

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 864/2011  
(22) Anmeldetag: 14.06.2011  
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2012

(51) Int. Cl. : **C22C 9/02** (2006.01)  
**C22C 9/04** (2006.01)  
**B22D 11/00** (2006.01)  
**C22F 1/08** (2006.01)  
**F16C 17/00** (2006.01)  
**F16C 29/02** (2006.01)  
**F16C 33/06** (2006.01)  
**F16C 33/08** (2006.01)  
**B61F 15/02** (2006.01)

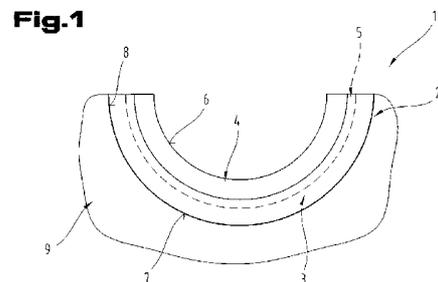
(56) Entgegenhaltungen:  
US 20110027612 A1  
DE 2902682 A1 GB 2438977 A

(73) Patentinhaber:  
MIBA GLEITLAGER GMBH  
4663 LAAKIRCHEN (AT)  
MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH  
88045 FRIEDRICHSHAFEN (DE)

(72) Erfinder:  
LANGBEIN FALKO DIPL.ING.  
GMUNDEN (AT)  
MERGEN ROBERT DR.  
ALTMÜNSTER (AT)  
BÖSCHEN REINER DR.  
BERMATINGEN (DE)  
SCHMID ULRICH DR.  
MECKENBEUREN (DE)

### (54) MEHRSCHICHTLAGERSCHALE

(57) Die Erfindung betrifft eine Mehrschichtlagerschale (2) umfassend eine Rückenmetallschicht (3) als Trägerelement des Schichtaufbaus und zumindest eine mit der Rückenmetallschicht (3) verbundene weitere Lagerschicht, wobei die Rückenmetallschicht (3) durch eine Bronze gebildet ist. Die Rückenmetallschicht (3) enthält neben Kupfer, das die Matrix der Bronze bildet, Zinn in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 12 Gew.-%, Zink in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 6 Gew.-% und Phosphor in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Mehrschichtlagerschale umfassend eine Rückenmetallschicht als Trägerelement des Schichtaufbaus und zumindest eine mit der Rückenmetallschicht verbundene weitere Lagerschicht, wobei die Rückenmetallschicht durch eine Bronze gebildet ist, sowie ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrschichtlageres umfassend eine Rückenmetallschicht aus Bronze, die nach einem Stranggießverfahren hergestellt wird.

**[0002]** Gleitlager, die in Motoren aller Art eingesetzt werden, bestehen heute üblicherweise aus einem zumindest zweischichtigen Aufbau, wobei insbesondere für höher belastete Motoren auch Lagerschalen mit drei und mehr Schichten eingesetzt werden, damit diese das an sie gestellte Anforderungsprofil erfüllen können. Normalerweise weisen diese Gleitlager eine Rückenmetallschicht aus Stahl auf, die die Trägerschicht für den gesamten Aufbau bildet. Vereinzelt sind auch schon mögliche Alternativwerkstoff für die Rückenmetallschicht erwähnt worden, beispielsweise in der AT 502 546 A1 Kupferlegierungen, wie Messing oder Bronze.

**[0003]** Die Rückenmetallschicht steht nach dem Einbau der Gleitlagerhalbschale in direktem Kontakt mit der Lageraufnahme. Dabei kann es aufgrund zyklischer, ungewollter Relativbewegungen der Bauteile zueinander mit sehr geringer Schwingungsbreite an den Kontaktflächen zwischen Lager und Lageraufnahme, insbesondere bei hoch belasteten Pleuellagerungen, zu einer Reibverschweißung bzw. Reibkorrosion, d.h. zu einer örtlichen Schädigung, und damit zum „Festfressen“ des Gleitlagers im Lagergehäuse kommen. Bezeichnet wird dieser Schadensmechanismus allgemein auch als Fretting. Besonders ausgeprägt ist dieses Schadensbild bei unter Last stehenden Stahlkörper-Kontakten, also z.B. bei Kontakten von einem Stahl-Gleitlagerücken mit einem Stahl- oder Eisenguss-Lagergehäuse.

**[0004]** Die Reibkorrosion wird also auch wesentlich durch die Werkstoffpaarung bestimmt. 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. Als Folge der Reibkorrosion entstehen bei besonders hoher Oberflächenschädigung häufig auch Reibdauerbrüche, also Schalenbrüche.

**[0005]** Um diesem Problem zu begegnen wurden im Stand der Technik bereits unterschiedlichste Werkstoffe zur Herstellung von Rückenbeschichtungen für Gleitlager zur Ausbildung einer so genannten Antifrettingschicht vorgeschlagen. So beschreibt z.B. die AT 506 641 A1 eine Silberlegierung für diese Verwendung. Aus der 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. Das Vorsehen einer Antifrettingschicht auf der Rückseite der Rückenmetallschicht ist mit einem höheren Aufwand in der Herstellung verbunden. Gegebenenfalls müssen sogar Bindschichten aufgebracht werden um eine ausreichende Verbundfestigkeit zwischen der Rückenmetallschicht und der Antifrettingschicht zu gewährleisten.

**[0006]** Die Aufgabe vorliegender Erfindung besteht in der Schaffung einer Mehrschichtlagerschale die verbesserte Antifrettingeigenschaften aufweist.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch die eingangs genannten Mehrschichtlagerschale gelöst, bei der die Rückenmetallschicht neben Kupfer, das die Matrix der Bronze bildet, Zinn in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 12 Gew.-%, Zink in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 6 Gew.-% und Phosphor in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%, enthält. Des Weiteren wird die Aufgabe durch das eingangs genannte Verfahren gelöst, bei dem das Mehrschichtlageres erfindungsgemäß ausgebildet wird, und bei dem nach dem Stranggießverfahren eine Verfestigung durch Abwal-

zen durchgeführt wird, wobei das Abwalzen in mehreren Schritten durchgeführt wird und optional zwischen zumindest zwei Schritten ein Zwischenglühen durchgeführt werden kann, sodass die Rückenmetallschicht eine Korngröße der Legierung entsprechend der jeweiligen Anforderungen, z.B. von maximal 30 µm, aufweist.

**[0008]** Überraschenderweise wurde festgestellt, dass mit Zinnbronzen dieser Zusammensetzungen nicht nur die Frettingprobleme gelöst werden können, sodass auf der Rückenmetallschicht keine gesonderte Antifrettingschicht mehr abgeschieden werden muss, die Rückseite die in Kontakt mit dem Werkstoff der Lageraufnahme also beschichtungsfrei ist, sondern diese Zinnbronzen auch ausreichende mechanische Eigenschaften aufweisen, wie beispielsweise die Wechselbiegefestigkeit, um als Trägerwerkstoff für den Schichtaufbau der Mehrschichtlager- schale verwendet werden zu können. Überraschend deswegen, da derartige Zinnbronzen zwar schon im Gleitlagerbereich verwendet werden, allerdings in der Anwendung als Lagerlegierung auf einem Stahlrücken. Insbesondere wurde dabei gefunden, dass sowohl die statische als auch die dynamische Dauerschwingfestigkeit zumindest annähernd Stahlniveau erreichen, verglichen mit einem Stahl, der üblicherweise im Gleitlagerbereich als Rückenmetall verwendet wird, und dass die Antifrettingeigenschaften besser sind, als Antifrettingbeschichtungen auf Basis von Nickelbronzen, Aluminiumbronzen oder eisenhaltigen Bronzen. Auch in Hinblick auf die Aufspreizung sowie den Überstandsverlust weisen diese Zinnbronzen gute Werte auf, sodass die Aufspreizung und der Überstandsverlust über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden kann. Darüber hinaus wird mit der Vermeidung der Antifrettingschicht auch der häufig verwendete cyanidische Prozess zur Abscheidung dieser Schicht vermieden, wodurch Vorteile sowohl in Hinblick auf die Arbeitsplatzsicherheit als auch auf die Umwelt erreicht werden, nicht zuletzt auch Kostenvorteile realisiert werden können.

**[0009]** Unter dem Begriff „Aufspreizung“ versteht man dabei, dass zur Erreichung einer stabilen Lage zur Frettingvermeidung und um die benötigte Kontur der Lagerung zu erreichen, die Lagerumfangslänge gegenüber der Lageraufnahme derart ausgelegt ist, dass durch einen Einpressvorgang eine genügend hohe Spannung aufgebaut wird. Geometrisch wird dies durch eine über der Lageraufnahme liegende Aufspreizung und vor allem mittels des so genannten Lagerüberstandes erzielt. Durch die höher werdenden Belastungen der Gleitlager steigt diese Spannung, überlagert durch thermische Dehnungen und dynamische Wellenbelastungen bei modernen Motoren. Somit treten bei den üblicherweise verwendeten Stahlschalenwerkstoffen, aber auch bei den Lagermetallen bzw. bei den Legierungen für die Gleitschichten, plastische und pseudo-elastische Effekt auf, die letztendlich zu einer Geometrieänderung der Lager- schale selbst führen. Diese Geometrieänderung resultiert letztendlich in einem Verlust der Aufspreizung einerseits und einer Verringerung des Lagerüberstandes andererseits. Im Ergebnis ist die Lagerung nicht mehr stabil, wodurch Mikrobewegungen ermöglicht werden, die wiederum zum Fretting führen oder gar ein Mitdrehen der Gleitlagerhalbschalen bzw. des Lagers verursachen.

**[0010]** Das Zinn dient als Hauptlegierungselement und führt durch Mischkristallverfestigung zu einer Grundfestigkeit der Kupfermatrix. Bei mehr als 12 Gew.-% Zinn nimmt jedoch die Gefahr der Bildung spröder intermetallischer Phasen und die Seigerungsanfälligkeit stark zu, wodurch die Gefügequalität und daher die Eigenschaften der Rückenmetallschicht negativ beeinflusst werden. Bei weniger als 1,25 Gew.-% werden die gewünschten Eigenschaften der Zinnbronze nicht bzw. nicht im gewünschten Ausmaß erreicht.

**[0011]** Es sei generell an dieser Stelle angemerkt, dass letztere Ausführungen zu der unteren Bereichsgrenze auch für sämtlich in dieser Beschreibung genannte untere Bereichsgrenzen der Einzelelemente gelten.

**[0012]** Zink kann als Ersatz für Zinn angesehen werden. Insbesondere bei Gehalten bis 2 Gew.-% Zink kann Zinn im Verhältnis bis 1:2 durch Zink ersetzt werden. Zink steigert die Festigkeit unter Erhalt der Zähigkeit der Zinnbronze, wodurch die Legierung gut warm- und kaltumgeformt werden kann. Des Weiteren führt Zink zu einer besseren Desoxidierung der Schmelze, was wiederum die Schmelzequalität und im Anschluss die Qualität des Gussmateri-

als positiv beeinflusst. Der Zinkgehalt ist mit maximal 6 Gew.-% beschränkt, da mit höheren Zinkanteilen die Gefahr der Bildung intermetallischer Phasen mit Kupfer ansteigt.

**[0013]** Phosphor wird hauptsächlich als Desoxidationsmittel für die Schmelze verwendet. Darüber hinaus konnte durch die Phosphorzugabe auch eine geringfügige Zunahme der Zugfestigkeit und der Härte der Zinnbronze beobachtet werden, wobei die Dehnung nahezu unbeeinflusst bleibt. Bei einem Phosphorgehalt von mehr als 0,5 Gew.-% wird jedoch die Gießbarkeit der Zinnbronze verschlechtert.

**[0014]** Zur weiteren Verbesserung dieser Effekte ist vorzugsweise der Anteil an Zinn aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 3 Gew.-% und einer oberen Grenze von 8 Gew.-% und/oder der Anteil an Zink aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 4 Gew.-% und/oder der Anteil an Phosphor aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,4 Gew.-% ausgewählt.

**[0015]** Gemäß einer Ausführungsvariante der Mehrschichtlagerschale ist vorgesehen, dass der Summenanteil an Zinn und Zink maximal 15 Gew.-% beträgt. Durch die Beschränkung des Summenanteils an Zinn und Zink auf diesen Wert wird die Gefahr der Bildung intermetallischer Phasen sowie die Seigerungsgefahr weiter reduziert. Zudem wird die Gießbarkeit der Schmelze verbessert, da Schmelzen mit einem Summenanteil an Zinn und Zink von mehr als 15 Gew.-% ein sehr großes Erstarrungsintervall aufweisen. Zusätzlich wird auch die Umformbarkeit des Gussmaterials verbessert, was insbesondere in Hinblick auf die Umformung des ebenen, streifenförmigen Halbfertigfabrikats in die Schalenform von Vorteil ist.

**[0016]** Zur weiteren Verbesserung dieser Effekte ist vorzugsweise der Summenanteil an Zinn und Zink auf maximal 13 Gew.-% beschränkt bzw. ist der Summenanteil an Zinn und Zink ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 6 Gew.-% und einer oberen Grenze von 12 Gew.-%.

**[0017]** Ein Teil des Kupfers in einem Ausmaß von maximal 7 Gew.-%, insbesondere maximal 6 Gew.-%, kann durch zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Kobalt, Zirkonium, Mangan, Titan, Magnesium, Bor, Niob, Vanadium, Eisen, Chrom, Scandium, und Kohlenstoff ersetzt sein.

**[0018]** Dabei kann durch Kobalt oder Bor eine feinere Kornstruktur der Gusslegierung erreicht werden. Diese Eigenschaft kann durch den gemeinsamen Zusatz von Kobalt und Bor übererwartungsgemäß verstärkt werden, weshalb eine Wechselwirkung zwischen Kobalt und Bor in der Schmelze der Zinnbronze vermutet wird.

**[0019]** Durch Mangan kann die Kaltfestigkeit und Warmfestigkeit der Zinnbronze durch Mischkristallverfestigung verbessert werden. Zudem kann die Rekristallisationstemperatur erhöht werden.

**[0020]** Durch die Zugabe von Titan zur Zinnbronze kann über eine Ausscheidungshärtung eine Verfestigung der Zinnbronze erreicht werden. Insbesondere in Verbindung mit Kohlenstoff kann auch eine kornfeinende Wirkung erreicht werden, da die Karbide als Kristallisationskeime wirken.

**[0021]** Durch die Zugabe von Magnesium kann ebenfalls eine Ausscheidungshärtung durch  $\text{Cu}_2\text{Mg}$  und dadurch eine Festigkeitssteigerung der Zinnbronze erreicht werden.

**[0022]** Dies trifft aufgrund der Ausscheidungsphase  $\text{Cu}_3\text{Zr}$  auf die Zugabe von Zirkonium ebenfalls zu, wobei Zirkonium auch zur Erhöhung der Rekristallisationsschwelle von vorher kaltverfestigten Zinnbronzen zugesetzt werden kann. Durch Karbidbildung kann Zirkonium infolge der Bildung von Kristallisationskeimen auch kornfeinend wirken.

**[0023]** Niob bzw. Vanadium können zur Kornfeinung des Gussgefüges zugesetzt werden, wobei auch hier wiederum eine Steigerung des Effektes bei gleichzeitiger Zugabe von Bor erreicht werden kann.

**[0024]** Eisen dient auch der Kornfeinung des Gussgefüges, wobei eine Steigerung des Effektes

durch Phosphor oder die gleichzeitige Zugabe von Nickel beobachtet wurde.

**[0025]** Durch den Zusatz von Chrom zur Zinnbronze kann diese über die Warmaushärtung verfestigt werden, wobei sich nach der Auslagerung elementares Chrom ausscheidet. Es bilden sich zwischen Cu und Cr keine intermetallischen Verbindungen, sodass durch die Zugabe von Chrom zur Zinnbronze keine nennenswerter Verluste an Dehnung festgestellt werden konnten, trotz der ansteigenden Festigkeiten bei der Auslagerungsglühung.

**[0026]** Scandium dient der Erhöhung der Rekristallisation-Schwelle, nach vorheriger Kalt-Umformung.

**[0027]** Nickel in Verbindung mit Phosphor kann zur Festigkeitssteigerung und bei geringen Mengen in Verbindung mit Phosphor zur Kornfeinung zugesetzt werden.

**[0028]** Kobalt kann in einem Anteil enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-% und/oder Mangan in einem Anteil, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Kobalt, Zirkonium und Mangan ausgewählt sein kann aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,02 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,1 Gew.-%.

**[0029]** Der Anteil an Kobalt ist mit maximal 2,0 Gew.-% beschränkt, um eine Entmischung beim Abkühlen der Schmelze zu vermeiden, wodurch die Eigenschaften der Rückenmetallschicht durch die dabei ausgeschiedenen Phasen verschlechtert würden.

**[0030]** Durch den gewählten Bereich für den Anteil Mangan kann Mangan einerseits ausschließlich zur Desoxidation verwendet werden (mit einem Anteil zwischen 0,01 Gew.-% bis 0,02 Gew.-%) oder ab einem Anteil von 0,02 Gew.-% auch zur Steigerung der Festigkeit der Zinnbronze beitragen. Bei Anteilen von über 0,5 Gew.-% wird die Festigkeit der Zinnbronze zu groß.

**[0031]** Der Anteil an Zirkonium kann zwischen 0,01 Gew.-% und 0,3 Gew.-% betragen, wobei schon geringe Mengen (bis ca. 0,1 Gew.-%) die Bildung eines heterogenen Gefüges begünstigen und damit zur Härtung beitragen. Im Bereich zwischen 0,2 Gew.-% bis 0,3 Gew.-% wurde eine maximale Erhöhung der Rekristallisationsschwelle von vorher kaltverfestigten Proben beobachtet. Aber auch geringe Mengen an Zirkonium im Bereich von 0,02 Gew.-% - 0,03 Gew.-% können in Verbindung mit Kohlenstoff eine kornfeinende Wirkung haben, da die mit Kohlenstoff gebildeten Karbide als Kristallisationskeime wirken.

**[0032]** Der Summenanteil an Kobalt, Zirkonium und Mangan wurde mit 2,1 Gew.-% beschränkt, da darüber hinausgehende Anteile an diesen Elementen keine zusätzlichen positiven Eigenschaften haben, sondern vielmehr die Verarbeitung der Schmelze, beispielsweise durch die angesprochenen Entmischungserscheinungen erschwert wird.

**[0033]** Bevorzugt ist der Anteil an Kobalt ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,5 Gew.-% und/oder der Anteil an Mangan ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,4 Gew.-% und/oder der Summenanteil an den Elementen Kobalt, Zirkonium und Mangan ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,02 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,8 Gew.-%.

**[0034]** Titan kann in einem Anteil enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% und/oder Magnesium in einem Anteil der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,2 Gew.-% wobei der Summenanteil an den Elementen Titan und Magnesium ausgewählt sein kann aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%.

**[0035]** Diese Elemente werden nur in geringen Mengen zulegiert, um die schmelzmetallurgische Behandlung zu vereinfachen, insbesondere in Hinblick auf die Verunreinigung der Schmelze mit Oxiden dieser Metalle und den Abbrand der Schmelze.

**[0036]** Über den Titangehalt können verschiedene Auslagerungsprozesse hervorgerufen werden. Bei geringen Gehalten kommt es zu einer kontinuierlichen Ausscheidung, bei höheren Gehalten entstehen diskontinuierliche Ausscheidungen. Der Anteil an Titan ist mit maximal 0,5 Gew.-% beschränkt, um eine umgekehrten Blockseigerungen (Bildung von Ti-Konzentrationsgradienten) und damit die Einstellung ungleichmäßiger Eigenschaften im Gussstück zu vermeiden.

**[0037]** Der Anteil an Magnesium ist auf maximal 0,2 Gew.-% beschränkt, um die Formänderungsfähigkeit der Zinnbronze nicht zu verschlechtern.

**[0038]** Der Summenanteil an Titan und Magnesium ist auf maximal 0,5 Gew.-% beschränkt, damit die Zinnbronze nicht zu hart wird und die Umformbarkeit darunter leidet.

**[0039]** Bevorzugt ist der Anteil an Titan ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,2 Gew.-% und/oder der Anteil an Magnesium ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,14 Gew.-% und/oder der Summenanteil an den Elementen Titan und Magnesium ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,4 Gew.-%.

**[0040]** Niob kann in einem Anteil enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% und/oder Vanadium in einem Anteil, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,25 Gew.-% und/oder Eisen in einem Anteil, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Niob, Vanadium, Eisen ausgewählt sein kann aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-%.

**[0041]** Für Niob und Vanadium, die beide kornfeinend wirken, wurden die oberen Grenzen in Hinblick darauf gewählt, dass höhere Anteile keinen zusätzlichen Effekt mehr zeigten bzw. der zusätzliche Effekt nicht in dem Ausmaß erreicht wird, wie die Zugabe in einem Anteil aus den beanspruchten Bereichen.

**[0042]** Der Anteil an Eisen ist mit maximal 2 Gew.-% beschränkt, da sich bei höheren Anteilen an Zink die Umformbarkeit der Zinnbronze negativ beeinflussende Eisen-Zink-Phasen bilden können, wodurch die Zinnbronze versprödet.

**[0043]** Aus diesem Grund ist auch der Summenanteil aus diesen Elementen auf maximal 2 Gew.-% beschränkt, da sich der negative Einfluss von höheren Anteilen an Eisen durch die gleichzeitige Anwesenheit von Niob und/oder Vanadium verstärken kann.

**[0044]** Allerdings wurde beobachtet, dass durch die Anwesenheit von Phosphor in der Zinnbronze Eisen durch die Bildung von Phosphiden, die ihrerseits wieder Kristallisationskeime bilden, auch kornfeinend wirken kann.

**[0045]** Bevorzugt ist der Anteil an Niob ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,30 Gew.-% und/oder der Anteil an Vanadium ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,16 Gew.-% und/oder der Anteil an Eisen ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,5 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,3 Gew.-% und/oder der Summenanteil an den Elementen Titan und Magnesium ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,5 Gew.-%.

**[0046]** Chrom kann in einem Anteil enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-%, insbesondere 0,1 Gew.-%, und einer oberen Grenze von 1,6 Gew.-%, insbesondere 1,2 Gew.-%.

**[0047]** Die obere Grenze von maximal 1,6 Gew.-% wurde in Hinblick auf die mögliche Bildung von Chromoxiden in der Schmelze gewählt, die wie Titan oder Magnesium die schmelzmetallurgische Herstellung durch Verunreinigung der Schmelze und den Abbrand der Schmelze

negativ beeinflussen.

**[0048]** Der Anteil an Scandium kann maximal 0,3 Gew.-% betragen, da Scandium ebenfalls kornfeinend wirkt, und ein höherer Anteil keine zusätzliche Wirkung zeigt.

**[0049]** Der Anteil an Bor kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,08 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,15 Gew.-%, jener an Kohlenstoff aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,15 Gew.-%. Da diese Elemente, wie dies bereits voranstehend ausgeführt wurde, zur Verstärkung der kornfeinenden Wirkung von den genannten Elementen zugesetzt werden, haben höhere Anteile an diesen Elementen keine zusätzliche Wirkung unter Berücksichtigung der Anteile der Elemente, deren kornfeinende Wirkung verstärkt wird.

**[0050]** Bevorzugt ist der Anteil an Bor ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,12 Gew.-% und/oder der Anteil an Kohlenstoff ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,07 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,12 Gew.-%.

**[0051]** Ein Teil des Kupfers kann durch Nickel in einem Anteil von maximal 2 Gew.-%, insbesondere maximal 1,5 Gew.-%, ersetzt sein, da sich wie bei Eisen Phosphide bilden können, die als Kristallisationskeime und daher kornfeinend wirken. Insbesondere trifft dies zu, wenn der Anteil des Phosphors maximal 0,25 Gew.-% beträgt.

**[0052]** In der bevorzugten Ausführungsvariante der Mehrschichtlagerschale ist die Bronze allerdings nickelfrei und/oder aluminiumfrei. Fretting-Versuche haben interessanterweise gezeigt, dass insbesondere höhere Nickel-Zusätze (die für eine signifikante Festigkeitssteigerung nötig wären, z.B. über 2 Gew.-%, wie sie bei dem Stand der Technik bekannten spinodal aushärtenden Kupfer-Nickel-Zinn Legierungen vorkommen) sich sehr negativ auf die Fretting-Eigenschaften auswirken. In Hinblick auf Aluminium haben Versuche gezeigt, dass bereits geringe Anteile in der Zinnbronze zu erhöhtem Abbrand bei der schmelzmetallurgischen Herstellung der Bronze führen.

**[0053]** Wie vorangehend erwähnt, kann die Bronze eine bevorzugte mittlere Korngröße von z.B. maximal 30 µm aufweisen, um damit eine bessere Anlage der Rückenmetallschicht an der Oberfläche der Lageraufnahme zu erreichen. Mit der mittleren Korngröße ist dabei die mittlere lineare Korngröße gemeint, die auch als Heynsche Korngröße bekannt ist. Die Messung von diesem Gefügekennwert erfolgt durch optische Auswertung von Schlibfbildern anhand der Richtlinien der quantitativen Gefügeanalysen, die heutzutage Stand der Technik sind.

**[0054]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

**[0055]** Es zeigen jeweils in schematisch vereinfachter Darstellung:

**[0056]** Fig. 1 ein Gleitlager in Form einer Mehrschichtlagerschale in Seitenansicht;

**[0057]** Fig. 2 die Wechselbiegefestigkeit von CuSn5Zn1P0, 1CoMn im Vergleich zu Stahl;

**[0058]** Fig. 3 das Ergebnis des Frettingtests von CuSn5Zn1P0,1CoMn und CuSn5Zn1Ni4Al2 im Vergleich zu Stahl.

**[0059]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

**[0060]** Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1

und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

**[0061]** Fig. 1 zeigt ein Gleitlagerelement 1 in Form einer Mehrschichtlagerschale 2, das als so genanntes Zweistofflager ausgeführt ist und aus einer Rückenmetallschicht 3, die ein Stützelement bzw. eine Stützscheibe für das Gleitlagerelement 1 bildet, sodass dieses selbsttragend ist, und einer Gleitschicht 4 besteht. Die Gleitschicht 4 ist also direkt auf der Oberfläche der Rückenmetallschicht 3 angeordnet und mit dieser verbunden.

**[0062]** Das Gleitlagerelement 1 kann aber auch mehr als zwei Schichten aufweisen, beispielsweise drei, vier, fünf, etc. So ist es z.B. möglich, dass zwischen der Rückenmetallschicht 3 und der Gleitschicht 4 eine Lagermetallschicht 5 angeordnet ist, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist, sodass das Gleitlagerelement 1 als so genanntes Dreistofflager, das aus drei Schichten besteht, ausgebildet ist.

**[0063]** Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass direkt auf der Gleitschicht 4 oder anstelle der Gleitschicht 4 eine Gleitlackschicht angeordnet ist.

**[0064]** Es ist auch möglich, wie dies bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist, zwischen den einzelnen Lagen bzw. zumindest einzelnen Schichten, also beispielsweise zwischen der Rückenmetallschicht 3 und Gleitschicht 4 oder der Lagermetallschicht 5 und/oder zwischen der Lagermetallschicht 5 und der Gleitschicht 4 zumindest eine Zwischenschicht in Form einer Bindschicht oder einer Diffusionssperrschicht anzuordnen, um das Diffundieren einzelner Bestandteile aufgrund der Wärmebelastung des Gleitlagerelementes 1 aus einer Schicht in eine andere Schicht, und damit die Verarmung einer Schicht an diesem Element, zu verhindern, bzw. um die Haftfestigkeit der einzelnen Schichten aneinander zu verbessern. Dabei ist es bei Bedarf auch möglich, dass zwischen einzelnen Schichten sowohl eine Bindschicht als auch eine Diffusionssperrschicht angeordnet ist. Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass im Rahmen der Erfindung eine Direktbeschichtung der Rückenmetallschicht 3 mit der Lagermetallschicht 5 oder der Gleitschicht 4 ohne Zwischenanordnung von weiteren Schichten möglich ist.

**[0065]** Des Weiteren kann auf der Gleitschicht 4 eine so genannte Einlaufschicht angeordnet sein, besondere in tribologisch beanspruchten Bereichen der Mehrschichtlagerschale 2.

**[0066]** Prinzipiell können für die Gleitschicht 4, die Lagermetallschicht 5, die Gleitlackschicht, die Bindschicht und die Diffusionssperrschicht sämtliche hierfür geeigneten, aus dem Stand der Technik bekannten Werkstoffe verwendet werden.

**[0067]** So kann beispielsweise die Lagermetallschicht 5 gebildet sein durch:

**[0068]** Lagermetalle auf Aluminiumbasis (zum Teil nach DIN ISO 4381 bzw. 4383):

AlSn6CuNi, AlSn20Cu, AlSi4Cd, AlCd3CuNi, AlSi11Cu, AlSn6Cu, AlSn40, AlSn25CuMn, AlSi11CuMgNi, AlZn4,5;

**[0069]** Lagermetalle auf Kupferbasis (zum Teil nach DIN ISO 4383):

CuSn10, CuAl10Fe5Ni5, CuZn31Si, CuSn8Bi10, CuSn2,5-11Zn0,5-5, z.B. CuSn4,5Zn;

**[0070]** Lagermetalle auf Bleibasis:

PbSb10Sn6, PbSb15Sn10, PbSb15SnAs, PbSb14Sn9CuAs, PbSn10Cu2, PbSn18Cu2, PbSn10TiO2, PbSn9Cd, PbSn10;

**[0071]** Lagermetalle auf Zinnbasis:

SnSb8Cu4, SnSb12Cu6Pb.

**[0072]** Als Bindschichten kommen beispielsweise Schichten aus Reinaluminium oder Aluminiumlegierungen, wie z.B. AlSc3, oder aus, Mn, Ni, Fe, Cr, Co, Cu, Ag, Mo, Pd und deren Legierungen sowie NiSn- bzw. CuSn-Legierungen, etc., in Betracht.

**[0073]** Diffusionssperrschichten können beispielsweise ebenfalls Aluminium- bzw. Aluminiumlegierungsschichten oder Nickelschichten, oder Schichten aus Mn, Fe, Cr, Co, Cu, Ag, Mo, Pd

und deren Legierungen, etc. sein.

**[0074]** Für die Gleitschicht 4 können beispielsweise Aluminiumbasislegierungen, wie z.B.  $\text{AlSn}_{20}\text{Cu}$ ,  $\text{AlSn}_{40}\text{Cu}$ ,  $\text{AlBi}_{15}\text{Mo}_2$ ,  $\text{AlBi}_{11}\text{Cu}_{0,5}\text{Ni}_{0,5}$ ,  $\text{AlBi}_{25}\text{Cu}$ , Zinnbasislegierungen, wie z.B.  $\text{SnSb}_{15}\text{Cu}_5$ ,  $\text{SnSb}_4\text{Cu}_1$ , Kupferbasislegierungen, wie z.B.  $\text{CuBi}_{20}$ ,  $\text{CuZn}_{31}\text{Si}_1$ , Bismutbasislegierungen, Silberbasislegierungen, Bi, Ag, Sn, Weißmetalllegierungen, Legierungen von Nickel, etc. verwendet werden.

**[0075]** Die Gleitlackschicht kann beispielsweise aus einem Gleitlack auf Polyamidimidbasis mit Graphit und  $\text{MoS}_2$  als Festschmierstoffe bestehen.

**[0076]** Es sei angemerkt, dass die voranstehenden Aufzählungen nur beispielhaften Charakter haben. Zusammenfassend sei dazu angemerkt, dass die einzelnen Schichten bzw. Lagen des Gleitlagerelementes 1 aus Metallen oder Metalllegierungen bestehen, also mit Ausnahme der Gleitlackschicht, nicht aus Kunststoffen. Des Weiteren bestehen diese Schichten vorzugsweise nicht aus Sinterwerkstoffen, sondern aus Massivwerkstoffen.

**[0077]** Die einzelnen Schichten des Gleitlagerelementes 1 können nach dem Stand der Technik entsprechenden Verfahren auf der Rückenmetallschicht 1 bzw. der jeweils darüber angeordneten Schicht angeordnet oder abgeschieden werden. Beispielsweise können die Lagermetallschicht 5 und/oder Gleitschicht 4 und/oder die Diffusionssperrschicht(en) und/oder die Bindschicht(en) durch Aufwalzen, galvanisches Abscheiden, durch Abscheidung mittels PVD, insbesondere Sputterverfahren, CVD-Methoden, Laserbeschichtungsverfahren und Elektronenstrahlbedampfungsverfahren, etc., abgeschieden werden. Die Gleitlackschicht wird normalerweise aufgesprüht, kann aber auch mit anderen Verfahren aus der Lacktechnik aufgebracht werden. Generell kann dabei vor dem Abscheiden einzelner Schichten, insbesondere der Lagermetallschicht 5 und/oder der Gleitschicht 4, die Rückenmetallschicht 3 noch ebenflächig vorliegen, sodass die Umformung zur Mehrschichtlagerschale 2 also auch nach dem Abscheiden zumindest einzelner Schichten erfolgen kann, sofern diese Schichten die Umformung zulassen.

**[0078]** Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, liegt die Rückenmetallschicht 3 mit einer, einer radial inneren Gleitfläche 6 gegenüberliegenden Oberfläche 7 an einer Oberfläche 8 einer Lageraufnahme 9 an. Die Rückenmetallschicht 3 ist an dieser äußeren Oberfläche 7 des Gleitlagerelementes 1 vorzugsweise gänzlich beschichtungsfrei ausgebildet, weist also jedenfalls keine Antifretting-schicht auf.

**[0079]** Das in Fig.1 dargestellte Gleitlagerelement 1 hat in eingebautem Zustand die Form einer Gleitlagerhalbschale. Damit ist gemeint, dass die Geometrie des Gleitlagerelementes 1 außerhalb der Lageraufnahme 9 von der Halbkreisförmigkeit - in Seitenansicht betrachtet - abweicht bzw. abweichen kann, um damit einen besseren Lagersitz aufgrund der Aufspreizung und vor allem durch den Lagerüberstand zu erreichen. Die Halbschale kann also einen Winkelbereich umschließen, der auch geringfügig kleiner als  $180^\circ$  ist, beispielsweise einen um maximal  $5^\circ$  kleineren Winkelbereich, sodass die Halbschale in die Lagerstelle unter Ausbildung des Winkelbereichs von  $180^\circ$  und unter Ausbildung einer Spannung in der Lagerstelle eingepasst werden kann, das heißt der Lageraufnahme 9, gehalten wird. Demzufolge kann also die „Halbschale“ eine Aufspreizung aufweisen, um die genügend hohe Spannung bzw. den Anpressdruck, die bzw. der durch den Einpressvorgang aufgebaut wird, zu erreichen. Letzteres kann aber auch damit erreicht werden, dass die Mehrschichtlagerschale 2 einen so genannten Lagerüberstand aufweist, also eine Länge in Umfangsrichtung aufweist, die größer ist als die Länge der entsprechenden Lageraufnahme 9 in der selben Richtung. In Hinblick auf die Spannung die durch die Aufspreizung bzw. den Lagerüberstand ausgebildet ist, weist die Mehrschichtlagerschale 2 sehr gute Kennwerte auf.

**[0080]** Die nicht geschlossene Mehrschichtlagerschale 2 kann neben der Halbschalenausführung mit einer Winkelbereichüberdeckung von zumindest  $180^\circ$  auch eine davon abweichende Winkelbereichüberdeckung aufweisen, beispielsweise zumindest annähernd  $120^\circ$  oder zumindest annähernd  $90^\circ$ , sodass also die Mehrschichtlagerschale 2 auch als Drittelschale, insbesondere für Zweitaktdieselmotoren, oder als Viertelschale ausgebildet sein kann, die mit ent-

sprechenden weiteren Lagerschalen in der Lageraufnahme 9 kombiniert werden, wobei die Mehrschichtlagerschale 2 nach der Erfindung bevorzugt im höher belasteten Bereich der Lageraufnahme 9 eingebaut wird.

**[0081]** Die Rückenmetallschicht 3 besteht aus einer Zinnbronze, die im einfachsten Fall neben Kupfer als Matrixelement aus Zinn in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 12 Gew.-%, Zink in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 6 Gew.-% und Phosphor in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% besteht. Insbesondere besteht die Rückenmetallschicht 3 aus  $\text{CuSn}_3\text{-10Zn}_1\text{-4P}_{0,05\text{-}0,2}$ , wie z.B.  $\text{CuSn}_5\text{Zn}_1\text{P}_{0,1}$ ,  $\text{CuSn}_8\text{Zn}_1\text{P}_{0,1}$ ,  $\text{CuSn}_{10}\text{Zn}_3\text{P}_{0,1}$ ,  $\text{CuSn}_8\text{Zn}_4\text{P}_{0,1}$  oder  $\text{CuSn}_3\text{Zn}_3\text{P}_{0,1}$ . Zinnbronzen dieser Zusammensetzungen zeigten in Probeläufen in Motoren, dass sie in direktem Kontakt mit dem Stahl der Lageraufnahme 9 eine geringe Neigung zur Reibverschweißung bzw. zum Fretting, d.h. einen hohen Widerstand gegen Reibkorrosion haben. Diese Eigenschaften der Zinnbronze sind nicht nur besser als die entsprechenden von Stahl, sondern auch besser als die Neigung zum Fretting von Ni-, Al-, und Fe-haltigen Bronzen. Es ist dabei gemeint, dass die Bronzen deutliche höhere Anteile an diesen Elementen aufweisen, als im Folgenden noch näher beschrieben wird, da diese Elemente in der Zinnbronze als in geringen Mengen vorhanden sein können.

**[0082]** Zudem weisen diese Zinnbronzen sowohl statische als auch dynamische Festigkeiten auf, die jenen von Stahl vergleichbar sind, wodurch dessen Ersatz durch die Zinnbronze als Rückenmetallschicht 8 keine zusätzlichen Änderungen des Lageraufbaus bedingt.

**[0083]** Nicht unwesentlich ist auch, dass diese Zinnbronzen im Strangguss verarbeitet werden können, insbesondere im horizontalen Strangguss. Sie können ohne Beschädigung kalt umgeformt werden, und weisen auch ein ausreichendes Restumformvermögen auf, sodass das Verpressen zu Lagerschalen ohne zusätzliche Maßnahmen zu treffen durchgeführt werden kann. Zudem sind sie abwalzbar. Zudem ist in Hinblick auf die Umwelt von Bedeutung, dass die Zinnbronzen bleifrei als Rückenmetallschicht 3 einsetzbar sind.

**[0084]** Hinsichtlich der bevorzugten Bereiche der einzelnen Elemente der Zinnbronze sowie deren Wirkung in der Zinnbronze sei zur Vermeidung von Wiederholungen generell auf voranstehende Ausführungen verwiesen, sodass im Folgenden nur mehr kurz auf die mögliche Zusammensetzung der Zinnbronze eingegangen wird.

**[0085]** Vorzugsweise beträgt der Summenanteil an Zinn und Zink maximal 15 Gew.-%.

**[0086]** Neben dieser Grundzusammensetzung der Zinnbronze ist es auch möglich, dass zumindest ein weiteres Legierungselement zur Ausbildung von Mikrolegierungssystemen in der Zinnbronze bzw. zur Kornfeinung enthalten ist. Dazu kann ein Teil des Kupfers in einem Ausmaß von maximal 7 Gew.-% durch zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Kobalt, Zirkonium, Mangan, Titan, Magnesium, Bor, Niob, Vanadium, Eisen, Chrom, Scandium, und Kohlenstoff ersetzt sein. Es können damit unterschiedliche Gefügestände eingestellt werden (Mikrolegierungssystem, Kornfeinung für gute Umformbarkeit und hohe Festigkeiten, auch Warmfestigkeit, Beeinflussung der Tribologie durch Einbau von intermetallischer Phasen als Abstandhalter).

**[0087]** Daneben können generell auch Seltene Erden im Ausmaß von maximal 0,1 Gew.-%, insbesondere maximal 0,05 Gew.-%, enthalten sein.

**[0088]** Dabei kann Kobalt in einem Anteil enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-% und/oder Mangan in einem Anteil, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Kobalt, Zirkonium, Mangan vorzugsweise ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,02 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,1 Gew.-%. Der mögliche Anteil an Zirkonium ergibt sich somit aus diesem Summenanteil abzüglich der Anteile an Kobalt

und/oder Mangan.

**[0089]** Titan kann in einem Anteil enthalten sein der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% und/oder Magnesium in einem Anteil der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,2 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Titan und Magnesium vorzugsweise ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%.

**[0090]** Niob kann in einem Anteil enthalten sein der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% und/oder Vanadium in einem Anteil der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,25 Gew.-% und/oder Eisen in einem Anteil der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Niob, Vanadium, Eisen vorzugsweise ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-%.

**[0091]** Chrom kann in einem Anteil enthalten sein der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,6 Gew.-%.

**[0092]** Scandium kann in einem Anteil von maximal 0,3 Gew.-% zulegiert werden.

**[0093]** Bor kann in einem Anteil zulegiert werden der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,08 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,15 Gew.-%.

**[0094]** Der Anteil an Kohlenstoff kann ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,15 Gew.-%.

**[0095]** Es ist weiters möglich, dass ein Teil des Kupfers durch Nickel in einem Anteil von maximal 2 Gew.-% ersetzt ist, wobei in diesem Fall bevorzugt der Anteil von Phosphor in der Zinnbronze maximal 0,25 Gew.-% beträgt.

**[0096]** In der bevorzugten Ausführungsvariante der Zinnbronze ist diese jedoch aus voranstehend genannten Gründen nickelfrei und/oder aluminiumfrei.

**[0097]** Im Rahmen von Testversuchen möglicher, beispielhafter Zusammensetzungen für die Rückenmetallschicht 3 wurden folgende in Tabelle 1 zusammengefasste Legierungen hergestellt. Sämtliche Angaben sind in Gew.-%. Den Rest bildet jeweils Cu.

**[0098]** Tabelle 1: mögliche Zusammensetzung der Zinnbronze

Nr.	Sn	Zn	P	Co	Zr	Mn	Ti	Mg	B	Nb	V	Fe	Cr	Sc	C	Ni
1	4	1	0,12	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	4	1	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	4	1	0,12	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	4	1	0,10	-	0,02	-	0,05	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
5	4	1	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
6	4	1	0,05	-	0,03	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
7	4	1	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
8	4	1	0,01	-	-	-	-	-	0,1	0,05	-	-	-	-	-	-
9	4	1	0,10	0,1	-	-	-	-	0,1	-	-	0,15	-	-	-	-
10	4	1	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	0,10
11	5	1	0,12	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

12	5	1	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	5	1	0,12	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	5	1	0,10	-	0,02	-	0,05	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
15	5	1	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
16	5	1	0,05	-	0,03	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
17	5	1	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
18	5	1	0,01	-	-	-	-	-	0,1	0,05	-	-	-	-	-	-
19	5	1	0,10	0,1	-	-	-	-	0,1	-	-	0,15	-	-	-	-
20	5	1	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	0,10
21	8	1	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	8	1	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
23	8	-	0,05	-	0,03	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
24	8	1	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	0,10
25	8	1	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
26	8	5	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	8	5	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
28	8	5	0,05	-	0,03	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-
29	8	5	0,12	0,05	-	0,05	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	0,10
30	8	5	0,10	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-

**[0099]** Es würde den Rahmen dieser Beschreibung sprengen, zu all diesen Zusammensetzungen die Testergebnisse ausführlich wieder zu geben. Darum wird dies im Folgenden auf eine Zusammensetzung beschränkt. Dies insbesondere auch deswegen, da die durchgeführten Tests hinsichtlich der Antifrettingneigung und der Wechselbiegeversuche jeweils vergleichbare Ergebnisse lieferten, wobei durch die Beigabe von den alternativen Legierungselementen bessere Werte erreicht wurden, als jene der Grundzusammensetzung.

**[00100]** Für die im Folgenden wiedergegebenen Tests wurde jeweils eine Lagerhalbschale mit dem Aufbau Rückenmetallschicht 3 aus CuSn5Zn1P0,12Co0,05Mn0,05, darüber eine Gleitschicht 4 aus einer Sputterschicht der Zusammensetzung AlSn20Cu1, und darüber eine Gleitlackschicht mit einer Zusammensetzung wie in der EP 1 717 469 A2 beschrieben, die diesbezüglich zum Inhalt dieser Beschreibung gehört. Diese Lagerhalbschale wurde als untere Halbschale eingesetzt. Die obere Halbschale wies den Aufbau Rückenmetallschicht 3 aus CuSn5Zn1P0,12Co0,05Mn0,05 und darüber eine Gleitlackschicht mit einer Zusammensetzung wie in der EP 1 717 469 A2 beschrieben.

**[00101]** Zum Vergleich wurden Lager entsprechend diesem Aufbau hergestellt, wobei jedoch die Rückenmetallschicht 3 nicht aus einer Zinnbronze sondern aus einem Stahl C10 bestand.

**[00102]** In Fig. 2 sind die Ergebnisse des Wechselbiegeversuchs als Test für die Dauerfestigkeit des Gleitlagers gemäß DIN 50 142 bei Raumtemperatur dargestellt. Dabei sind auf der Ordinate die Biegewechselfestigkeit (Spannung) in MPa und auf der Abszisse die Anzahl der Lastwechsel in einem logarithmischen Maßstab aufgetragen. Die Kurve 10 zeigt dabei das erfindungsgemäße Gleitlager mit der Rückenmetallschicht 3 aus der Zinnbronze, die Kurve 11 das Gleitlager mit der Stahlrückenmetallschicht.

**[00103]** Es zeigte sich, dass die Biegewechselfestigkeit für die erfindungsgemäße Legierung Festigkeitswerte erreichte, die jenen von dem „Stahllager“ vergleichbar sind, wobei bei längeren Laufzeiten des Gleitlagers das erfindungsgemäße Lager (Kurve 10) besser abschnitt als das Gleitlager nach dem Stand der Technik (Kurve 11).

**[00104]** In Fig. 3 ist das Ergebnis des Frettingtests (Neigung zur Reibkorrosion) grafisch dargestellt. Die Kurven 12 und 13 zeigen dabei die Ergebnisse für Gleitlager entsprechend den für die Ermittlung der Wechselbiegefestigkeit nach Fig. 2 verwendeten Aufbauten (Kurve 12 = CuSn5Zn1P0,12Co0,05Mn0,05 Rückenmetallschicht 3, Kurve 13 = Stahl C10 Rückenmetallschicht). Für die Kurve 14 wurde wiederum derselbe Aufbau der unteren und der oberen Halbschale verwendet, wobei als Rückenmetallschicht eine Zinnbronze der Zusammensetzung CuSn5Zn1Ni4Al2 verwendet wurde. Auf der Ordinate in Fig.3 ist dabei der Reibkoeffizient zu Stahl (Lageraufnahme 9) aufgetragen. Die Abszisse gibt die Anzahl der Lastwechsel in einem logarithmischen Maßstab wieder. Die Tests wurden bei einer konstanten Flächenpressung von 7 MPa, einer Frequenz von 30 Hz und einer Amplitude von 70 µm durchgeführt.

**[00105]** Wie sich deutlich aus Fig. 3 zeigt sind anfänglich beide Zinnbronzen hinsichtlich der Frettingneigung besser als Stahl. Bei längeren Laufzeiten wechselt allerdings das Bild. Die Zinnbronze CuSn5Zn1P0,12Co0,05Mn0,05 ist hinsichtlich der Reibkorrosion nach wie vor besser als Stahl, die Zinnbronze der Zusammensetzung CuSn5Zn1Ni4Al2 wird allerdings deutlich schlechter, sogar schlechter als das „Stahllager“. Dies ist auch der Grund dafür, warum die Zinnbronze für die Rückenmetallschicht 3 vorzugsweise nickel- und/oder aluminiumfrei ist.

**[00106]** Tabelle 2 gibt zur Vervollständigung des Bildes die statischen Festigkeitswerte (Zugversuch nach DIN EN ISO 6892-1) der für die Darstellung von Fig. 2 verwendeten Lager wieder.

**[00107]** Tabelle 2: Zugversuch nach DIN EN ISO 6892-1

	Zustand	Härte Brinell (HB2,5/62,5)	Streckgrenze Rp0,2 (MPa)	Zugfestigkeit Rm (MPa)	Bruchdehnung A (%)
CuSn5Zn1 P0,12CoMn	Feinkorn walzhart	180	570	580	10
CuSn5Zn1 P0,12CoMn	Grobkorn walzhart	200	650	700	5
Stahl C10	walzhart	187	570	572	12

**[00108]** Tabelle 2 zeigt, dass die erfindungsgemäße Rückenmetallschicht 3 aus der Zinnbronze vergleichbare Festigkeitswerte liefert, wie jene mit der Stahlrückenmetallschicht. Tabelle 2 zeigt auch, dass es von Vorteil sein kann, die maximale Korngröße der Zinnbronze auf einen maximalen Wert zu beschränken. Dabei haben Tests gezeigt, dass die maximale Korngröße - hinsichtlich der Definition der maximalen Korngröße sei auf voranstehende Ausführungen verwiesen - einen Wert von 30 µm, insbesondere 20 µm nicht überschreiten sollte. Der Hintergrund dafür ist folgender:

**[00109]** Bei der ersten Versuchsreihe mit der CuSn5Zn1P0,12CoMn Legierung wurde während der Prozesskette kein Augenmerk auf die Korngröße gelegt, die geforderten mechanischen Kennwerte des Vormaterials (Band) wurden erreicht, da der größte Teil der Festigkeit aus der Verformungshärtung gewonnen werden konnte, jedoch mit dem Umstand eines sehr groben Gefüges. Bei den anschließenden Umformprozessen zu einer Halbschale ist dann auf dem Lagerrücken eine so genannte „Orangerhaut“ aufgetreten. Das sind lokal kleine Vertiefungen in µm Bereich, die zum einen ein optisches Problem darstellen, da der Lagerrücken nicht mehr gleichmäßig glatt ist und zum anderen führen diese leichten Vertiefungen zu einer nicht optimalen respektive ungleichmäßigen Rückenanlage des Lagerrückens in der Lageraufnahme 9. Dies kann abhängig von der jeweiligen Anwendung die Lagerperformance ungünstig beeinflussen, da der Sitz der Lagerschale nicht optimal ist.

**[00110]** Die Orangenhaut entsteht in signifikantem Ausmaß, während der Umformung zur Lagerschale (Verpressen), durch Fließlinien in den unterschiedlich orientierten Körnern unter der Voraussetzung, dass das Material, durch vorangegangene Umformprozesse, eine hohe Verfestigung aufweist. Sobald die Orangenhaut einmal entstanden ist, ist eine nachträgliche Entfernung mittels thermo-mechanischer Prozesse nicht mehr möglich.

**[00111]** Eine Maßnahme zur Reduzierung der Orangenhaut, ist die Einstellung einer kleineren Korngröße. Der Fertigungsprozess kann daher abgeändert werden, sodass im fertigen Bandmaterial ein feinkörniges Gefüge erhalten wird. Erreicht wird dies, indem der Abwalzprozess des Gussmaterials nach einem bestimmten Umformgrad, insbesondere 50 %, unterbrochen und eine rekristallisierende Zwischenglühung eingeschoben wird. Das Zwischenglühen erfolgt dabei bei einer Temperatur ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 400 °C und einer oberen Grenze von 600 °C, insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 500 °C und einer oberen Grenze von 550 °C. Durch die eingebrachte Kaltumformung und die anschließende Rekristallisation entsteht ein feinkörniges, aber entfestigtes Gefüge. Durch eine weitere Kaltwalzung wird der Werkstoff wieder verfestigt (Verformungshärtung). Durch diese Verfahrensweise kann eine Anlagefläche der Rückenmetallschicht 3 an der Lageraufnahme 9 von zumindest 75 %, insbesondere zumindest 85 %, erreicht werden.

**[00112]** Das Feinkorngefüge, z.B. mit einer maximal mittleren Korngröße von 30 µm, hat die Vorteile, dass die Zinnbronze homogenere Eigenschaften aufweist, eine im Vergleich zum Grobkorn, höhere Bruchdehnung (siehe auch Tabelle 2), eine gleichmäßige Rückenanlage und eine verbesserte Rückenoberfläche erreicht wird. Allerdings ist damit auch der Nachteil verbunden, dass die Verfestigung (durch die Verformungsverfestigung) nicht ganz so hoch ausfällt, wie im Vergleich zum Grobkorn (mittlere Korngröße mehrere 100 µm), da mit der zwischengeschalteten Glühung der anschließende Abwalzgrad geringer ausfällt als ohne Zwischenglühung.

**[00113]** Alternativ zu dieser Prozessführung oder zusätzlich dazu kann das Feinkorngefüge mit der im vorangegangenen Abschnitt erwähnten maximalen mittleren Korngröße von 30 µm auch durch die Zugabe von Kornfeinern, wie voranstehend beschrieben, erreicht werden.

**[00114]** Alternativ oder auch zusätzlich zu den in den vorangegangenen Absätzen erwähnten Prozessführungen, kann auch eine nachträgliche mechanische respektive eine materialabtragende Bearbeitung durchgeführt werden, um das Problem der Orangenhaut zu beheben. Als mögliche Bearbeitungsverfahren sind dem Stand der Technik bekannte Verfahren zu nennen, z.B. Schleifen oder Feinstdrehen der Oberfläche.

**[00115]** Die voranstehend beschriebenen Prozessführungen zeigen mögliche Varianten, um bei der Rückenmetallschicht 3 der Problematik der Orangenhaut zu begegnen. Welche der genannten Möglichkeiten Anwendung findet, ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall der erfindungsgemäßen Mehrschichtlagerschale 2.

**[00116]** Die erfindungsgemäße Rückenmetallschicht 3 wird bevorzugt durch (horizontalen) Strangguss als bandförmiges Vormaterial hergestellt. Nach dem Abwalzen werden dann in der Folge die weiteren Schichten aufgebracht, wobei diese entsprechend Verfahren nach dem Stand der Technik abgeschieden werden können. Es werden also fertige Mehrschichtlagerschalen hergestellt, die zur Ausbildung der Lagerschale nicht bruchgetrennt werden.

**[00117]** Die Zinnbronze für die Rückenmetallschicht 3 weist im Vergleich mit einer Stahlrückenmetallschicht weiters den Vorteil auf, dass zur Verbesserung des Sitzes der Lagerschale auf der Stirnseite der Lagerschale eine so genannte Spaltnocke eingebracht werden kann, wie dies in der AT 412 812 B beschrieben ist, die somit in diesem Umfang zur Beschreibung gegenständlicher Erfindung gehört.

**[00118]** Die erfindungsgemäße Rückenmetallschicht kann insbesondere zur Herstellung von Gleitelementen in Schiffsdieselmotoren, in so genannten High-Speed-Läufnern, in Motoren für Lastkraftwagen, in Hochdruckkompressoren oder auch in Lagerstellen von Windkraftanlagen verwendet werden.

**[00119]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Ver-

ständnis des Aufbaus Gleitlagerelementes 1 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

#### BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

- 1 Gleitlagerelement
- 2 Mehrschichtlagerschale
- 3 Rückenmetallschicht
- 4 Gleitschicht
- 5 Lagermetallschicht
- 6 Gleitfläche
- 7 Oberfläche
- 8 Oberfläche
- 9 Lageraufnahme
- 10 Kurve
- 11 Kurve
- 12 Kurve
- 13 Kurve
- 14 Kurve

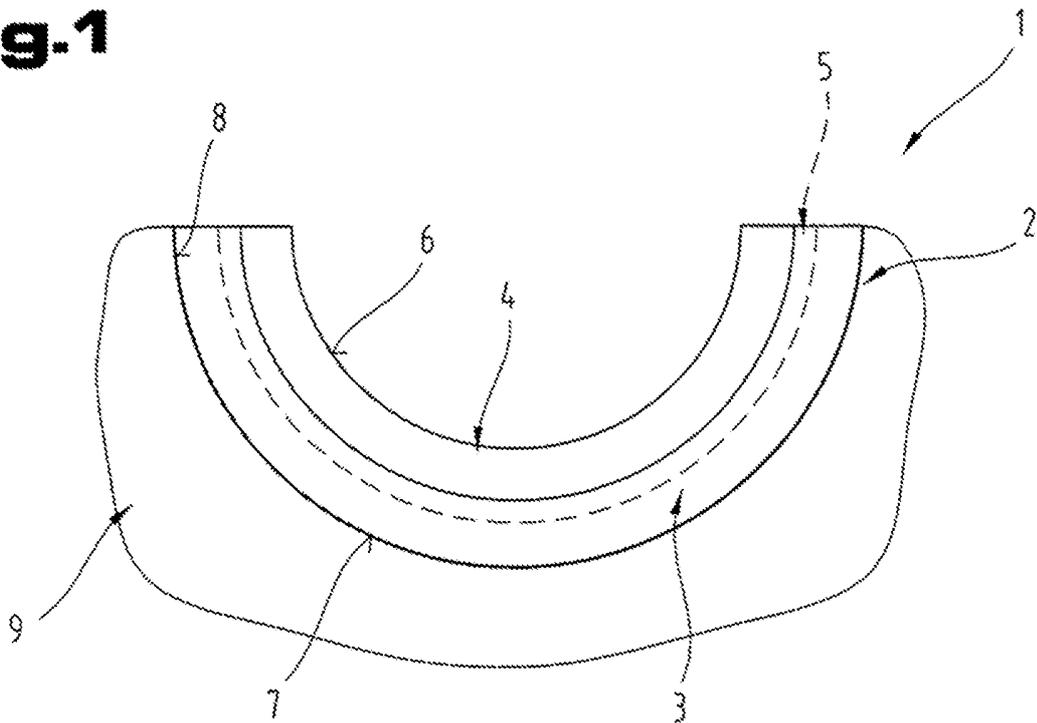
#### Patentansprüche

1. Mehrschichtlagerschale (2) umfassend eine Rückenmetallschicht (3) als Trägerelement des Schichtaufbaus und zumindest eine mit der Rückenmetallschicht (3) verbundene weitere Lagerschicht, wobei die Rückenmetallschicht (3) durch eine Bronze gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückenmetallschicht (3) neben Kupfer, das die Matrix der Bronze bildet, Zinn in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 12 Gew.-%, Zink in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,25 Gew.-% und einer oberen Grenze von 6 Gew.-% und Phosphor in einem Anteil ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% enthält.
2. Mehrschichtlagerschale (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Summenanteil an Zinn und Zink maximal 15 Gew.-% beträgt.
3. Mehrschichtlagerschale (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Teil des Kupfers in einem Ausmaß von maximal 7 Gew.-% durch zumindest ein Element aus einer Gruppe umfassend Kobalt, Zirkonium, Mangan, Titan, Magnesium, Bor, Niob, Vanadium, Eisen, Chrom, Scandium, und Kohlenstoff ersetzt ist.
4. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kobalt in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-% und/oder Mangan in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%, und/oder Zirkonium in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,3 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Kobalt, Zirkonium und Mangan ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,02 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,1 Gew.-%.
5. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Titan in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% und/oder Magnesium in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,2 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Titan und Magnesium ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-%.

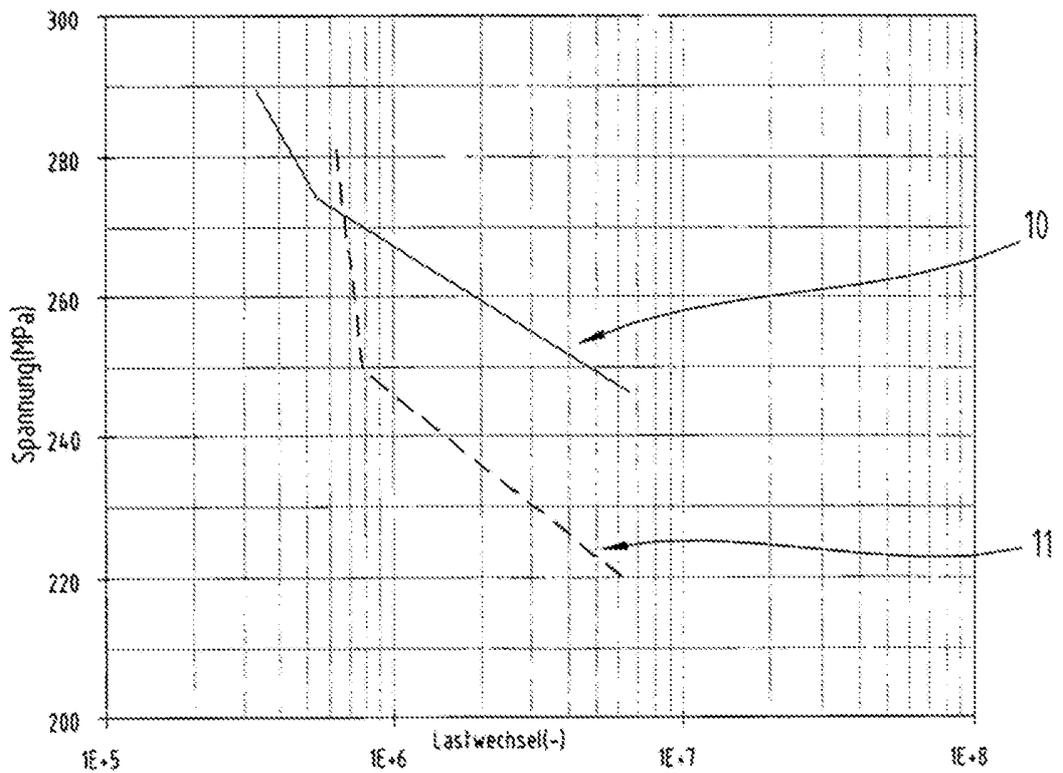
6. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Niob in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,5 Gew.-% und/oder Vanadium in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,25 Gew.-% und/oder Eisen in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,1 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-%, wobei der Summenanteil an den Elementen Niob, Vanadium, Eisen ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 2,0 Gew.-%.
7. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Chrom in einem Anteil enthalten ist der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,01 Gew.-% und einer oberen Grenze von 1,6 Gew.-%.
8. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Scandium maximal 0,3 Gew.-% beträgt.
9. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Bor ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,08 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,15 Gew.-%.
10. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil an Kohlenstoff ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,05 Gew.-% und einer oberen Grenze von 0,15 Gew.-%.
11. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Teil des Kupfers durch Nickel in einem Anteil von maximal 2 Gew.-% ersetzt ist.
12. Mehrschichtgleitlager (2) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bronze Nickel und Phosphor enthält wobei der Anteil des Phosphors maximal 0,25 Gew.-% beträgt.
13. Mehrschichtgleitlager (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bronze nickelfrei und/oder aluminiumfrei ist.
14. Mehrschichtgleitlager (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bronze eine maximale mittlere Korngröße von 30 µm aufweist.
15. Verfahren zum Herstellen eines Mehrschichtlagerelementes (2) umfassend eine Rückenmetallschicht (3) aus Bronze, die nach einem Stranggießverfahren hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mehrschichtlagerelement (2) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 14 ausgebildet ist, und dass nach dem Stranggießverfahren eine Verfestigung durch Abwalzen durchgeführt wird, wobei das Abwalzen in mehreren Schritten durchgeführt wird und zwischen zumindest zwei Schritten ein Zwischenglühen bei einer Temperatur ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 400 °C und einer oberen Grenze von 600 °C durchgeführt wird, sodass die Rückenmetallschicht eine mittlere Korngröße der Legierung entsprechend der jeweiligen Anforderungen, z.B. von maximal 30 µm, aufweist.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**

