% sind hingegen geringfügige Verbesserungen zu beobachten, die für sich allein allerdings nicht die gewünschten Verbesserungen erbrachten.

**[0024]** Insbesondere traten die voranstehend genannten Effekte betreffend die besseren Verschleißigenschaften, die höhere Dauerfestigkeit und/oder der verbesserte Schutz vor Schäden durch Fretting auf, wenn zumindest eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

**[0025]** - Der Anteil an Aluminium in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 2 Gew.-% und 12 Gew.-%, bevorzugt zwischen 4 Gew.-% und 8 Gew.-%.

**[0026]** - Der Anteil an Silizium in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-%, bevorzugt zwischen 3 Gew.-% und 5 Gew.-%.

**[0027]** - Der Anteil an Germanium in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 3 Gew.-% und 15 Gew.-%, bevorzugt zwischen 4 Gew.-% und 10 Gew.-%.

**[0028]** - Der Anteil an Indium in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,2 Gew.-% und 20 Gew.-%, bevorzugt zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 2 Gew.-% und 4 Gew.-%.

**[0029]** - Der Anteil an Zink in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,5 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%. Oberhalb von 15 Gew.-% wird die Antifrettingschicht zu "spröde". Unterhalb von 0,5 Gew.-% konnte keine wesentliche Verbesserung der Eigenschaften der Kupferlegierung beobachtet werden.

**[0030]** - Der Anteil an Mangan in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,3 Gew.-% und 1 Gew.-%.

**[0031]** - Der Anteil an Eisen in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,3 Gew.-% und 1 Gew.-%.

**[0032]** - Der Anteil an Nickel in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,2 Gew.-% und 8 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,5 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 3 Gew.-%.

**[0033]** Der Anteil an Kobalt in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,2 Gew.-% und 8 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,5 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 3 Gew.-%.

**[0034]** - Der Summenanteil an Mangan, Eisen, Nickel und Cobalt beträgt maximal 10 Gew.-%, vorzugsweise maximal 6 Gew.-%.

**[0035]** - Der Anteil an Bismut in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 Gew.-% und 10 Gew.-%.

**[0036]** - Der Anteil an Blei in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 Gew.-% und 10 Gew.-%.

- [0037] - Der Anteil an Silber in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 1 Gew.-% und 20 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-%.
- [0038] - Der Anteil an Antimon in der Kupferbasislegierung beträgt zwischen 0,2 Gew.-% und 15 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 10 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%.
- [0039] - Der Anteil an Phosphor beträgt zwischen 0,01 Gew.-% und 3 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,05 Gew.-% und 0,3 Gew.-% oder bei einem Summen-Legierungsanteil an Mn, Fe, Ni und Co von über 0,6 Gew.-% bevorzugt zwischen 2 % und 50 %, noch bevorzugter zwischen 10 % und 30 % dieses Wertes von 0,01 Gew.-% und 0,3 Gew.-%.
- [0040] - Der Anteil an Seltenen Erden, Chrom, Zirkonium, Titan und Beryllium beträgt in Summe zwischen 0,001 Gew.-% und 0,5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,01 Gew.-% und 0,2 Gew.-%. Diese Elemente können neben zumindest zwei Hauptlegierungselementen zur Kornfeinung oder Aufhärtung zulegiert werden.
- [0041] Der Anteil an Selen beträgt maximal 0,1 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,0001 Gew.-% und 0,01 Gew.-%. Selen wirkt in cyanidischen Kupferelektrolyten als Glanzzusatz, auch die Mikrostruktur und Mikroebene können verbessert werden. Höherer Selengehalt versprödet allerdings die Schicht.
- [0042] Anstelle von Selen kann auch Schwefel oder Tellur eingesetzt werden.
- [0043] Es ist weiters möglich, dass die Antifrettingschicht einen Gehalt an einem oder mehreren der Elemente Silizium, Germanium, Indium, Zink, Nickel, Kobalt, Bismut, Blei und Antimon enthält, wobei deren Summenanteil zwischen 0,2 Gew.-% und 20 Gew.-% beträgt. Es ist damit eine weitere Anpassung der Antifrettingschicht an hochbeanspruchte Lager möglich.
- [0044] Gemäß einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass der Antifrettingschicht eine Schichtdicke zwischen 2 µm und 100 µm, bevorzugt zwischen 3 µm und 30 µm, insbesondere zwischen 4 µm und 15 µm aufweist. Durch Einhaltung der unteren Grenze von 2 µm für die Schichtdicke wird erreicht, dass die Antifrettingschicht auch nach Verschleiß der Rauheitsspitzen eine zusammenhängende Schicht bildet. Bei Schichtdicken von über 100 µm wurde eine verschlechterte Haftung der Antifrettingschicht am Untergrund durch Spannungen am Interface beobachtet.
- [0045] Die Antifrettingschicht weist bevorzugt eine Mikrohärtigkeit nach Vickers bei einer Prüflast von 3 Pond zwischen HV 200 und HV 500, bevorzugt zwischen HV 230 und HV 400, insbesondere zwischen HV 250 und HV 350, auf, wodurch der Abrieb aufgrund von Mikrobewegungen des Gleitlagers im Gehäuse reduziert werden kann und somit die Reibkorrosion der Antifrettingschicht weiter reduziert werden kann. Über 500 HV ist die plastische Verformbarkeit meist so gering, dass einwirkende Kräfte lokal zur Rissbildung und zu Brüchen der Schicht führen. Unter 200 HV wird die Verschleißfestigkeit nicht in dem gewünschten Maße erreicht.
- [0046] Vorzugsweise weisen die Kupfer-Mischkristall-Körner in der Antifrettingschicht eine Korngröße von größer 5 nm, bevorzugt von größer 10 nm, insbesondere von größer 50 nm, aufweisen. Es ist damit der kristalline Charakter der Kupferbasislegierung stärker ausgeprägt, wodurch in der Folge auch die von der voranstehend beschriebenen Orientierung abhängigen Eigenschaften stärker zu Ausdruck kommen.
- [0047] Gemäß einer Ausführungsvariante ist die Antifrettingschicht bevorzugt im Wesentlichen frei von intermetallischen Phasen und erscheint in der XRD-Messung als Mischkristall mit Kupfer-Kristallgitter, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante diese aus Kupfer-Mischkristallen mit einer Gitterkonstante zwischen 0,3630 nm und 0,3750 nm besteht. Es wird dadurch die Ausbildung der bevorzugten Ausrichtung der Kupfer-Mischkristall-Körner in der Schicht aus der Kupferbasislegierung unterstützt bzw. zumindest nicht behindert, sodass die Antifrettingschicht ein homogeneres Eigenschaftsprofil aufweist.
- [0048] Gemäß einer Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Antifrettingschicht eine Schichtdicke von mindestens 50 %, insbesondere mindestens 150 %, und maximal 1000 %, aufweist.

bevorzugt maximal 300 %, der Rauigkeit Rz der Stützschrift bzw. einer gegebenenfalls zwischen der Stützschrift und der Antifrettingschrift angeordneten Zwischenschicht aufweist. Es wird damit ein „Einebnungseffekt“ der unter der Antifrettingschrift liegenden Schicht erreicht, wobei gleichzeitig durch die vorhandene Rauigkeit eine bessere Haftung zwischen dieser Schicht und der Antifrettingschrift erzielt werden kann. Insbesondere wird damit ein Abrieb, der durch Profilsitzen des Rauigkeitsprofils der unterhalb der Antifrettingschrift angeordneten Schicht entstehen könnte, besser vermieden.

**[0049]** Zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit des Mehrschichtgleitlagers an eine dieses aufnehmende Oberfläche des Gehäuses kann vorgesehen werden, dass die Antifrettingschrift eine Beschichtung aufweist, die weicher ist als die Antifrettingschrift. Bevorzugt besteht dabei diese Beschichtung aus einem Werkstoff besteht, der ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Zinn, Blei, Bismut, polymerbasierte Gleitlacke.

**[0050]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figur näher erläutert.

**[0051]** Es zeigt in schematisch vereinfachter Darstellung:

**[0052]** Fig. 1 ein Mehrschichtgleitlager in Form einer Gleitlagerhalbschale in Seitenansicht.

**[0053]** Einführend sei festgehalten, dass in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen sind und sind diese 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, erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

**[0054]** Fig. 1 zeigt ein Mehrschichtgleitlager 1 in Form einer Gleitlagerhalbschale. Dargestellt ist eine dreischichtige Variante des Mehrschichtgleitlagers 1, bestehend aus einer Stützschrift 2, einer Gleitschrift 3, die auf einer Vorderseite 4 des Mehrschichtgleitlagers 2, die einem zu lagernden Bauteil zuwendbar ist, und einer Antifrettingschrift 5, die auf einer Rückseite 6 des Mehrschichtgleitlagers 1 und auf der Stützschrift 2 angeordnet ist. Gegebenenfalls kann eine Lagermetallschrift 7 zwischen der Gleitschrift 4 und der Stützschrift 2 angeordnet sein, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist.

**[0055]** Der prinzipielle Aufbau derartiger Mehrschichtgleitlager 1, wie sie z.B. in Verbrennungskraftmaschinen Verwendung finden, ist aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen hierzu erübrigen. Es sei jedoch erwähnt, dass weitere Schichten angeordnet werden können, also beispielsweise zwischen der Gleitschrift 4 und der Lagermetallschrift 3 und/oder zwischen Antifrettingschrift 5 und der Stützschrift 2 der eine Haftvermittlerschrift und/oder eine Diffusionssperrschicht, ebenso kann zwischen der Lagermetallschrift 3 und der Stützschrift 2 eine Haftmittelschrift angeordnet werden.

**[0056]** Im Rahmen der Erfindung kann das Mehrschichtgleitlager 1 auch anders ausgeführt sein, beispielsweise als Lagerbuchse, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist. Ebenso sind Ausführungen wie Anlaufringe, axial laufende Gleitschuhe, oder dergleichen möglich.

**[0057]** Daneben besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass auf die Lagermetallschrift 3 verzichtet wird, sodass die Gleitschrift 4 entweder direkt oder unter Zwischenanordnung eines Haftvermittlers und/oder einer Diffusionssperrschicht auf die Stützschrift 2 aufgebracht sein kann.

**[0058]** Die Stützmetallschrift 2 besteht bevorzugt aus Stahl, kann aber auch aus einem Werkstoff, der dem Mehrschichtgleitlager 1 die erforderliche Strukturfestigkeit verleiht bestehen. Derartige Werkstoffe sind aus dem Stand der Technik bekannt.

**[0059]** Für die Lagermetallschrift 3 bzw. die Gleitschrift 3 sowie die Zwischenschichten können die aus dem einschlägigen Stand der Technik bekannten Legierungen bzw. Werkstoffe verwendet werden, und sei diesbezüglich darauf verwiesen.

**[0060]** Erfindungsgemäß besteht die Antifrettingschicht 5 aus einer Kupferbasislegierung, die neben Cu ein Legierungselement aus der Gruppe umfassend oder bestehend aus Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Antimon enthält oder ein Legierungselement aus der Gruppe umfassend oder bestehend aus Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Zinn, Antimon sowie zumindest ein weiteres Element aus dieser Gruppe und/oder einer zweiten Gruppe umfassend oder bestehend aus Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Bismut, Blei, Silber, Phosphor sowie aus der Herstellung stammende unvermeidbare Verunreinigungen enthält, wobei der Summenanteile dieser Legierungselemente mindesten 1 Gew.-% und maximal 30 Gew.-% beträgt, und wobei in der Kupferlegierung aus Kupfer und den Elementen gebildete Kupfer-Mischkristall-Körner vorliegen.

**[0061]** Der Anteil an Aluminium in der Kupferbasislegierung kann zwischen 2 Gew.-% und 12 Gew.-%, bevorzugt zwischen 4 Gew.-% und 8 Gew.-%, betragen.

**[0062]** Der Zinngehalt kann zwischen 5 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 8 Gew.-% und 19 Gew.-%, insbesondere zwischen 10 Gew.-% und 16 Gew.-%, betragen.

**[0063]** Der Zinkgehalt kann zwischen 0,5 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, betragen.

**[0064]** Der Anteil an Mangan kann zwischen 0,2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,3 und 1 Gew.-%, betragen.

**[0065]** Der Anteil an Eisen kann zwischen 0,2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,3 Gew.-% und 1 Gew.-%, betragen.

**[0066]** Der Gehalt an Silizium kann zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 3 Gew.-% und 5 Gew.-%, betragen.

**[0067]** Der Gehalt an Germanium kann zwischen 3 Gew.-% und 15 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 4 Gew.-% und 10 Gew.-%, betragen.

**[0068]** Der Gehalt an Indium kann zwischen 0,2 Gew.-% und 20 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 2 Gew.-% und 4 Gew.-%, betragen.

**[0069]** Der Gehalt an Nickel kann zwischen 0,2 Gew.-% und 8 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 3 Gew.-%, betragen.

**[0070]** Der Gehalt an Kobalt kann zwischen 0,2 Gew.-% und 8 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 0,5 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 3 Gew.-%, betragen.

**[0071]** Der Gehalt an Bismut kann zwischen 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 2 Gew.-% und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 Gew.-% und 10 Gew.-%, betragen.

**[0072]** Der Gehalt an Blei kann zwischen 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 2 Gew.-% und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 Gew.-% und 10 Gew.-%, betragen.

**[0073]** Der Anteil an Silber kann zwischen 1 Gew.-% und 20 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-%, betragen.

**[0074]** Der Gehalt an Antimon kann zwischen 0,2 Gew.-% und 15 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 0,2 Gew.-% und 10 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, betragen.

**[0075]** Der Anteil an Phosphor kann zwischen 0,01 Gew.-% und 3 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,05 Gew.-% und 0,3 Gew.-% oder bei einem Summen-Legierungsanteil an Mn, Fe, Ni und Co von über 0,6 Gew.-% bevorzugt zwischen 2 % und 50 %, noch bevorzugter zwischen 10 % und 30 %, diese Wertes von 0,01 Gew.-% und 0,3 Gew.-%.

**[0076]** Der Anteil an Seltenen Erden, Chrom, Zirkonium, Titan und Beryllium kann in Summe zwischen 0,001 Gew.-% und 0,5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,01 Gew.-% und 0,2 Gew.-%, betragen.

**[0077]** Der Anteil an Selen kann maximal 0,1 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,0001 Gew.-% und 0,01 Gew.-%, betragen.

**[0078]** Anstelle von Selen kann auch Schwefel oder Tellur eingesetzt werden.

**[0079]** Vorzugsweise beträgt der Gehalt an einem oder mehreren der Elemente Silizium, Germanium, Indium, Zink, Nickel, Kobalt, Bismut, Blei und Antimon in Summe zwischen 0,2 Gew.-% und 20 Gew.-%.

**[0080]** Diese Kupferbasislegierungen werden bevorzugt galvanisch auf der Rückseite 6 auf dem jeweiligen Substrat, also beispielsweise der Stützschrift 2, abgeschieden. Der Elektrolyt hierfür kann cyanidhaltig oder bevorzugt cyanidfrei sind. Bevorzugte Parameter für die Abscheidung sowie bevorzugte Badzusammensetzungen sind in den folgenden Beispielen wiedergegeben.

**[0081]** Beispiel 1: cyanidhaltiger Elektrolyt zur Abscheidung einer Cu-Sn-Zn Legierung

**[0082]** Kupfer (I)..... 0,25 mol/l - 0,35 mol/l

**[0083]** Zinn (IV)..... 0,10 mol/l - 0,20 mol/l

**[0084]** Zink..... 0,05 mol/l - 0,20 mol/l

**[0085]** Freies Cyanid..... 0,30 mol/l - 0,45 mol/l

**[0086]** Freie Alkalität..... 0,20 mol/l - 0,30 mol/l

**[0087]** Tartrat..... 0 mol/l - 0,20 mol/l

**[0088]** Additiv..... 0,5 g/l - 5 g/l

**[0089]** Temperatur..... 55 °C - 65 °C

**[0090]** Stromdichte ..... 1 A/dm<sup>2</sup>-4A/dm<sup>2</sup>

**[0091]** Beispiel 2: cyanidhaltiger Elektrolyt zur Abscheidung einer Cu-Ge-Zn Legierung

**[0092]** Kupfer (I)..... 0,25 mol/l - 0,35 mol/l

**[0093]** Germanium..... 0,05 mol/l - 0,30 mol/l

**[0094]** Zink..... 0,05 mol/l - 0,20 mol/l

**[0095]** Freies Cyanid..... 0,30 mol/l - 0,45 mol/l

**[0096]** Freie Alkalität..... 0,20 mol/l - 1,0 mol/l

**[0097]** Citrat..... 0 mol/l - 0,20 mol/l

**[0098]** Additiv..... 0,5 g/l - 5 g/l

**[0099]** Temperatur..... 55 °C - 65 °C

**[00100]** Stromdichte..... 1 A/dm<sup>2</sup>-4 A/dm<sup>2</sup>

**[00101]** Beispiel 3: cyanidfreier Elektrolyt auf Methansulfonsäurebasis zur Abscheidung einer Cu-Sn-Bi Legierung

**[00102]** Kupfer (II)..... 0,25 mol/l - 0,35 mol/l

**[00103]** Zinn (II) ..... 0,10 mol/l - 0,20 mol/l

**[00104]** Bismut..... 0,05 mol/l - 0,2 mol/l

**[00105]** Freie Säure..... 0,8 mol/l - 2 mol/l

**[00106]** Additiv..... 5 g/l- 50 g/l

**[00107]** Temperatur..... 20 °C - 30 °C

**[00108]** Stromdichte..... 0,5 A/dm<sup>2</sup> - 3 A/dm<sup>2</sup>



**[00109]** Beispiel 4: cyanidfreier Elektrolyt auf Tetrafluoroborsäurebasis zur Abscheidung einer Cu-Sn-Sb-Pb Legierung

**[00110]** Kupfer (II)..... 0,25 mol/l - 0,35 mol/l

**[00111]** Zinn (II) ..... 0,10 mol/l - 0,20 mol/l

**[00112]** Antimon (III) ..... 0,02 mol/l - 0,10 mol/l

**[00113]** Blei (II) ..... 0,05 mol/l - 0,5 mol/l

**[00114]** Freie Säure ..... 0,8 mol/l - 2 mol/l

**[00115]** Additiv ..... 5 g/l - 50 g/l

**[00116]** Temperatur ..... 20 °C - 30 °C

**[00117]** Stromdichte..... 0,5 A/dm<sup>2</sup> - 3 A/dm<sup>2</sup>

**[00118]** Beispiel 5: cyanidfreier Elektrolyt auf Pyrophosphat- oder Phosphonatbasis zur Abscheidung einer Cu-Sn-In-Legierung

**[00119]** Kupfer (II)..... 0,10 mol/l-0,40 mol/l

**[00120]** Zinn (II) ..... 0,05 mol/l-0,50 mol/l

**[00121]** Indium..... 0,05 mol/l - 0,50 mol/l

**[00122]** pH-Wert ..... 8-10

**[00123]** Additiv ..... 0,5 g/l - 50 g/l

**[00124]** Temperatur ..... 40 °C - 80 °C

**[00125]** Stromdichte..... 0,5 A/dm<sup>2</sup> - 5 A/dm<sup>2</sup>

**[00126]** In der bevorzugten Ausführung des Elektrolyts enthält dieser neben den Salzen für die abzuscheidenden Metalle auch organische Verbindungen. Insbesondere sind dies im Falle cyanidischer Elektrolyte Polycarbonsäuresalze wie Citrat oder Tartrat, im Falle der nicht cyanidischen sauren Elektrolyte Naphthol oder Naphtholderivate oder Thioverbindungen. Dadurch wird erreicht, dass die erfindungsgemäße Ausrichtung über einen weiteren Bereich an Badparametern erhalten wird.

**[00127]** Folgende Salze können zur Abscheidung der Metalle verwendet werden:

**[00128]** Kupfer kann als Kupfer(II)tetrafluoroborat, Kupfer(II)methansulfonat, Kupfer(II)sulfat, Kupfer(II)pyrophosphat, Kupfer(I)cyanid, Kupfersalze von Hydroxy- und/oder Aminophosphonsäuren eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Kupfer im Elektrolyt zwischen 0,05 mol/l und 1 mol/l betragen.

**[00129]** Zinn kann als Zinn(II)tetrafluoroborat, Zinn(II)methansulfonat, Zinn(II)sulfat, Zinn(II)pyrophosphat, Natriumstannat, Kaliumstannat, Zinn(II)salze von Hydroxy- und/oder Aminophosphonsäuren eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Zinn im Elektrolyt bis zu 0,5 mol/l betragen.

**[00130]** Zink kann als Zink(II)tetrafluoroborat, Zink(II)methansulfonat, Zink(II)sulfat, Zink(II)pyrophosphat, Zinkoxid, Zinkcyanid, Zink(II)salze von Hydroxy- und/oder Aminophosphonsäuren eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Zink im Elektrolyt bis zu 0,5 mol/l betragen.

**[00131]** Silizium kann als Pulver oder beispielsweise in Form von Siliziumcarbid dem Elektrolyten beigegeben werden um damit Dispersionsschichten auszubilden.

**[00132]** Germanium kann als Germaniumdioxid oder Natrium- oder Kaliumgermanat eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Germanium im Elektrolyt bis zu 0,5 mol/l betragen.

**[00133]** Indium kann als Indiumoxid, Indiumcyanid, Indiumsulfat, Indiumfluoroborat, Indiummethansulfonat eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Indium im Elektrolyt bis zu 0,5 mol/l betragen.

**[00134]** Nickel kann als Nickel(II)tetrafluoroborat, Nickel(II)methansulfonat, Nickel(II)sulfat, Ammonium-Nickel-Sulfat, Nickel(II)chlorid, Nickel(II)pyrophosphat, Nickel(II)oxid eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Nickel im Elektrolyt bis zu 1 mol/l betragen.

**[00135]** Mangan, Cobalt und Eisen können in der gleichen Form und Konzentration wie Nickel eingesetzt werden.

**[00136]** Bismut kann als Bismuttrifluorid, Bismut(III)methansulfonat, Bismut(III)sulfat, Bismut(III)pyrophosphat, Bismutoxid, Natrium- oder Kaliumbismutat eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Bismut im Elektrolyt bis zu 0,5 mol/l betragen.

**[00137]** Blei kann als Blei(II)tetrafluoroborat, Blei(II)methansulfonat, Blei(II)pyrophosphat, Bleiacetat, Blei(II)oxid, Natrium- oder Kaliumplumbat eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Blei im Elektrolyt bis zu 0,3 mol/l betragen.

**[00138]** Antimon kann als Antimon(III)tetrafluoroborat, Antimontrifluorid, Antimon(III)oxid, Kaliumantimonatartrat eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Antimon im Elektrolyt bis zu 0,2 mol/l betragen.

**[00139]** Silber kann als Cyanid, Alkalisilbercyanid, Silbermethansulfonat, Silbernitrat eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Antimon im Elektrolyt bis zu 0,5 mol/l betragen.

**[00140]** Phosphor kann als Phosphorige Säure, Alkaliphosphit, Alkalihypophosphit eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration bis zu 2 mol/L betragen.

**[00141]** Selen kann als Selendioxid, Alkaliselenat oder Alkaliselenit eingesetzt werden. Generell kann die Konzentration an Selen im Elektrolyt zwischen 0,05 mmol/l und 5 mmol/l betragen.

**[00142]** Mögliche Stabilisatoren bzw. Grundelektrolyte, Leitsalze oder Komplexbildner sind: Alkalicyanide, Alkalihydroxide, Tetrafluoroborsäure, Flusssäure, Methansulfonsäure, Weinsäure und deren Alkali- und Ammoniumsalze, Citronensäure und deren Alkali- und Ammoniumsalze, Ammonium- und Alkalipyrophosphate, Phosphonsäure und deren Alkali- und Ammoniumsalze, 2,2-Ethylendithiodiethanol, Hydantion und dessen Derivate, Succinimid und dessen Derivate, Phenol- und Kresolsulfonsäuren, in einer Gesamtkonzentration zwischen 0,1 mol/l und 2 mol/l.

**[00143]** Mögliche Oxidationsinhibitoren in cyanidfreien Elektrolyten sind: Resorcin, Hydrochinon, Brenzkatechin, Pyrogallol, Formaldehyd, Methanol, in einer Gesamtkonzentration zwischen 0,03 mol/l und 0,3 mol/l.

**[00144]** Mögliche Additive sind: Phenolphthalein, Thioverbindungen und deren Derivate, Thioharnstoff und dessen Derivate, Alpha- oder Beta-Naphtol und deren Ethoxylate, Alpha- und Beta-Naphtholsulphonsäure und deren Ethoxylate, o-Toluidin, Hydroxychinolin, Ligninsulfonat, Butindiol, in einer Gesamtkonzentration zwischen 0,0005 mol/l und 0,05 mol/l, bevorzugt 0,002 mol/l und 0,02 mol/l und Gelatine, Leim, nichtionische und kationische Tenside, Aminoverbindungen, beispielsweise C8-C20-amidopropylamine und deren Derivate, Polyethylenglycol und dessen funktionalisierte Derivate, Pepton, Glycin, in einer Gesamtkonzentration zwischen 0 g/l - 50 g/l.

**[00145]** Es können jeweils auch Mischungen aus den voranstehend genannten Bestandteilen der Elektrolyte verwendet werden, also z.B. zumindest zwei Salze eines bzw. des jeweiligen Metalls und/oder zumindest zwei Stabilisatoren und/oder zumindest zwei Oxidationsinhibitoren und/oder zumindest zwei Additive.

**[00146]** Zu beachten ist, dass aus Sicherheitsgründen cyanidhaltige Elektrolyte nur aus alkalischen Salzen oder Vormischungen hergestellt werden dürfen.

**[00147]** Die Legierungselemente können in Form der oben genannten, löslichen Verbindungen oder Komplexe einem entsprechenden Elektrolyten zugesetzt und aus diesem mit abgeschie-

den werden. Ebenso ist eine Legierungsbildung durch Eindiffusion der Elemente in die Schicht oder Mitabscheidung von im Elektrolyten suspendierten Partikeln möglich.

**[00148]** Neben der galvanischen Abscheidung sind aber auch andere Herstellungsmethoden der Kupferbasislegierung bzw. der Antifrettingschicht möglich. Beispielsweise kann die Kupferbasislegierung gegossen werden und ein Streifen daraus auf das Substrat aufgewalzt werden. Es ist aber auch ein direkter Guss auf das Substrat möglich, wodurch der zusätzliche Herstellungsschritt der Streifenbildung entfallen kann. Diese Verfahren sind prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt, sodass in diesem Zusammenhang hierauf verwiesen sei.

**[00149]** Es sind aber auch PVD- Verfahren, wie Sputtern, Aufdampfen, CVD-Verfahren, Ionenimplantationsverfahren, Flamm- und Plasmaspritz-Verfahren, Gießverfahren, Sinterverfahren oder Plattierverfahren zur Erzeugung der Antifrettingschicht 5 oder zu deren Modifikation, z.B. durch Ionenimplantationsverfahren, etc., möglich.

**[00150]** Die Abscheidung der jeweiligen Antifrettingschicht 5 kann auf einem bereits vorgeformten Mehrschichtgleitlager 1 erfolgen, also z.B. auf einer Gleitlagerhalbschale. Ebenso ist es im Rahmen der Erfindung möglich, dass die Antifrettingschicht 5 auf einem ebenen Substratstreifen, beispielsweise einem Stahlstreifen, abgeschieden wird, und die mechanische Umformung zum fertigen Mehrschichtgleitlager 1, beispielsweise durch Pressen, etc., erst in einem daran anschließenden Herstellungsschritt durchgeführt wird.

**[00151]** Es wurden auf diese Weise Antifrettingschichten 5 folgender Zusammensetzungen in Tabelle 1 hergestellt. Die Angaben zur Zusammensetzung beziehen sich dabei auf Gew.-%. Den Rest auf 100 Gew.-% bildet jeweils Kupfer.

#### 1: ZUSAMMENSETZUNGEN VON ANTIFRETTINGSCHICHTEN 5

	Al	Si	Ge	Sn	In	Zn	Mn	Fe	Ni	Co	Bi	Pb	Ag	Sb	P	Sonstige
1	2		10					0,3							0,2	
2	4						1		1							Cr: 0,1
3	6											8				
4	8												5			
5	12					2										
6	5													2		
7	7	1,5													0,1	
8		2							2							
9		5			2											
10			4			5										
11			10										1			
12			15		1				5							La: 0,1
13				10	3		1									
14				15	2											
15				20		3										
16				10		5				0,5						
17				13		1										Zr: 0,05

18				10		1						10				
19				10							15					
20				5		5						15				
21				5										2		
22			2	10												
23				17		2					10					
24				12								9				
25		1	2	5		5										
26				11	3											
27				24						5						
28	3					15	2	2	1							
29							2	2					1,2		0,8	
30		10			10											
31					15		5									
32					20			4								
33						25				5						MoS2: 2
34					8						20					
35					2							25		1		
36			8			1							20			

**[00152]** Für Vergleichszwecke wurden weiters CuSn-Legierungen entsprechend der GB 2315301 A1 auf Stahl (Beispiele 37 bis 40) und entsprechend der WO 02/48563 A1 (Beispiel 41) auf einem Ti-Pleuel hergestellt. Die Angaben zu den Zusammensetzungen in Tabelle 2 sind wiederum in Gew.-%.

TABELLE 2: CUSN-LEGIERUNGEN NACH DEM STAND DER TECHNIK

Nr.	Sn	Cu
37	11	Rest
38	8,4	Rest
39	15	Rest
40	13	Rest
41	6	Rest

**[00153]** Auf dem Prüfstand zeigte sich, dass die erfindungsgemäßen zumindest temären CuSn-Legierungen deutlich bessere Eigenschaften aufwiesen als die CuSn-Legierungen nach dem Stand der Technik. Es wurde dabei ein zylindrischer Stempel (die Gehäusebohrung darstellend) mit einem Druck von 10 MPa auf eine mit den entsprechenden Materialien beschichtete Platte (den Lagerrücken darstellend) gedrückt. Der Kontaktbereich wurde geölt. Stempel und Platte wurden einer Relativbewegung von 0,1 mm Amplitude bei einer Frequenz von 10 Hz ausgesetzt. Alle Versuche wurden bei 120°C über 1.000.000 Relativbewegungen durchgeführt. Nach Beendigung des Versuches wurden die Kontaktpunkte auf Platte und Stempel untersucht. Bei allen Proben bildete sich auf den Kontaktflächen Ölkohle. Der Grad der Schädigung wurde

zwischen 1, keine Schädigung und 10, starker Frettingangriff eingestuft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

TABELLE 3: PRÜFERGEBNISSE ZU DEN BEISPIELEN 1 BIS 35

Nr.	Ergebnis	Nr.	Ergebnis	Nr.	Ergebnis
1	3	2	5	3	4
4	2	5	3	6	5
7	3	8	6	9	4
10	4	11	4	12	5
13	3	14	3	15	5
16	3	17	4	18	3
19	3	20	3	21	4
22	5	23	2	24	2
25	4	26	4	27	4
28	3	29	3	30	2
31	5	32	5	33	4
34	3	35	3	36	2
37	10	38	8	39	9
40	7	41	6		

**[00154]** Die Versuche wurden mit unterschiedlichen Stempelmateriale (z.B. Stahl Gusseisen, Aluminium, Titan) und Oberflächenzuständen (Geschliffen, Kugelgestrahlt, etc.) und auch mit Platten ohne Beschichtung und mit unterschiedlichen Oberflächenzuständen durchgeführt, wobei sich die oben dargestellten Ergebnisse bestätigten. Auch die Versuchsparameter wie Pressung, Amplitude, Temperatur, Schmieröl wurden variiert. Die Ergebnisse wurden mit Ergebnissen aus Motorenversuchen und Untersuchungsergebnissen an Teilen aus dem Feld korreliert.

**[00155]** Es zeigt sich deutlich, dass alle erfindungsgemäßen Antifrettingschichten 5 und auch alle getesteten Schichten nach dem Stand der Technik im Vergleich zu unbeschichteten Materialien den Frettingangriff vermindern. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend, daher wurden die einzelnen Ergebnisse hier nicht im Detail dargestellt. Entsprechend wurde auch die Bewertungsskala so angesetzt, dass zwischen guten und weniger guten Beschichtungen besser unterschieden werden kann, wobei nochmals betont werden muss, dass ein beschichteter Prüfteil mit einer Bewertung von 9 oder gar 10 (starker Fretting-Angriff) in der Regel weit weniger geschädigt war als eine unbeschichtete Prüfpaarung beispielsweise Stahlplatte gegen Stahlstempel oder Titanplatte gegen Stahlstempel.

**[00156]** Umso überraschender ist, dass mit erfindungsgemäßen Antifrettingschichten 5 im Vergleich zu den Schichten nach dem Stand der Technik eine weitere, deutliche Verminderung der Schädigung durch Fretting erzielt werden kann.

**[00157]** Binäre Legierungen für die Antifrettingschicht 5 in den voranstehend angegebenen Mengenbereichen haben eine Bewertung zwischen 4 und 6.

**[00158]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Antifrettingschicht 5 weist diese eine Schichtdicke zwischen 2 µm und 100 µm, bevorzugt zwischen 3 µm und 30 µm, insbesondere zwischen 4 µm und 15 µm auf, wie dies bereits voranstehend ausgeführt wurde.

**[00159]** Wie bereits voranstehend ausgeführt, weist die Antifrettingschicht 5 eine Schichtdicke

von mindestens 50 %, insbesondere mindestens 150 %, und maximal 1000 %, bevorzugt maximal 300 %, der Rauigkeit Rz der Stützschrift bzw. einer gegebenenfalls zwischen der Stützschrift und der Antifrettingschrift angeordneten Zwischenschrift auf.

**[00160]** Es wurden hierzu ebenfalls Tests durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

TABELLE 4: UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES DER SCHICHTDICKE AUF DIE QUALITÄT DER ANTIFRETTINGSCHICHT 5 (UNTERGRUND GESCHLIFFEN, RZ = 5 µM)

	Schichtdicke [µm]	Bewertung
CuSn13Zn3	1	10
CuSn13Zn3	4	5
CuSn13Zn3	12	3
CuSn13Zn3	25	4
CuSn13Zn3	100	5
CuSn13Zn3	500	9

**[00161]** Vorzugsweise weist die Antifrettingschrift 5 aus voranstehend genannten Gründen eine Mikrohärtigkeit nach Vickers bei einer Prüflast von 3 Pond zwischen HV 200 und HV 500, bevorzugt zwischen HV 230 und HV 400, insbesondere zwischen HV 250 und HV 350, auf.

**[00162]** Auswertungen von Röntgenbeugungsuntersuchungen haben gezeigt, dass eine Verbesserung der Eigenschaften der Antifrettingschrift 5 auftritt, wenn die Kupfer-Mischkristall-Körner eine Korngröße von größer 5 nm, bevorzugt von größer 10 nm, insbesondere von größer 50 nm, aufweisen.

**[00163]** XRD-Messungen der Antifrettingschrift 5 haben zudem gezeigt, dass Kupferbasislegierungen bessere Eigenschaften aufweisen, wenn diese im Wesentlichen frei von intermetallischen Phasen sind und als Mischkristall mit Kupfer-Kristallgitter erscheint, wobei besonders bevorzugt ist, wenn diese Kupferbasislegierungen aus Kupfer-Mischkristallen mit einer Gitterkonstante zwischen 0,3630 nm und 0,3750 nm bestehen.

**[00164]** Die Antifrettingschrift 5 kann zudem aus voranstehenden Gründen eine Beschichtung aufweisen, die weicher ist als die Antifrettingschrift 5, wobei die Beschichtung bevorzugt aus einem Werkstoff besteht, der ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Zinn, Blei, Bismut, polymerbasierte Gleitlacke. Prinzipiell sind sämtliche Gleitlacke verwendbar, die im Bereich von Gleitlagern bekannt sind. Bevorzugt wird jedoch ein Gleitlack verwendet, der in trockenem Zustand aus 40 Gew.-% bis 45 Gew.-% MoS<sub>2</sub>, 20 Gew.-% bis 25 Gew.-% Graphit und 30 Gew.-% bis 40 Gew.-% Polyamidimid besteht, wobei gegebenenfalls noch Hartpartikel, wie z.B. Oxide, Nitride oder Carbide, im dem Gleitlack in einem Anteil von in Summe maximal 20 Gew.-% enthalten sein können, die einen Anteil der Festschmierstoffe ersetzen.

**[00165]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Mehrschichtgleitlagers 1 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

## BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

- 1 Mehrschichtgleitlager
- 2 Stützschiicht
- 3 Gleitschiicht
- 4 Vorderseite
- 5 Antifrettingschiicht
- 6 Rückseite
- 7 Lagermetallschiicht

## Patentansprüche

1. Mehrschichtgleitlager (1) mit einer, einem zum lagernden Element zuwendbaren Vorderseite (4) und einer dieser gegenüberliegenden Rückseite (6), umfassend eine Stützschiicht (2), eine auf der Vorderseite (4) angeordnete Gleitschiicht (3) sowie eine auf der Rückseite (6) angeordnete Antifrettingschiicht (5), wobei die Antifrettingschiicht (5) aus einer Kupferbasislegierung mit Kupfer-Mischkristall-Körnern besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupferbasislegierung der Antifrettingschiicht (5) durch eine binäre Legierung mit einem Legierungselement aus der Gruppe Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Antimon oder durch eine zumindest ternäre Legierung mit einem Legierungselement aus der Gruppe Aluminium, Zink, Indium, Silizium, Germanium, Zinn, Antimon sowie zumindest einem weiteren Element aus dieser Gruppe und/oder der weiteren Gruppe Nickel, Kobalt, Eisen, Mangan, Bismut, Blei, Silber, Phosphor gebildet ist, gegebenenfalls mit aus der Herstellung stammenden, unvermeidbaren Verunreinigungen, wobei der Summenanteil dieser Legierungselemente mindestens 1 Gew.-% und maximal 30 Gew.-% beträgt.
2. Mehrschichtgleitlager (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Zinn in der Kupferbasislegierung zwischen 5 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 8 Gew.-% und 19 Gew.-%, insbesondere zwischen 10 Gew.-% und 16 Gew.-%, beträgt.
3. Mehrschichtgleitlager (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Aluminium in der Kupferbasislegierung zwischen 2 Gew.-% und 12 Gew.-%, bevorzugt zwischen 4 Gew.-% und 8 Gew.-%, beträgt.
4. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Silizium in der Kupferbasislegierung zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-%, bevorzugt zwischen 3 Gew.-% und 5 Gew.-%, beträgt.
5. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Germanium in der Kupferbasislegierung zwischen 3 Gew.-% und 15 Gew.-%, bevorzugt zwischen 4 Gew.-% und 10 Gew.-%, beträgt.
6. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Indium in der Kupferbasislegierung zwischen 0,2 Gew.-% und 20 Gew.-%, bevorzugt zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 2 Gew.-% und 4 Gew.-%, beträgt.
7. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Zink in der Kupferbasislegierung zwischen 0,5 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, beträgt.
8. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Mangan in der Kupferbasislegierung zwischen 0,2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,3 Gew.-% und 1 Gew.-%, beträgt.

9. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Eisen in der Kupferbasislegierung zwischen 0,2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,3 Gew.-% und 1 Gew.-%, beträgt.
10. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Nickel in der Kupferbasislegierung zwischen 0,2 Gew.-% und 8 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,5 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 3 Gew.-%, beträgt.
11. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Kobalt in der Kupferbasislegierung zwischen 0,2 Gew.-% und 8 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,5 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 3 Gew.-%, beträgt.
12. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Bismut in der Kupferbasislegierung zwischen 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 Gew.-% und 10 Gew.-%, beträgt.
13. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Blei in der Kupferbasislegierung zwischen 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 Gew.-% und 10 Gew.-%, beträgt.
14. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Silber in der Kupferbasislegierung zwischen 1 Gew.-% und 20 Gew.-%, bevorzugt zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-%, beträgt.
15. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Antimon in der Kupferbasislegierung zwischen 0,2 Gew.-% und 15 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,2 Gew.-% und 10 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%, beträgt.
16. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Phosphor zwischen 0,01 Gew.-% und 3 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,05 Gew.-% und 0,3 Gew.-% oder bei einem Summen-Legierungsanteil an Mn, Fe, Ni und Co von über 0,6 Gew.-% bevorzugt zwischen 2 % und 50 %, noch bevorzugter zwischen 10 % und 30 % dieses Wertes von 0,05 Gew.-% und 0,3 Gew.-% beträgt.
17. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Legierung Selen enthält, wobei der Anteil an Selen maximal 0,1 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,0001 Gew.-% und 0,01 Gew.-%, beträgt.
18. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Summenanteil an Mangan, Eisen, Nickel und Cobalt maximal 10 Gew.-%, vorzugsweise maximal 6 Gew.-%, beträgt.
19. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupferbasislegierung zumindest ein weiteres Element aus einer dritten Gruppe umfassend bzw. bestehend aus Seltenen Erden, Chrom, Zirkonium, Titan und Beryllium in einem Anteil von in Summe zwischen 0,001 Gew.-% und 0,5 Gew.-%, bevorzugt zwischen 0,01 Gew.-% und 0,2 Gew.-%, enthält.
20. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gehalt an einem oder mehreren der Elemente Silizium, Germanium, Indium, Zink, Nickel, Kobalt, Bismut, Blei und Antimon in der Kupferbasislegierung in Summe zwischen 0,2 Gew.-% und 20 Gew.-% beträgt.
21. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antifrettingschicht (5) eine Schichtdicke zwischen 2 µm und 100 µm, bevorzugt zwischen 3 µm und 30 µm, insbesondere zwischen 4 µm und 15 µm aufweist.



22. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antifrettingschicht (5) eine Mikrohärtigkeit nach Vickers bei einer Prüflast von 3 Pond zwischen HV 200 und HV 500, bevorzugt zwischen HV 230 und HV 400, insbesondere zwischen HV 250 und HV 350, aufweist.
23. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupfer-Mischkristall-Körner eine Korngröße von größer 5 nm, bevorzugt von größer 10 nm, insbesondere von größer 50 nm, aufweisen.
24. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antifrettingschicht (5) im Wesentlichen frei von intermetallischen Phasen ist und in der XRD-Messung als Mischkristall mit Kupfer-Kristallgitter erscheint.
25. Mehrschichtgleitlager (1) nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antifrettingschicht (5) aus Kupfer-Mischkristallen mit einer Gitterkonstante zwischen 0,3630 nm und 0,3750 nm besteht.
26. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antifrettingschicht (5) eine Schichtdicke von mindestens 50 %, insbesondere mindestens 150 %, und maximal 1000 %, bevorzugt maximal 300 %, der Rauigkeit  $R_z$  der Stützschiicht (5) bzw. einer gegebenenfalls zwischen der Stützschiicht (2) und der Antifrettingschicht (5) angeordneten Zwischenschicht aufweist.
27. Mehrschichtgleitlager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antifrettingschicht (5) eine Beschichtung aufweist, die weicher ist als die Antifrettingschicht (5).
28. Mehrschichtgleitlager (1) nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Beschichtung aus einem Werkstoff besteht, der ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend Zinn, Blei, Bismut, polymerbasierte Gleitlacke.

**Hierzu 1 Blatt Zeichnungen**

**Fig.1**

