



(10) **AT 517721 B1 2017-04-15**

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50043/2016
 (22) Anmeldetag: 28.01.2016
 (45) Veröffentlicht am: 15.04.2017

(51) Int. Cl.: **C23C 12/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 EP 2365109 A1
 US 4308321 A
 DE 102012223042 A1
 WO 2006120018 A1
 US 6194087 B1

(73) Patentinhaber:
 Miba Gleitlager Austria GmbH
 4663 Laakirchen (AT)

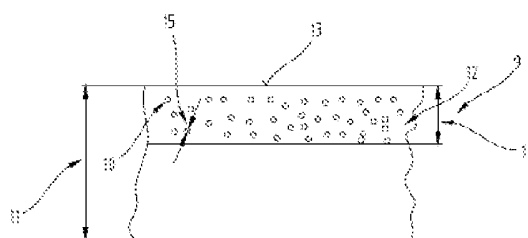
(72) Erfinder:
 Eberhard Alexander Dipl.Ing.
 4816 Gschwandt (AT)
 Hädicke Lukas Dipl.Ing.
 4813 Altmünster (AT)

(74) Vertreter:
 ANWÄLTE BURGER UND PARTNER
 RECHTSANWALT GMBH
 WINDISCHGASTEN

(54) Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagerelementes

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagerelementes (1) nach dem ein Verbundwerkstoff aus einer ersten Schicht und einer oder mehreren weiteren Schicht(en) hergestellt wird, wobei die weitere Schicht oder eine der weiteren Schichten als Gleitschicht (9) ausgebildet wird, und als Gleitschicht (9) eine Gusslegierung aus einer bleifreien Kupferbasislegierung hergestellt wird, wobei in die Kupferbasislegierung Ausscheidungen (10) eingebracht werden, die zumindest einen Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung aufweisen. Die Kupferbasislegierung wird nach dem Erstarren thermochemisch behandelt, wobei die Kupferbasislegierung mit zumindest einem Oxidationsmittel in Kontakt gebracht wird, und das Oxidationsmittel in die Kupferbasislegierung eindiffundiert wird, sodass zumindest ein Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung unter Bildung der Ausscheidungen (10) innerhalb der Kupferbasislegierung zumindest teilweise oxidiert wird, wobei die Ausscheidungen (10) nur innerhalb einer Teilschicht (12) der Kupferbasislegierung gebildet werden.

Fig.2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagerelementes nach dem ein Verbundwerkstoff aus einer ersten Schicht und einer oder mehreren weiteren Schicht(en) hergestellt wird, wobei die weitere Schicht oder eine der weiteren Schichten als Gleitschicht ausgebildet wird, und als Gleitschicht eine Gusslegierung aus einer bleifreien Kupferbasislegierung hergestellt wird, wobei in die Kupferbasislegierung Ausscheidungen eingebracht werden, die zumindest einen Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung aufweisen. Weiter betrifft die Erfindung ein Gleitlagerelement aus einem Verbundwerkstoff umfassend eine Stützmetallschicht und eine Gleitschicht sowie gegebenenfalls eine Zwischenschicht zwischen der Stützmetallschicht und der Gleitschicht, wobei die Gleitschicht aus einer Gusslegierung aus einer bleifreien Kupferbasislegierung gebildet ist, in der Ausscheidungen, die zumindest einen Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung aufweisen, enthalten sind.

[0002] Bleibronzen werden seit langem in Gleitlagern für die Motorenindustrie eingesetzt, da sie ein gutmütiges tribologisches Verhalten durch die Bleiausscheidungen aufweisen. Darüber hinaus ist deren gießtechnische Herstellung aus prozesstechnischer Sicht sehr robust, da die metallurgischen Phänomene der Mikroseigerung und der damit verbundenen Lunkerbildung durch das Blei verhindert oder ausgeglichen werden. Aus ökologischen Gründen sollen bleihaltige Bronzen jedoch vermieden werden. Es gibt dazu bereits verschiedene Ansätze von Gleitschichtlegierungen im Stand der Technik. So wird beispielsweise bei Gusslegierungen auf Basis von Messing oder Bronzen mit Hilfe von Legierungszusätzen, wie z.B. Chrom, Mangan, Zirkonium oder Aluminium versucht, die Reibungseigenschaften zu verbessern und im Speziellen die Fressneigung zu verringern. Allerdings konnten bislang weder das tribologische Verhalten noch die Stabilität des Gusses von Bleibronzen für eine Gleitschicht eines Gleitlagers zufriedenstellend mit bleifreien Bronzen nachgebildet werden. Dies führt zu Problemen bei bleifreien Bronzelegierungen, da sich bei der Erstarrung Fehlstellen bilden. Zusätzlich bildet sich durch die gerichtete Erstarrung ein Gefüge, das bei Zugspannungen in eine Richtung eine verstärkte Rissneigung zeigt.

[0003] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Gleitlager zur Verfügung zu stellen, das eine bleifreie Gusslegierung auf Kupferbasis als Gleitschicht aufweist, wobei die Kupferbasislegierung zumindest ein ähnliches tribologisches Verhalten zeigt, wie bleihaltige Bronzen.

[0004] Diese Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagerelementes gelöst, wonach die Kupferbasislegierung nach dem Erstarren thermochemisch behandelt wird, wobei die Kupferbasislegierung mit zumindest einem Oxidationsmittel in Kontakt gebracht wird, und das Oxidationsmittel in die Kupferbasislegierung eindiffundiert wird, sodass zumindest ein Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung unter Bildung von Ausscheidungen innerhalb der Kupferbasislegierung zumindest teilweise oxidiert wird, wobei die Ausscheidungen nur innerhalb einer Teilschicht der Kupferbasislegierung gebildet werden. Die Aufgabe wird weiter mit dem eingangs genannten Gleitlagerelement gelöst, bei dem die Ausscheidungen nur innerhalb einer Teilschicht der Kupferbasislegierung ausgebildet sind.

[0005] Aufgrund der gebildeten Ausscheidungen sinkt die Härte der Teilschicht im Vergleich zur Härte des Ausgangsmaterials, wodurch die Teilschicht, die sich nahe der Oberfläche der Gleitschicht befindet, eine verringerte Fressneigung aufweist. Die Ausscheidungen selbst wirken dabei offensichtlich zumindest teilweise als Festschmierstoff, und können somit das Blei von bleihaltigen Bronzen ersetzen. Trotzdem verhindern sie aber die Rissausbreitung, wodurch das Gefüge in der Teilschicht der Gleitschicht risszäher wird. In der bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens, wonach die Erzeugung der Ausscheidungen erst nach dem Guss der Legierung erfolgt, kann zudem der Guss an sich verbessert werden, da das Legierungssystem ohne vorab zugegebene Ausscheidungspartikel einfacher gestaltet werden kann. Zudem können gegebenenfalls auftretende Fehlstellen im Guss im Bereich der Oberfläche der Gusslegierung zur Verbesserung des Verfahrens genutzt werden, da kleinere Poren das Eindiffundieren des Oxidationsmittels in die Legierung begünstigen, sodass die Verfahrensdauer verkürzt werden

kann. Trotz der Fehlstellen kommt es aber aufgrund der Partikel nicht zur ausgeprägten Rissbildung.

[0006] Es sei aber an dieser Stelle erwähnt, dass ein fehlerfreier Guss primär bevorzugt wird.

[0007] Vorzugsweise wird die Oxidation mit einem Oxidationsmittel durchgeführt, das ausgewählt ist aus einer Gruppe umfassend oder bestehend aus Sauerstoff und sauerstoffabgebende Verbindungen, Insbesondere mit Sauerstoff bzw. sauerstoffabgebende Verbindungen als Oxidationsmittel kann die Verfahrensdauer verkürzt werden, da Sauerstoff aufgrund des kleinen Moleküls rascher eindiffundiert.

[0008] Es kann weiter vorgesehen werden, dass vor oder gleichzeitig mit der thermochemischen Behandlung eine thermomechanische Behandlung der erstarrten Kupferbasislegierung durchgeführt wird, wodurch die Zähigkeit der Kupferbasislegierung verbessert werden kann. Zudem kann damit erreicht werden, dass für die Herstellung der Endform der Gleitschicht diese nach der thermochemischen Behandlung nicht noch einmal erhitzt werden muss, falls die Umformung bei erhöhter Temperatur stattfindet, wodurch die Gefahr von Veränderungen der mechanischen Eigenschaften der Kupferbasislegierung, beispielsweise durch Rekristallisationerscheinungen, reduziert werden kann. Weiter kann damit eine Veränderung der Ausscheidungen durch eine an die thermochemische Behandlung anschließende thermomechanische Bearbeitung der Gleitschicht zumindest weitestgehend vermieden. Von Vorteil ist dabei jedoch auch, dass das Gefüge der Kupferbasislegierung durch die thermomechanische Behandlung diffusionsfähiger durch die Bildung von mehr Korngrenzen ausgebildet werden kann, wodurch die thermochemische Behandlung verbessert werden kann.

[0009] Bevorzugt wird eine Kupferbasislegierung eingesetzt, die eines oder mehrere der Elemente aus einer Gruppe umfassend Bor, Antimon, Aluminium, Silizium, Vanadium, Phosphor, Titan, Mangan, Zinn, Zink, Magnesium aufweist. Insbesondere diese Elemente, d.h. deren Oxide, weisen im Vergleich zu Kupferoxiden eine deutlich stärker negative freie Enthalpie auf, wodurch der Verfahrensablauf insofern vereinfacht werden kann, als damit die Gefahr der Oxidation von Kupfer während der thermochemischen Behandlung der Kupferbasislegierung deutlich reduziert werden kann.

[0010] Die thermochemische Behandlung der Kupferbasislegierung kann vor der Verbundbildung mit der Schicht aus dem Stützmetall durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, dass mit der Verbundbildung, beispielsweise durch Walzplattieren, allenfalls vorhandene Fehlstellen zumindest teilweise geheilt werden. Darüber hinaus kann die Schichtstärke der Teilschicht reduziert werden, wodurch der Anteil an Ausscheidungen pro Volumeneinheit in der Teilschicht erhöht werden kann. Dadurch kann die Verfahrensdauer der Oxidation reduziert werden, da diese bereits bei einem geringeren Anteil an Ausscheidungen pro Volumeneinheit als gewünscht abgebrochen werden kann.

[0011] In der bevorzugten Ausführungsvariante wird die thermochemische Behandlung der Kupferbasislegierung aber nach der Verbundbildung mit der Schicht aus dem Stützmetall durchgeführt. Die Lagemetallschicht kann beispielsweise direkt auf die Stützmetallschicht oder die gegebenenfalls vorhandene Zwischenschicht aufgegossen werden, wodurch die Einbindung des Verfahrens in bestehende Prozesse in der Gleitlagerindustrie einfacher ist. Es kann damit ein entsprechender Kostenvorteil erreicht werden.

[0012] Das zumindest eine Oxidationsmittel kann fest und/oder gasförmig oder plasmaförmig eingesetzt werden. Die Verwendung eines festen Oxidationsmittels hat den Vorteil, dass gezielt nur zumindest ein Volumenbereich der Gleitschicht oxidiert werden kann. Der Einsatz eines plasmaförmigen Oxidationsmittels wiederum hat den Vorteil, dass die Oxidation sehr rasch erfolgen kann, wodurch die Prozessdauer verkürzt werden kann. Ebenso wie mit plasmaförmigen Oxidationsmitteln kann mit einem gasförmigen Oxidationsmittel relativ einfach die gesamte Oberfläche mit dem Oxidationsmittel beaufschlagt werden, sodass durch Diffusion in der darunter liegenden Teilschicht relativ rasch die Ausscheidungen erzeugt werden können. Gasförmige (nicht plasmaförmige) Oxidationsmittel haben dabei den Vorteil, dass die Konzentration des

Oxidationsmittels in der Oxidationsatmosphäre einfach eingestellt und geregelt werden kann.

[0013] Zur Beschleunigung der Generierung der Ausscheidungen und damit zur Verkürzung der Prozessdauer kann vorgesehen sein, dass die thermochemische Behandlung bei einer Temperatur durchgeführt wird, die ausgewählt wird aus einem Bereich von 500 °C bis zur Erstarrungstemperatur der Kupferbasislegierung. Zudem kann über die Höhe der Behandlungstemperatur die Partikelgröße der Ausscheidungen beeinflusst werden, indem mit höheren Temperaturen eine Vergrößerung der Ausscheidungen bewirkt werden kann.

[0014] Nach einer andere Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen werden, das gasförmig eingesetzte Oxidationsmittel in der Oxidationsatmosphäre mit einem Partialdruck von mindestens $1 \cdot 10^{-3}$ atm und von maximal 3 atm eingesetzt wird. Wie mit der Temperatur kann auch über den Druck die Partikelgröße beeinflusst werden, wobei allerdings mit zunehmendem Druck die Ausscheidungen kleiner werden. Bei einem Partialdruck von unter $1 \cdot 10^{-3}$ atm entstehen somit zu kleine Partikel, die zwar eine Verbesserung der tribologischen Eigenschaften der Kupferbasislegierung bewirken, allerdings in einem geringeren Ausmaß. Bei einem Partialdruck von größer 3 atm besteht hingegen die Gefahr, dass auf der Oberfläche der Gleitschicht eine stabile, fest haftende Oxidschicht gebildet wird, die die tribologischen Eigenschaften der Kupferbasislegierung ebenfalls negativ beeinflusst würde.

[0015] Nach einer Ausführungsvariante des Gleitlagers kann vorgesehen sein, dass die Ausscheidungen eine maximale Partikelgröße von maximal 50 µm aufweisen, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante dazu die Ausscheidungen eine maximale Partikelgröße zwischen 0,1 µm und 20 µm aufweisen. Es werden also feinkörnige Ausscheidungen bevorzugt, da damit mit dem gleichen Mengenanteil an Ausscheidungen in der Kupferbasislegierung eine homogenere Verteilung der Ausscheidungen innerhalb der Teilschicht und geringere Neigung zum Fressen der Gleitschicht erreicht werden kann. Zudem wurde beobachtet, dass die selbstschmierenden Eigenschaften der Ausscheidungen verbessert sind, wenn die Ausscheidungen eine Partikelgröße zwischen 0,1 µm und 50 µm aufweisen.

[0016] Es ist dabei auch möglich, dass die Ausscheidungen eine maximale Partikelgröße aufweisen, die in Richtung von der Oberfläche der Kupferbasislegierung auf die Stützmetallschicht graduell abnimmt, wodurch innerhalb der Teilschicht eine graduelle Änderung, insbesondere Zunahme, der Härte der Teilschicht erreicht werden kann. Die Gleitschicht kann damit im Bereich der Oberfläche hinsichtlich der schmierenden Eigenschaften optimiert werden. In Richtung auf die Stützschiicht kann hingegen der Kupferbasislegierung aufgrund der feineren Ausscheidungen härter werden, wodurch die Belastbarkeit der Gleitschicht verbessert werden kann.

[0017] Ebenfalls zur Verbesserung der schmierenden Eigenschaften der Kupferbasislegierung im Bereich der Oberfläche kann vorgesehen sein, dass die Anzahl der Ausscheidungen in Richtung von der Oberfläche der Kupferbasislegierung auf die Stützmetallschicht graduell abnimmt. Durch die geringere Anzahl an Ausscheidungen in tieferen Schichtebenen der Gleitschicht kann eine geringere Abnahme der Härte der Kupferbasislegierung in diesen tieferen Schichtebenen erreicht werden.

[0018] Die Schichtdicke der Teilschicht der Kupferbasislegierung beträgt bevorzugt zwischen 10 µm und 1000 µm. Zwar kann mit einer Schichtdicke von weniger als 10 µm ebenfalls eine Verbesserung der tribologischen Eigenschaften der Kupferbasislegierung erreicht werden, allerdings leiden bei derart geringen Schichtdicken die Langzeitgebrauchseigenschaften der Gleitschicht und damit auch jene des Gleitlagerelementes. Bei Schichtdicken von mehr als 1000 µm wird hingegen die Prozessdauer zu sehr verlängert, worunter die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zur Herstellung des Gleitlagerelementes leidet. Darüber hinaus wird durch die Abnahme der nichtoxidierten Restteilschicht der Gleitschicht die Tragfähigkeit der Gleitschicht durch den Härteabfall aufgrund der Ausscheidungen zu sehr vermindert.

[0019] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0020] Es zeigen teilweise in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0021] Fig. 1 ein Gleitlagerelement in Seitenansicht;

[0022] Fig. 2 einen Ausschnitt aus der Gleitschicht einer Ausführungsvariante des Gleitlagerelementes in Seitenansicht geschnitten;

[0023] Fig. 3 einen Ausschnitt aus der Gleitschicht einer weiteren Ausführungsvariante des Gleitlagerelementes in Seitenansicht geschnitten;

[0024] Fig. 4 einen Ausschnitt aus der Gleitschicht einer anderen Ausführungsvariante des Gleitlagerelementes in Seitenansicht geschnitten;

[0025] Fig. 5 eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme einer Gleitschicht im Bereich der thermochemisch behandelten Teilschicht;

[0026] Fig. 6 eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme der Gleitschicht nach Fig. 5 im Bereich der thermochemisch behandelten Teilschicht in einer größeren Vergrößerung;

[0027] Fig. 7 eine Lichtmikroskopaufnahme einer weiteren Gleitschicht.

[0028] 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 diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0029] In Fig. 1 ist ein Gleitlagerelement 1, insbesondere ein Radialgleitlagerelement, aus einem Verbundwerkstoff in Seitenansicht dargestellt.

[0030] Das Gleitlagerelement 1 ist insbesondere zur Verwendung in einem Verbrennungsmotor oder zur Lagerung einer Welle vorgesehen.

[0031] Das Gleitlagerelement 1 weist einen Gleitlagerelementkörper 2 auf. Der Gleitlagerelementkörper 2 umfasst eine Stützmetallschicht 3 und eine darauf angeordnete weitere Schicht 4 bzw. besteht aus der Stützmetallschicht 3 und der damit verbundenen weiteren Schicht 4.

[0032] Wie aus Fig. 1 strichliert angedeutet zu ersehen ist, kann der Gleitlagerelementkörper 2 auch zusätzliche Schichten aufweisen, beispielsweise eine Lagermetallschicht 5, die zwischen der weiteren Schicht 4 und der Stützmetallschicht 3 angeordnet ist, und/oder eine Einlaufschicht 6 auf der weiteren Schicht 4. Zwischen zumindest zwei der Schichten des Gleitlagerelementes 1 können auch zumindest eine Diffusionssperrschicht und/oder zumindest eine Bindschicht angeordnet sein.

[0033] Da der prinzipielle Aufbau derartiger Mehrschichtgleitlagerelemente aus dem Stand der Technik bekannt ist, sei bezüglich Einzelheiten des Schichtaufbaus auf die einschlägige Literatur dazu verwiesen.

[0034] Ebenso sind die verwendeten Werkstoffe, aus denen die Stützmetallschicht 3, die Lagermetallschicht 5, die Einlaufschicht 6, die zumindest eine Diffusionssperrschicht und die zumindest eine Bindschicht bestehen können, aus dem Stand der Technik bekannt, und sei daher bezüglich dieser auf die einschlägige Literatur verwiesen. Beispielhaft sei angeführt, dass die Stützmetallschicht 3 aus einem Stahl, die Lagermetallschicht 5 aus einer Kupferlegierung mit 5 Gew.-% Zinn und dem Rest Kupfer, die Einlaufschicht aus Zinn oder Bismut oder aus einem, zumindest einen Zusatzstoff enthaltenden, synthetischen Polymer, die Bindschicht aus Kupfer oder Nickel, gebildet sein können.

[0035] Das halbschalenförmige Gleitlagerelement 1 bildet zusammen mit zumindest einem weiteren Gleitlagerelement 7 - je nach konstruktivem Aufbau kann auch mehr als ein weiteres Gleitlagerelement 7 vorhanden sein - ein Gleitlager 8 aus. Dabei ist bevorzugt das im eingebau-

ten Zustand untere Gleitlagerelement durch das Gleitlagerelement 1 nach der Erfindung gebildet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass zumindest eines der zumindest einen weiteren Gleitlagerelemente durch das Gleitlagerelement 1 oder das gesamte Gleitlager 8 aus zumindest zwei Gleitlagerelementen 2 nach der Erfindung gebildet wird.

[0036] Es ist weiter möglich, dass das Gleitlagerelement 1 als Gleitlagerbuchse ausgebildet ist, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist. In diesem Fall ist das Gleitlagerelement 1 gleichzeitig das Gleitlager 8.

[0037] Weiter ist es möglich, dass die Schicht 4 eine Direktbeschichtung bildet, beispielsweise eine radial innere Beschichtung eines Pleuelauges.

[0038] Weiter kann das Gleitlagerelement 1 bzw. das Gleitlager 8 auch in Form einer Anlaufscheibe, etc., ausgebildet sein.

[0039] Die Schicht 4 ist als Gleitschicht 9 ausgebildet. Dazu ist in Fig. 2 eine erste Ausführungsvariante dieser Gleitschicht 9 dargestellt.

[0040] Die Gleitschicht 9 besteht aus einer Gusslegierung aus einer Kupferbasislegierung. Die Kupferbasislegierung ist insbesondere eine Bronze. Es sind aber auch andere Kupferbasislegierungen für die Gleitschicht 9 verwendbar, beispielsweise ein Messing, Rotguss, wenngleich dies nicht die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist.

[0041] Die Kupferbasislegierung weist neben Kupfer eines oder mehrere der Elemente aus einer Gruppe umfassend Bor, Antimon, Aluminium, Silizium, Vanadium, Phosphor, Titan, Mangan, Zinn, Zink, Magnesium auf. Da die primären Wirkungen der einzelnen Elemente in Kupferbasislegierungen aus dem Stand der Technik bekannt sind, sei diesbezüglich darauf verwiesen. In der bevorzugten Ausführungsvariante weist die Kupferbasislegierung neben Kupfer aber zumindest Zinn und gegebenenfalls zumindest eines der weiteren, voranstehend angeführten Elemente auf.

[0042] Die möglichen Anteile der einzelnen Elemente an der Kupferbasislegierung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Prozentangaben zu den Anteilen in Tabelle 1 sind, so wie in der gesamten Beschreibung, als Gew.-% zu verstehen, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist. Es ist anzumerken, dass diese Anteile nicht die Anteile an den oxidierten Metallen umfassen. Diese sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

[0043] Bei jeder Kupferbasislegierung bildet Kupfer den Rest, wobei der Anteil des Kupfers abhängig ist vom Anteil des einen oder dem Summenanteil der mehreren Elemente aus der angegebenen Gruppe.

[0044] Tabelle 1: Mengengebiete der Legierungselemente der Kupferbasislegierung

Element	Bereich [Gew.-%]	bevorzugter Bereich [Gew.-%]
B	0,001 - 0,2	0,01 - 0,1
Sb	0,01 - 4	0,1 - 2
Al	0,01 - 5	0,1 - 3
Si	0,01 - 8	0,1 - 1
V	0,01 - 2	0,1 - 1
P	0,01 - 3	0,1 - 1,5
Ti	0,01 - 9	0,1 - 4,5
Mn	0,01 - 10	0,1 - 5
Sn	0,01 - 15	0,1 - 8
Zn	0,01 - 20	0,1 - 6
Mg	0,01 - 2	0,1 - 1

[0045] Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind in der Gleitschicht 9 Ausscheidungen 10 enthalten. Diese Ausscheidungen 10 sind aus zumindest einem Legierungsbestandteil entstanden, weisen als zumindest einen der Legierungsbestandteile auf. Die Ausscheidungen 10 sind ein- oder mehrwertige Oxide von zumindest einem der Legierungsbestandteile der Kupferbasislegierung. Die Wertigkeit bezieht sich dabei auf das jeweils an der Reaktion beteiligte Element, das oxidiert wird. Es sind auch Mischoxide möglich.

[0046] Wie aus dem nachstehend erläuterten Verfahren ersichtlich ist, sind die Ausscheidungen 10 der Kupferbasislegierung nicht als solche zugegeben, sondern werden die Ausscheidungen aus zumindest einem Legierungsbestandteil in Folge einer Oxidationsreaktion erzeugt.

[0047] Es sei bereits jetzt darauf hingewiesen, dass unter dem Begriff „Oxidation“, der allgemeinen Definition entsprechend, die Abgabe von Elektronen im Zuge einer chemischen Reaktion verstanden wird. Beispielsweise reagiert Mg^0 unter Abgabe von zwei Elektronen mit Sauerstoff zu MgO .

[0048] Die Gleitschicht 9 weist eine Schichtdicke 11 auf. Die Schichtdicke 11 beträgt insbesondere zwischen 0,1 mm und 1,5 mm.

[0049] Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind die Ausscheidungen 10 nicht über die gesamte Schichtdicke 11 der Gleitschicht 9 verteilt angeordnet, sondern beschränkt sich deren Anordnung bzw. Ausbildung lediglich auf einen Bereich innerhalb einer Teilschicht 12 der Gleitschicht 9. Die Ausscheidungen 10 sind dabei innerhalb, insbesondere ausschließlich innerhalb, dieser Teilschicht 12 angeordnet. Aufgrund der gewählten Verfahrensweise bilden Oxide, die sich an der Oberfläche der Gleitschicht 9 durch die Oxidation bilden, keine feste Verbindung mit der Kupferbasislegierung, sodass diese Oxide abplatzen bzw. einfach entfernt werden können.

[0050] Die Ausscheidungen 10 befinden sich überwiegend in den Körnern der Kupferbasislegierung. Mit dem Begriff „überwiegend“ ist dabei gemeint, dass sich zumindest ein Mengenananteil von 60 % der Ausscheidungen 10, bezogen auf die Gesamtheit der Ausscheidungen 10, in den Körnern der Kupferbasislegierung befindet. Der Rest befindet sich in den Korngrenzen.

[0051] Bei der Ausführungsvariante der Gleitschicht 9 nach Fig. 2 sind die Ausscheidungen relativ gleichmäßig über das gesamte Volumen der Teilschicht 12 verteilt angeordnet. Mit dem Ausdruck „relativ gleichmäßig“ ist dabei gemeint, dass der Unterschied in der Anzahl an Ausscheidungen 10 von jeweils zwei verschiedenen Volumenbereichen der Teilschicht 12 um nicht mehr als 5 %, insbesondere um nicht mehr als 3 %, voneinander abweicht, wobei als Referenzwert mit 100 % eine Anzahl an Ausscheidungen 10 in einem Volumenbereich der Teilschicht 12 ist, die sich aus der Gesamtanzahl an Ausscheidungen 10 im Gesamtvolumen der Teilschicht 12 dividiert durch die Anzahl der Volumenbereiche, die das Gesamtvolumen umfasst, errechnet.

[0052] Es ist aber auch möglich, dass die Anzahl der Ausscheidungen 10 in Richtung von der Oberfläche 13 der Kupferbasislegierung der Gleitschicht 9 auf die Stützmetallschicht 3 graduell abnimmt, wie dies in Fig. 3 schematisch dargestellt ist.

[0053] Es sei darauf hingewiesen, dass in den Fig. 2 bis 4 jeweils gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform des Gleitlagerelementes 1 gezeigt sind, wobei für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird jeweils auf die detaillierte Beschreibung zu den gesamten Figuren hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0054] Durch die Reduktion der Anzahl der Ausscheidungen 10 in der Teilschicht 12 in Richtung auf die Stützmetallschicht 3 kann ein Härtegradient der Teilschicht 12 und damit in der Gleitschicht 9 eingestellt werden.

[0055] Es ist aber auch möglich, dass die Anzahl der der Ausscheidungen 10 in der Teilschicht 12 in Richtung von der Oberfläche 13 der Kupferbasislegierung der Gleitschicht 9 auf die Stützmetallschicht 3 graduell abnimmt bzw. generell variiert.

[0056] Generell kann die Konzentration der Ausscheidungen 10 in der Teilschicht 12 zwischen

1 Gew.-% und 25 Gew.-%, insbesondere zwischen 3 Gew.-% und 20 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 3 Gew.-% und 15 Gew.-% betragen. Bei einer Konzentration von mehr als 25 Gew.-% besteht die Gefahr, des Sprödbruchs durch den erhöhten Sprödphasenanteil. Wenn die Konzentration unterhalb von 1 Gew.-% in der Teilschicht 12 sinkt, wird zwar noch eine geringfügige Reduzierung in Hinblick auf die Fressneigung der Gleitschicht 9 beobachtet, allerdings ist die Reduzierung der Fressneigung ab einer Konzentration von mindestens 1 Gew.-%, insbesondere mindestens 3 Gew.-%, deutlich besser.

[0057] Für den Fall, dass in der Teilschicht 12 ein Konzentrationsgradient an Ausscheidungen 10 ausgebildet ist (Fig. 3), kann dieser derart ausgestaltet sein, dass der Anteil der Ausscheidungen 10 im Bereich der Oberfläche 13 der Gleitschicht 9 zwischen 1 Gew.-% und 20 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 15 Gew.-%, beträgt und in Richtung auf die Stützmetallschicht 3 auf einen Wert zwischen 0 Gew.-% und 3 Gew.-%, insbesondere zwischen 0 Gew.-% und 1 Gew.-%, abnimmt. Zur Bestimmung dieser Werte wird die Teilschicht 12 in Richtung auf die Stützmetallschicht 3 in zehn Subteilschichten unterteilt.

[0058] Generell kann die Teilschicht 12 eine Schichtdicke 14 (Fig. 2) aufweisen, die zwischen 1 % und 66 %, insbesondere zwischen 3 % und 50 %, der Schichtdicke 11 der Gleitschicht 9 beträgt. Vorzugsweise beträgt die Schichtdicke 14 der Teilschicht 12 zwischen 0,1 mm und 1,5 mm, insbesondere zwischen 150 µm und 500 µm. Überraschenderweise hat sich im Laufe von Untersuchungen gezeigt, dass es für die Reduktion der Fressneigung der bleifreien Gleitschicht 9 ausreichend ist, wenn die Ausscheidungen 10 nicht über die gesamte Schichtdicke 11 der Gleitschicht 9 verteilt angeordnet sind, sondern sich die Ausscheidungen 10 auf die Teilschicht 12 beschränken.

[0059] Die Teilschicht 12 kann unmittelbar anschließend an die Oberfläche 13 ausgebildet sein.

[0060] Generell können die Ausscheidungen 10 eine maximale Partikelgröße 15 (Fig. 2) von maximal 50 µm, insbesondere zwischen 0,1 µm und 20 µm, aufweisen. Vorzugsweise beträgt die eine maximale Partikelgröße 15 zwischen 15 µm und 20 µm. Unter der maximalen Partikelgröße 15 wird dabei die größte Abmessung verstanden, die ein Partikel aufweist.

[0061] Es ist dabei möglich, dass die Partikelgröße 15 der Ausscheidungen 10 über das gesamte Volumen der Teilschicht 10 im Wesentlichen konstant bleibt, d.h. dass sich die maximale Partikelgrößen 15 der Ausscheidungen 10 um nicht mehr als 15 %, insbesondere nicht mehr als 10 %, unterscheiden.

[0062] Andererseits besteht nach einer weiteren Ausführungsvariante des Gleitelementes 1 die Möglichkeit, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist, dass die Ausscheidungen 10 eine maximale Partikelgröße 15 aufweisen, die in Richtung von der Oberfläche 13 der Kupferbasislegierung auf die Stützmetallschicht 3 graduell zunimmt. Dabei kann die Partikelgröße 15 der Ausscheidungen 10 um einen Wert zunehmen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,1 % bis 80 %, insbesondere aus einem Bereich von 0,1 % bis 70 %, bezogen auf die Partikelgröße 15 der Ausscheidungen 10 im Bereich der Oberfläche 13.

[0063] Es ist aber auch möglich, dass die Ausscheidungen 10 eine maximale Partikelgröße 15 aufweisen, die in Richtung von der Oberfläche 13 der Kupferbasislegierung auf die Stützmetallschicht 3 graduell abnimmt bzw. generell variiert. Dabei kann die Partikelgröße 15 der Ausscheidungen 10 um einen Wert abnehmen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,1 % bis 80 %, insbesondere aus einem Bereich von 0,1 % bis 70 %, bezogen auf die Partikelgröße 15 der Ausscheidungen 10 im Bereich der Oberfläche 13.

[0064] Der Habitus der Ausscheidungen 10 kann zumindest annähernd kugelförmig, zumindest annähernd ellipsoidförmig bzw. eiförmig, knollenförmig, zumindest annähernd kubisch, etc., oder völlig unregelmäßig sein. Bevorzugt sind die Ausscheidungen 10 zumindest annähernd rund bzw. zumindest annähernd ellipsoidförmig.

[0065] Wie bereits erwähnt werden die Ausscheidung 10 vorzugsweise erst nach dem Guss der Gleitschicht 9 bzw. der Kupferbasislegierung durch Oxidation erzeugt. Die Ausscheidungen 10

werden also nicht als solche den Ausgangsstoffen der Kupferbasislegierung zugesetzt.

[0066] In einem ersten Schritt wird zur Herstellung des Gleitlagerelementes 1 ein Vormaterial aus zumindest zwei Schichten hergestellt. Dazu wird im einfachsten Fall auf einen, insbesondere ebenen, Metallstreifen oder ein, insbesondere ebenes, Metallblech eine Kupferbasislegierung aufgegossen.

[0067] Der Metallstreifen oder das Metallblech bildet dabei die Stützmetallschicht 3. Für den Fall, dass ebene Metallstreifen oder Metallbleche eingesetzt werden, werden diese in einem späteren Verfahrensschritt noch zum jeweiligen Gleitlagerelement 1 umgeformt, wie dies an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist.

[0068] Wie bereits voranstehend erwähnt, kann das Gleitlagerelement 1 auch mehr als drei Schichten aufweisen. In diesem Fall kann die Kupferbasislegierung auf die jeweils oberste Schicht des Verbundmaterials mit der Stützmetallschicht aufgegossen werden oder es wird vorerst ein weiteres, insbesondere zweischichtiges, Verbundmaterial hergestellt, dass anschließend mit der Stützmetallschicht oder einem Verbundmaterial umfassend die Stützmetallschicht verbunden wird, beispielsweise durch Walzplattieren.

[0069] Das Aufgießen der Kupferbasislegierung auf den Metallstreifen bzw. das Metallblech oder auf eine Schicht eines Verbundmaterials kann beispielsweise mittels horizontalem oder vertikalem Bandguss erfolgen.

[0070] Es ist aber auch möglich, dass eine Kupferbasislegierung in einem ersten Schritt beispielsweise mittels Strangguss hergestellt wird und die verfestigte Kupferbasislegierung erst danach mit zumindest einer der weiteren Schichten des Gleitlagerelementes 1, insbesondere der Stützmetallschicht 3 verbunden wird, beispielsweise mittels Walzplattieren.

[0071] Nach einer anderen Ausführungsvariante besteht die Möglichkeit, dass das Gleitlagerelemente 1 mit einem Schleudergussverfahren hergestellt wird. In diesem Fall erfolgt bevorzugt keine thermomechanische Behandlung.

[0072] Die Anteile an metallischen und gegebenenfalls nichtmetallischen Komponenten in der für die Herstellung der Gleitschicht 9 verwendeten Ausgangsmischung werden entsprechend der Angaben in Tabelle 1 gewählt, zuzüglich der Anteile an diesen Komponenten, die während der Oxidation zu den Ausscheidungen 10 verbraucht werden.

[0073] Das Gießen von Legierungen aus der Schmelze ist dem Gleitlagerfachmann prinzipiell bekannt, sodass hinsichtlich der Parameter, wie Temperatur, etc. auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen sei.

[0074] Nach der Herstellung des Verbundmaterials aus zumindest zwei Schichten, werden in der Gleitschicht 9 aus der erstarrten Kupferbasislegierung die Ausscheidungen 10 hergestellt. Diese Ausscheidungen 10 werden dabei aus zumindest einer der Komponenten der Kupferbasislegierung hergestellt. Dazu wird die Kupferbasislegierung nach dem Erstarren thermochemisch behandelt wird, wobei die Kupferbasislegierung mit zumindest einem Oxidationsmittel in Kontakt gebracht wird, und das Oxidationsmittel in die Kupferbasislegierung eindiffundiert wird, sodass zumindest ein Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung unter Bildung der Ausscheidungen 10 innerhalb der Kupferbasislegierung zumindest teilweise oxidiert wird.

[0075] Bevorzugt wird als Oxidationsmittel zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Sauerstoff und sauerstoffabgebende Verbindungen verwendet, sodass als Ausscheidungen 10 Oxide gebildet werden. Es ist dabei auch möglich eine Mischung aus verschiedenen Oxidationsmitteln zu verwenden bzw. kann die Kupferbasislegierung auch mehrfach mit zumindest einem Oxidationsmittel behandelt werden, beispielsweise in aufeinander folgenden Verfahrensschritten mit jeweils einem Oxidationsmittel.

[0076] Das zumindest eine Oxidationsmittel kann beispielsweise Sauerstoff, Wasserdampf oder Ozon sein.

[0077] Vorzugsweise wird das zumindest eine Oxidationsmittel gasförmig oder plasmaförmig

eingesetzt. Dazu wird das Verbundmaterial mit der aufgegossenen Kupferbasislegierung in einer, insbesondere allseitig geschlossenen, Behandlungskammer mit dem Oxidationsmittel in Kontakt gebracht, in dem in die Atmosphäre der Behandlungskammer das Oxidationsmittel eingebracht wird. Gegebenenfalls kann mittels einer Regelung der Anteil des verbrauchten Oxidationsmittels über die Zeit der Behandlung automatisch in die Behandlungskammer durch ein frisches Oxidationsmittel ergänzt werden, sodass in der Behandlungskammer ein zumindest annähernd gleichbleibender Partialdruck an dem Oxidationsmittel vorherrscht.

[0078] Es ist aber auch möglich, den Partialdruck an dem Oxidationsmittel in der Behandlungskammer bewusst über die Zeit der Behandlung des Verbundmaterials zu verändern, beispielsweise zur Ausbildung eines Konzentrationsgradienten an den Ausscheidungen 10 über die Schichtdicke 14 der Teilschicht 12, wie dies voranstehend ausgeführt wurde.

[0079] Generell kann der Partialdruck an dem gasförmig oder plasmaförmig eingesetzten Oxidationsmittel in der Oxidationsatmosphäre einen Partialdruck von mindestens $1 \cdot 10^{-5}$ atm und von maximal 5 atm, insbesondere von mindestens $1 \cdot 10^{-3}$ atm und maximal 3 atm, aufweisen. Den restlichen Anteil an der Oxidationsatmosphäre bildet vorzugsweise ein Inertgas, wie beispielsweise Argon, Helium, oder Stickstoff. Es ist aber auch möglich, dass der restliche Anteil an der Oxidationsatmosphäre durch Luft gebildet wird.

[0080] Die Temperatur, bei der diese thermochemische Behandlung durchgeführt wird, ist bevorzugt ausgewählt aus einem Bereich von 500 °C, insbesondere 600 °C, bis zur Erstarrungstemperatur der jeweiligen Kupferbasislegierung.

[0081] Die Dauer der thermochemischen Behandlung kann ausgewählt werden aus einem Bereich von 1 Stunden bis 96 Stunden, insbesondere aus einem Bereich von 3 Stunden bis 48 Stunden.

[0082] Bei der soeben beschriebenen Verfahrensvariante erfolgt die Erzeugung der Ausscheidungen 10 nach der Verbundbildung der Kupferbasislegierung mit zumindest einer weiteren Schicht. Es ist nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens aber auch möglich, dass die thermochemische Behandlung der Kupferbasislegierung vor der Verbundbildung mit zumindest einer weiteren Schicht des Gleitlagerelementes 1 durchgeführt wird, wobei hierbei dieselben Verfahrensparameter angewandt werden können.

[0083] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass das zumindest eine Oxidationsmittel fest eingesetzt wird. In diesem Fall kann das Oxidationsmittel beispielsweise auf zumindest einen Teil der Oberfläche der Kupferbasislegierung aufgebracht werden. Die Behandlungstemperatur und die Behandlungsdauer können dabei aus den voranstehend genannten Bereichen ausgewählt werden.

[0084] Als festes Oxidationsmittel kann ein Oxidpulver oder können Mischungen aus verschiedenen Oxidpulvern verwendet werden. Mögliche Oxidpulver sind beispielsweise BaO_2 , KMnO_4 , KNO_3 , KClO_3 , K_2CrO_4 .

[0085] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen werden, dass vor oder gleichzeitig mit der thermochemischen Behandlung eine thermomechanische Behandlung der erstarrten Kupferbasislegierung durchgeführt wird. Die thermomechanische Behandlung kann beispielsweise eine Walzung, Umformung oder Einförmung sein.

[0086] Die Temperatur der thermomechanischen Behandlung kann ausgewählt werden aus einem Bereich von 450 °C bis 1000 °C, insbesondere aus einem Bereich von 750 °C bis 950 °C.

[0087] Die Dauer der thermomechanischen Behandlung kann ausgewählt werden aus einem Bereich von 3 Stunden bis 25 Stunden insbesondere aus einem Bereich von 5 Stunden bis 20 Stunden.

[0088] Durch die thermomechanische Behandlung der Kupferbasislegierung kann ein diffusionsöffneres Gefüge durch die Erhöhung des Anteils an Korngrenzen erzeugt werden. Darüber hinaus kann damit auch die Zähigkeit der Kupferbasislegierung erhöht werden.

[0089] Aus dem Verbundmaterial wird dann abschließend das Gleitlagerelement 1 durch gegebenenfalls Ausbildung von Streifen aus einem Plattenmaterial und durch entsprechende Umformung, beispielsweise in eine Halbschalenform, sowie gegebenenfalls abschließende Bearbeitungen, wie z.B. Feinbohren, etc. hergestellt. Diese finalen Bearbeitungsschritte sind dem Gleitlagerfachmann bekannt, sodass dazu auf die einschlägige Literatur verwiesen sei.

[0090] Wie bereits erwähnt, werden infolge der thermochemischen Behandlung der Kupferbasislegierung oxidische Ausscheidungen 10 erzeugt. In der folgenden Tabelle 2 sind derartige Ausscheidungen 10 zusammen mit den (bevorzugten) Mengenanteilen an der Kupferbasislegierung angegeben. Wiederum sind sie Mengenangaben in Gew.-% zu verstehen. Weiter sind die Mengenanteile auf das jeweilige Kation der Verbindungen bezogen, da auch andere als die beispielhaft angegebenen Oxide herstellbar sind. Durch die Bezugnahme auf das jeweilige Kation gelten die Mengenangaben auch für diese in Tabelle 2 nicht angeführten Oxide.

[0091] Generell kann der Summenanteil an Ausscheidungen 10 in der Kupferbasislegierung der Gleitschicht 9 ausgewählt werden aus einem Bereich von 1 Gew.-% und 25 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich von 3 Gew.-% und 20 Gew.-%.

[0092] Tabelle 2: Mengenanteile der Ausscheidungen in der Gleitschicht 9

Ausscheidung	Bereich [Gew.-%]	bevorzugter Bereich [Gew.-%]	Wirkung
B ₂ O ₃	0,01 - 1,9	0,1 - 1	Verringerung der Fressneigung
Sb ₂ O ₃	0,1 - 13	0,4 - 6,5	Verringerung der Fressneigung
Al ₂ O ₃	0,06 - 23	0,5 - 14	Verringerung der Fressneigung
SiO ₂	0,04 - 27	0,4 - 15	Verringerung der Fressneigung
V ₂ O ₅	0,09 - 15	0,9 - 8	Festschmierstoff
P ₂ O ₅	0,11 - 26	1,1 - 14	Festschmierstoff
TiO ₂	0,03 - 24	0,3 - 13,6	Festschmierstoff
MnO	0,01 - 12,5	0,1 - 6,3	Festschmierstoff
SnO ₂	0,03 - 30	0,2 - 18	Verringerung der Fressneigung
ZnO	0,01 - 23	0,1 - 7	Verringerung der Fressneigung
MgO	0,02 - 3	0,1 - 1,6	Verringerung der Fressneigung

[0093] Die Anteile und Größe der Ausscheidungen 10 können durch die Konzentration des Oxidationsmittels und/oder die Behandlungstemperatur und/oder die Behandlungsdauer beeinflusst werden. Weiterhin kann durch die Variation der Konzentration des Oxidationsmittels und/oder die Behandlungstemperatur über die Dauer der Behandlung der voranstehend genannte Konzentrationsgradient der Ausscheidungen 10 über die Schichtdicke 14 der Teilschicht 12 der Kupferbasislegierung eingestellt werden. Über die Konzentration des Oxidationsmittels kann die Partikelgröße 15 der Ausscheidungen und damit auch der Gradient in der Partikelgröße 15 über die Schichtdicke 14 der Teilschicht 12 der Kupferbasislegierung beeinflusst werden, wie dies voranstehend bereits ausgeführt wurde.

[0094] Im Folgenden sind einige der durchgeführten Versuche wiedergegeben.

[0095] Beispiel 1:

[0096] Es wurde eine Legierung mit 96 Gew.-% Kupfer, 3 Gew.-% Zinn und 1 Gew.-% Zink auf eine Stützmetallschicht 3 aus einem Stahl mit dem Abmessungen 220 mm Breite und 4 mm

Dicke mittels Bandguss aufgegossen. Dabei hatte der vorgewärmte Stahl eine Temperatur von 1070 °C und eine Geschwindigkeit von 6 cm/min. Auf diesen wird die Gusslegierung mit einer Temperatur von 1170 °C aufgegossen. Der Stahl wird mittels Ölkühlung von unten auf 100 °C gekühlt und somit die Gusslegierung im Verbund erstarrt. Dieser Verbund wurde einer Dickenreduktion von min 25 % und max. 60% durch walzen unterzogen. Danach wurde dieses Material für 24 Stunden bei 900 °C mittels Luft thermochemisch behandelt.

[0097] Es entstand dabei eine Teilschicht 12 mit einer Schichtdicke 14 von annähernd 250 µm. Die Analyse der Kupferbasislegierung in der Teilschicht 12 ergab 88,5 Gew.-% Kupfer, 7,5 Gew.-% Zinn, 1 Gew.-% Zink und 3 Gew.-% Sauerstoff. Als Ausscheidungen 10 haben sich also Zinnoxid(e), Zinkoxid(e) und deren Mischungen gebildet.

[0098] In den Fig. 5 und 6 sind dazu die Rasterelektronenmikroskopaufnahmen der Kupferbasislegierung dargestellt. Deutlich zu sehen sind die Ausscheidungen 10 als helle „Punkte“ innerhalb der Teilschicht 12 der Kupferbasislegierung. Die Punkte mit dunklem „Kern“ sind dabei Oxide auf denen andere Oxide aufgewachsen sind.

[0099] Die Bestimmung der Fressneigung dieser Kupferbasislegierung erfolgte nach einem Fressneigungstest. Es wurde dabei ein Wert von 57 MPa festgestellt.

[00100] Im Vergleich dazu weist ein bleihaltige Bronze mit 20 Gew.-% Blei eine Fressneigung von 62 MPa auf.

[00101] Dieselbe nicht oxidiert Probe hat hingegen nur eine Fressneigung von 35 MPa

[00102] Beispiel 2:

[00103] Es wurde eine Legierung mit 92 Gew.-% Kupfer und 7 Gew.-% Zinn und 1 Gew.-% Zink gegossen.

[00104] Danach wurde dieses Material für 12 Stunden bei 950 °C mittels Luft thermochemisch behandelt. Es entstand dabei eine Teilschicht 12 mit einer Schichtdicke 14 von circa 130 µm. Die Lichtmikroskopaufnahme (Fig. 7) zeigt die entstandene Teilschicht 12 sowie die entstandenen Ausscheidungen 10 (Zinnoxide, Zinkoxide und deren Mischoxide) als dunkle „Punkte“.

[00105] Weitere Beispiele:

[00106] In der folgenden Tabelle sind weitere Beispiele von Ausscheidungen 10 in Gleitschichten 9 zusammengefasst. Die Mengenangaben sind als Gew.-% zu verstehen.

[00107] Tabelle 3: Beispielzusammensetzungen der Gleitschicht 9:

Ausscheidung	Variante 1	Variante 2	Variante 3
B ₂ O ₃	0	0,5	0
Sb ₂ O ₃	0	0	0,1
Al ₂ O ₃	0	0	3,5
SiO ₂	0	0	1,8
V ₂ O ₅	1	0	0
P ₂ O ₅	0	2,8	0
TiO ₂	1,5	0	0
MnO	2,7	0	0
SnO ₂	0	5	0
ZnO	0	1,8	0
MgO	0		1,5

[00108] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Gleitlagerele-

mentes 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

[00109] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Gleitlagerelementes 1 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | |
|----|-------------------------|
| 1 | Gleitlagerelement |
| 2 | Gleitlagerelementkörper |
| 3 | Stützmetallschicht |
| 4 | Schicht |
| 5 | Lagermetallschicht |
| 6 | Einlaufschicht |
| 7 | Gleitlagerelement |
| 8 | Gleitlager |
| 9 | Gleitschicht |
| 10 | Ausscheidung |
| 11 | Schichtdicke |
| 12 | Teilschicht |
| 13 | Oberfläche |
| 14 | Schichtdicke |
| 15 | Partikelgröße |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagerelementes (1) nach dem ein Verbundwerkstoff aus einer ersten Schicht und einer oder mehreren weiteren Schicht(en) hergestellt wird, wobei die weitere Schicht oder eine der weiteren Schichten als Gleitschicht (9) ausgebildet wird, und als Gleitschicht (9) eine Gusslegierung aus einer bleifreien Kupferbasislegierung hergestellt wird, wobei in die Kupferbasislegierung Ausscheidungen (10) eingebracht werden, die zumindest einen Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kupferbasislegierung nach dem Erstarren thermochemisch behandelt wird, wobei die Kupferbasislegierung mit zumindest einem Oxidationsmittel in Kontakt gebracht wird, und das Oxidationsmittel in die Kupferbasislegierung eindiffundiert wird, sodass zumindest ein Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung unter Bildung der Ausscheidungen (10) innerhalb der Kupferbasislegierung zumindest teilweise oxidiert wird, wobei die Ausscheidungen (10) nur innerhalb einer Teilschicht (12) der Kupferbasislegierung gebildet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Oxidationsmittel zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Sauerstoff und sauerstoffabgebende Verbindungen verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor oder gleichzeitig mit der thermochemischen Behandlung eine thermomechanische Behandlung der erstarrten Kupferbasislegierung durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kupferbasislegierung eingesetzt wird, die eines oder mehrere der Elemente aus einer Gruppe umfassend Bor, Antimon, Aluminium, Silizium, Vanadium, Phosphor, Titan, Mangan, Zinn, Zink, Magnesium aufweist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermochemische Behandlung der Kupferbasislegierung vor der Verbundbildung mit der Schicht aus dem Stützmetall durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermochemische Behandlung der Kupferbasislegierung nach der Verbundbildung mit der Schicht aus dem Stützmetall durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Oxidationsmittel fest und/oder gasförmig oder plasmaförmig eingesetzt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermochemische Behandlung bei einer Temperatur durchgeführt wird, die ausgewählt wird aus einem Bereich von 500 °C bis zur Erstarrungstemperatur der Kupferbasislegierung.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das gasförmig eingesetzte Oxidationsmittel in der Oxidationsatmosphäre mit einem Partialdruck von mindestens $1 \cdot 10^{-3}$ atm und von maximal 3 atm eingesetzt wird.
10. Gleitlagerelement (1) aus einem Verbundwerkstoff umfassend eine Stützmetallschicht (3) und eine Gleitschicht (9) sowie gegebenenfalls eine Zwischenschicht zwischen der Stützmetallschicht (3) und der Gleitschicht (9), wobei die Gleitschicht (9) aus einer Gusslegierung aus einer bleifreien Kupferbasislegierung gebildet ist, in der Ausscheidungen (10), die zumindest einen Legierungsbestandteil der Kupferbasislegierung aufweisen, enthalten sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausscheidungen (10) nur innerhalb einer Teilschicht (12) der Kupferbasislegierung ausgebildet sind und dass die Ausscheidungen (10) durch Oxide gebildet sind.
11. Gleitlagerelement (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausscheidungen (10) eine maximale Partikelgröße (15) von maximal 50 µm aufweisen.

12. Gleitlagerelement (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausscheidungen (10) eine maximale Partikelgröße (15) zwischen 0,1 μm und 20 μm aufweisen.
13. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausscheidungen (10) eine maximale Partikelgröße (15) aufweisen, die in Richtung von einer Oberfläche (13) der Kupferbasislegierung auf die Stützmetallschicht (3) graduell abnimmt.
14. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Ausscheidungen (10) in Richtung von der Oberfläche (13) der Kupferbasislegierung auf die Stützmetallschicht (3) graduell abnimmt.
15. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schichtdicke (14) der Teilschicht (12) der Kupferbasislegierung zwischen 10 μm und 1000 μm beträgt.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

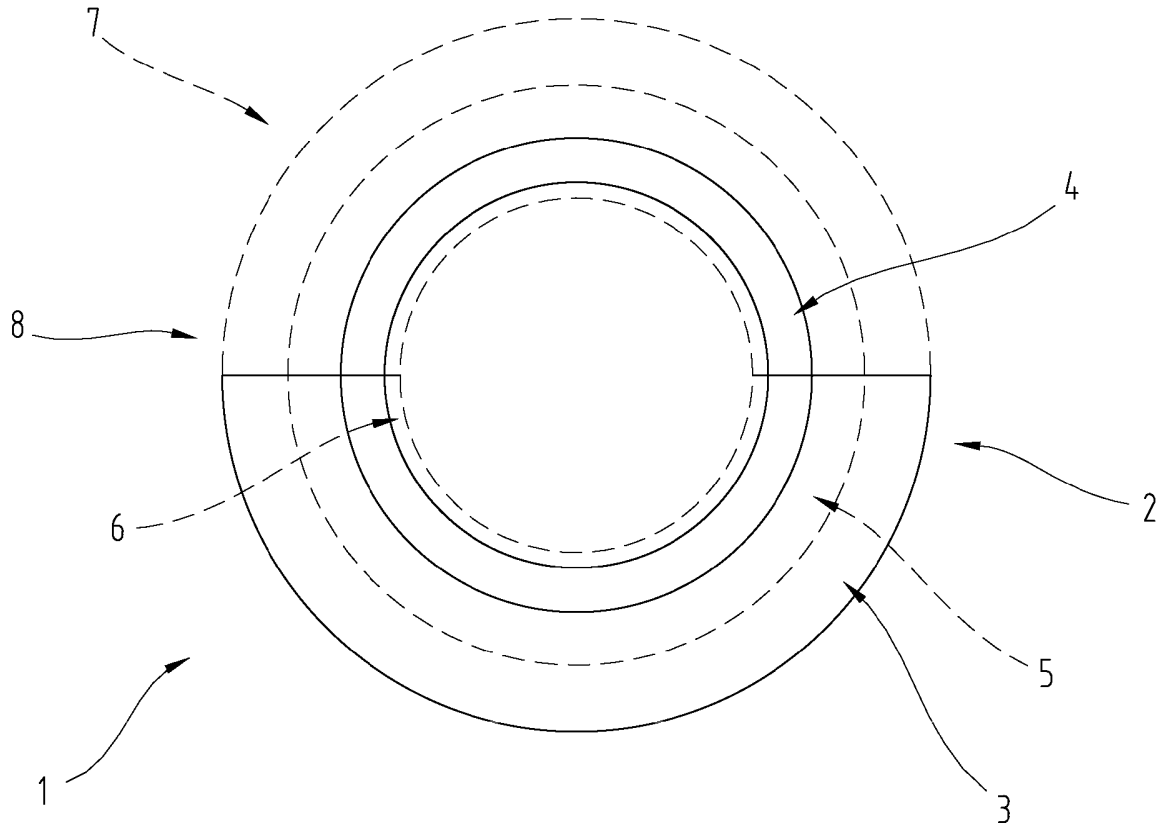


Fig.2

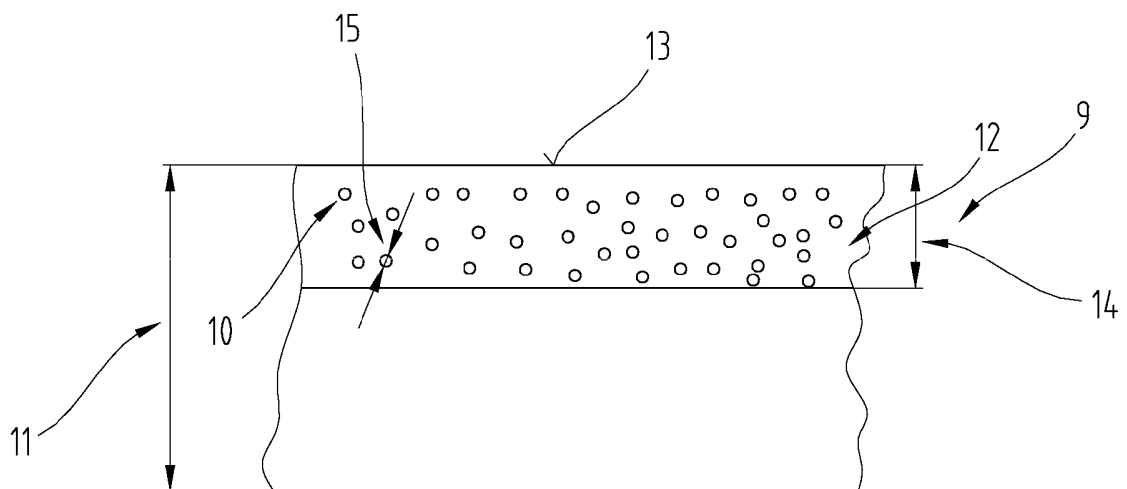


Fig.3

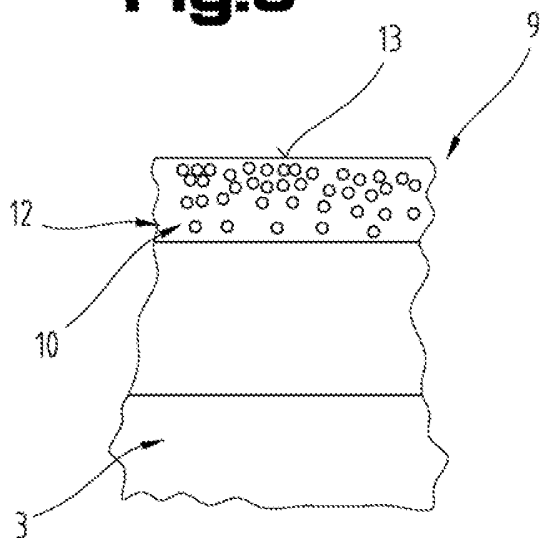


Fig.4

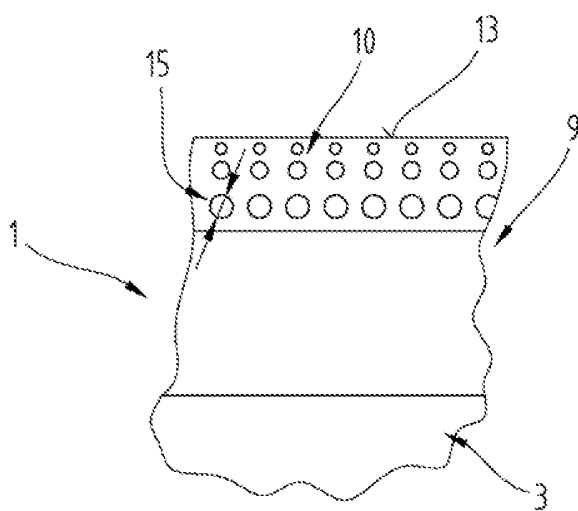


Fig.5

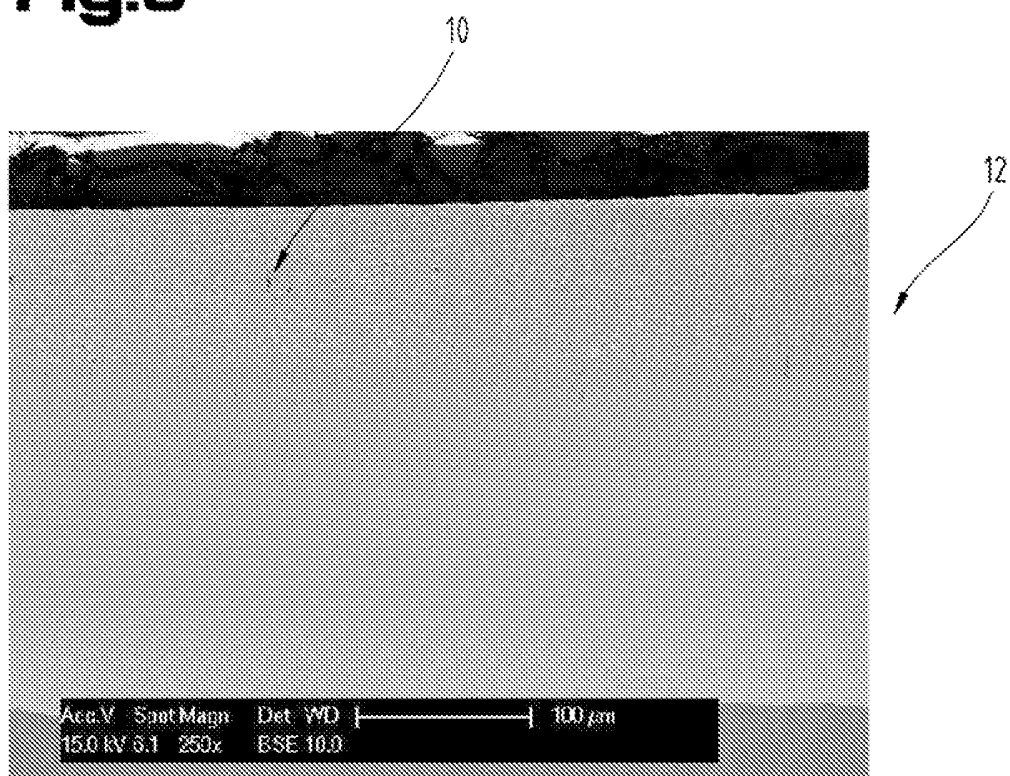


Fig.6

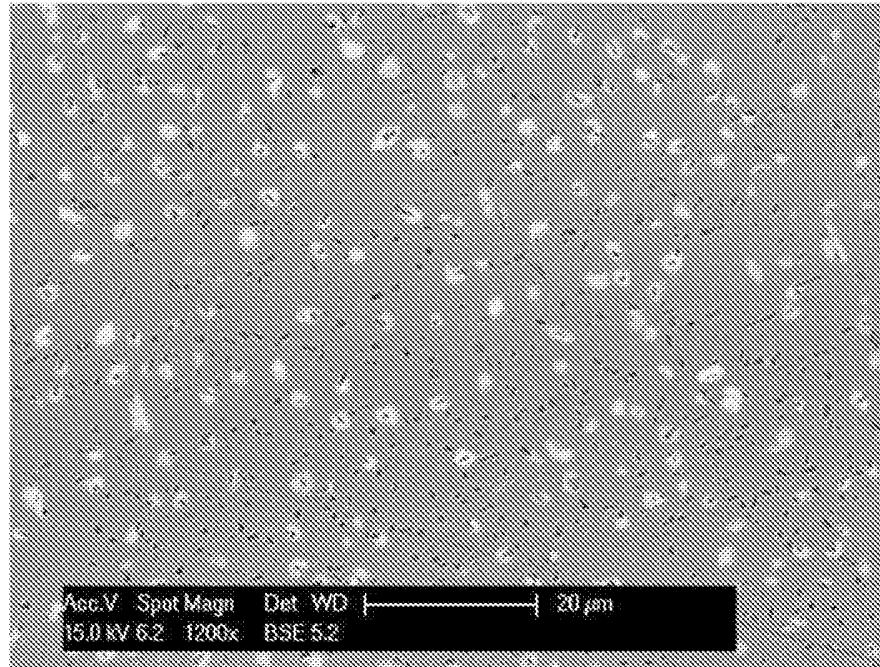


Fig.7

