

(12)

Patentschrift

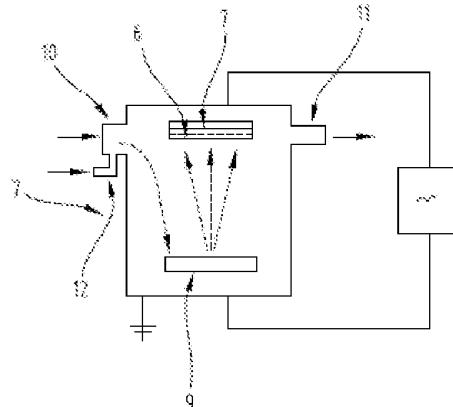
(21) Anmeldenummer: A 50044/2016
 (22) Anmeldetag: 28.01.2016
 (45) Veröffentlicht am: 15.04.2017

(51) Int. Cl.: C23C 14/06 (2006.01)
 C23C 14/24 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: WO 2005090631 A1 WO 2009046476 A1 US 2010170696 A1 US 2013341180 A1	(73) Patentinhaber: Miba Gleitlager Austria GmbH 4663 Laakirchen (AT)
	(72) Erfinder: Nagl Johann Dipl.Ing. Dr. 4651 Stadl-Paura (AT)
	(74) Vertreter: ANWÄLTE BURGER UND PARTNER RECHTSANWALT GMBH 4580 WINDISCHGARSTEN (AT)

(54) Verfahren zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling (6) aus der Gasphase in einem Prozessgas, nach dem die Schicht aus zumindest einem Target (9), das eine Metallkombination mit einem metallischen Basiselement umfasst oder daraus besteht, durch zumindest teilweises Zerstäuben des Targets (9) und anschließendes Niederschlagen der zerstäubten Targetbestandteile auf dem Gleitlagerelementrohling (6) hergestellt wird, wobei ein Target (9) verwendet wird, das zumindest einen kornfeinenden Bestandteil in Form eines Gases und/oder einer chemischen Verbindung dieses Gases aufweist und/oder dass ein Prozessgas verwendet wird, dem das kornfeinende Gas zugesetzt wird.

Fig.2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling aus der Gasphase in einem Prozessgas, nach dem die Schicht aus einem Target oder mehreren Targets, das oder die eine Metallkombination mit einem metallischen Basiselement umfasst oder daraus besteht, durch zumindest teilweises Zerstäuben des Targets und anschließendes Niederschlagen der zerstäubten Targetbestandteile auf dem Gleitlagerrohling hergestellt wird.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung die Anwendung des Verfahrens.

[0003] Zudem betrifft die Erfindung ein Target zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling aus der Gasphase umfassend eine Sinterzusammensetzung aus metallischen Bestandteilen.

[0004] Grobkörnige Sputterschichten neigen zu erhöhtem Schichtverschleiß, starker Diffusion und Härteverlust unter Wärmeeinfluss, insbesondere wenn diese zinnbasierend sind. Die grobe Struktur führt zudem unter Belastung zur Ausbildung von Rissen und Dauerbrüchen. Es sind daher im Stand der Technik bereits Anstrengungen unternommen worden, die Grobkörnigkeit der Sputterschichten zu verringern. Als probates Mittel hat sich dabei der Zusatz von kornfeinenden Elementen erwiesen, wie dies an sich für Legierungen üblich ist, falls diese Eigenschaft gewünscht ist. Die kornfeinenden Elemente sind üblicherweise Metalle. Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise in der WO 2009/046476 A1 beschrieben, nach dem auf einem Stützelement eine Gleitschicht durch Gasphasenabscheidung, gegebenenfalls nach Anordnung von zumindest einer Zwischenschicht, erzeugt wird, wobei die Gleitschicht eine Aluminiummatrix aufweist, in der neben Aluminium Bismut als Hauptbestandteil und gegebenenfalls Kupfer enthalten sind. Das kornfeinende Metall soll dabei einen Schmelzpunkt aufweisen, der um zumindest 950 °C höher ist als jener des Bismuts. Die Kornfeinung kann aber auch dadurch erreicht werden, dass durch Anlegen einer Bias-Spannung an das Stützelement die Bismut-Keimdichte erhöht wird.

[0005] Die Grobkörnigkeit der Sputterschicht kann aber auch positive Eigenschaften haben. Die damit einhergehende geringere Härte verleiht dem damit versehenen Gleitlagerelement bessere Anpassungseigenschaften in der Einlaufphase des Gleitlagers.

[0006] Die WO 2005/090631 A1 beschreibt ein Sputtertarget umfassend ein Mischung aus Indiumoxid und Zinnoxid.

[0007] Aus der US 2010/170696 A1 ist ein Sputtertarget bekannt, das aus gesintertem Zn₂SnO₄ und In₂O₃ besteht.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Eigenschaftsprofil eines Gleitlagerelementes zu verbessern, das mit einer nach einem Gasphasenabscheidungsverfahren hergestellten Schicht versehen ist.

[0009] Diese Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, bei dem zumindest ein Target verwendet wird, das zumindest einen kornfeinenden Bestandteil in Form eines Gases und/oder einer chemischen Verbindung dieses Gases aufweist und/oder bei dem ein Prozessgas verwendet wird, dem das kornfeinende Gas zugesetzt wird.

[0010] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung dadurch gelöst, dass die aus der Gasphase abgeschiedene Schicht zur Glättung der Oberfläche eines Gleitlagerrohrlings oder eines Gleitlagerelementes eingesetzt wird.

[0011] Schließlich wird die Aufgabe der Erfindung durch ein Target gelöst, das in dem genannten Verfahren verwendet werden kann und bei dem in der Sinterzusammensetzung gasgefüllte Hohlräume ausgebildet sind.

[0012] Von Vorteil ist dabei, dass durch einen relativ einfachen Eingriff in den Prozessablauf aus der Gasphase abgeschiedene Schichten erzeugt werden können, die im Bereich der Lauf-

fläche, also jener Oberfläche, die in Gleitkontakt mit einem weiteren Bauteil steht, grobkörniger ausgebildet sind, und die im Bereich der unter dieser Schicht liegenden weiteren Schicht relativ zu dem grobkörnigen Bereich der Schicht feinkörniger ist. Es wird damit einerseits die verbesserte Einlauffähigkeit des damit hergestellten Gleitlagerelementes verbessert bzw. bleibt diese erhalten. Andererseits weist die Schicht aber auch eine gute mechanische Festigkeit auf, die durch die Feinkörnigkeit begründet ist. Somit bieten diese feinkörnigeren Teilschichten eine Unterstützung für die darüber liegenden grobkörnigeren Teilschichten. Andererseits kann das Verfahren auch so ausgeführt werden, dass auch die Teilschichten im Bereich der Lauffläche feinkörniger ausgebildet werden, also die Kornfeinung auch im Bereich der Lauffläche eingesetzt wird. Es kann damit die Wärmestabilität der aus der Gasphase ausgeschiedenen Schicht verbessert werden. Das Verfahren kann auch dazu angewandt werden, dass eine rauere Oberfläche des Gleitlagerelementrohlings mit der Schicht eingeebnet wird. Es können dabei Defekte der rauen Oberfläche kompensiert werden. Herkömmliche Sputterschichten bilden hingegen die Rauigkeit des Untergrundes, die beispielsweise aus der mechanischen Bearbeitung der Oberfläche des Gleitlagerelementrohlings resultiert, nach, sodass also auch die Lauffläche entsprechend rau ist. Durch die verringerte Rauigkeit der Lauffläche kann unter anderem auch eine Reduktion des Verschleißes und der im Motor entstehenden Reibungsverluste im Betrieb des Gleitlagerelementes erreicht werden. Durch die angegebenen Targets und deren Einsatz im Verfahren können die genannten Vorteile erreicht werden. Zudem kann dadurch, dass als kornfeinende Substanz zumindest ein Gas und/oder eine chemische Verbindung dieses Gases eingesetzt wird, die Prozessführung vereinfacht werden, da eine gesonderte/eigene Zuspeisung des Gases in das Prozessgas nicht erforderlich ist. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass bei Einsatz der chemischen Verbindung mit dem Gas letzteres während des Abscheideverfahrens freigesetzt wird und daher wie das im Target nicht gebundene Gas wirkt.

[0013] Vorzugsweise wird die chemische Verbindung aus dem Gas mit dem Basiselement des Targets gebildet. Von Vorteil ist dabei die *in situ* Herstellung der chemischen Verbindung, so dass die chemische Verbindung immer frisch gebildet zur Verfügung steht. Durch die Verwendung des Basiselementes des Targets können darüber hinaus Unregelmäßigkeiten in der Verteilung der chemischen Verbindung vermieden werden.

[0014] Um die voranstehend genannten Effekt zu verstärken, kann nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens vorgesehen sein, dass der Anteil der kornfeinenden Substanz und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets über die Zeit der Abscheidung der Schicht variiert wird, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante dazu der Anteil der kornfeinenden Substanz und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets über die Zeit der Abscheidung der Schicht verringert wird.

[0015] Es kann weiter vorgesehen werden, dass das Target sintertechnisch mit Hohlräumen hergestellt wird, wobei in die Hohlräume das zumindest eine Gas eingelagert wird. Nachdem die Sintertechnik in der Regel zu Targets führt, die im Vergleich zu Vollmaterialen geringere Dichten aufweisen, können die darin ausgebildeten Hohlräume für die Bereitstellung des Gases im Beschichtungsverfahren genutzt werden. Das Gas kann damit einfach ohne zusätzlichen apparativen Aufwand in den Beschichtungsprozess eingebracht werden und ist zudem das Verfahren damit einfacher zu regeln bzw. zu steuern.

[0016] In der bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens wird als Basiselement des Targets Zinn verwendet, da sich im Zuge der Evaluierung der Erfindung herausgestellt hat, dass Zinnbasisschichten die voranstehend genannten Effekte verstärkt zeigen. Zudem können damit noch weitere Vorteile erreicht werden. Beispielsweise sind SnO_2 und Sn_2O_3 im Gegensatz zu beispielsweise CuO nicht gesundheitsschädlich.

[0017] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0018] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0019] Fig. 1 ein Mehrschichtgleitlager in Seitenansicht;

[0020] Fig. 2 eine Sputterkammer.

[0021] 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 bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0022] Fig. 1 zeigt ein Mehrschichtgleitlagerelement 1 in Form einer Gleitlagerhalbschale. Dargestellt ist eine zweischichtige Variante des Mehrschichtgleitlagerelements 1, bestehend aus einer Stützschicht 2 und einer Gleitschicht 3, die auf einer Vorderseite 4 (radial innere Seite) des Mehrschichtgleitlagerelements 1, die einem zu lagernden Bauteil zuwendbar ist, angeordnet ist.

[0023] Gegebenenfalls kann eine Lagermetallschicht 5 zwischen der Gleitschicht 3 und der Stützschicht 2 angeordnet sein, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist.

[0024] Der prinzipielle Aufbau derartiger Mehrschichtgleitlagerelemente 1, wie sie z.B. in Verbrennungskraftmaschinen Verwendung finden, ist aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen hierzu erübrigen. Es sei jedoch erwähnt, dass weitere Schichten angeordnet werden können, also beispielsweise zwischen der Gleitschicht 4 und der Lagermetallschicht 5 eine Haftvermittlerschicht und/oder eine Diffusionssperrsicht, ebenso kann zwischen der Lagermetallschicht 3 und der Stützschicht 2 eine Haftmittelschicht angeordnet werden.

[0025] Im Rahmen der Erfindung kann das Mehrschichtgleitlagerelement 1 auch anders ausgeführt sein, beispielsweise als Lagerbuchse, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist. Ebenso sind Ausführungen wie Anlaufringe, axial laufende Gleitschuhe, oder dergleichen möglich.

[0026] Das Mehrschichtgleitlagerelement 1 nach der Erfindung wird insbesondere in mittel- bis schnelllaufenden Motoren eingesetzt.

[0027] Die Stützschicht 2 besteht bevorzugt aus Stahl, kann aber auch aus einem Werkstoff, der dem Mehrschichtgleitlagerelement 1 die erforderliche Strukturfestigkeit verleiht, bestehen. Derartige Werkstoffe sind aus dem Stand der Technik bekannt.

[0028] Für die Lagermetallschicht 5 sowie die Zwischenschichten können die aus dem einschlägigen Stand der Technik bekannten Legierungen bzw. Werkstoffe verwendet werden, und sei diesbezüglich darauf verwiesen.

[0029] Die Gleitschicht 3 besteht aus einer Zinnbasislegierung mit Zinn als Hauptbestandteil bzw. Basiselement, d.h. dass Zinn den Bestandteil mit dem größten Anteil an der Zinnbasislegierung bildet.

[0030] Wenn im Folgenden Legierungszusammensetzungen angegeben sind, sind diese - sofern nichts anderes angegeben ist - so zu verstehen, dass Zinn jeweils den Rest der angegebenen Zusammensetzungen bildet.

[0031] Zahlenangaben zur Zusammensetzung der Zinnbasislegierung beziehen sich immer auf die gesamte Legierung.

[0032] Weiter sind die Angaben zu den Legierungszusammensetzungen so zu verstehen, dass diese üblichen Verunreinigungen, wie sie in großtechnisch eingesetzten Rohstoffen auftreten, mitumfassen. Es besteht aber im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass Rein- bzw. Reinstmetalle eingesetzt werden.

[0033] Sämtliche Mengenangaben zu den Legierungszusammensetzungen und Targetzusammensetzungen sind, sofern nichts anderes angegeben ist, in Gew.-% zu verstehen.

[0034] Die Zinnbasislegierung enthält neben Zinn zumindest ein Element aus einer ersten

Elementgruppe die Kupfer und Antimon umfasst bzw. daraus besteht. Gegebenenfalls kann die Zinnbasislegierung zumindest ein Element aus einer zweiten Elementgruppe bestehend aus Silizium, Chrom, Titan, Zink, Silber, Eisen, Aluminium, Bismut und Nickel enthalten.

[0035] Der Anteil an Antimon beträgt zwischen 1 Gew.-% und 8 Gew.-%, insbesondere zwischen 1 Gew.-% und 5 Gew.-%. Bei einem Anteil unter 1 Gew.-% wird die Zinnbasislegierung zu weich, wodurch die Dauerfestigkeit verschlechtert wird. Andererseits wird die Gleitschicht mit einem Anteil von mehr als 8 Gew.-% zu hart, sodass die Anpassungsfähigkeit der Zinnbasislegierung in der Einlaufphase zu gering ist.

[0036] Der Anteil an Kupfer beträgt zwischen 8 Gew.-% und 20 Gew.-%, insbesondere zwischen 9 Gew.-% und 15 Gew.-%. Übersteigt der Anteil an Kupfer jedoch 20 Gew.-% kommt es zu einer grobkörnigeren Ausscheidung der kupferreichen Hartphase.

[0037] Der Anteil jedes der Elemente Silizium, Chrom, Titan Zink, Silber und Eisen kann zwischen 0,1 Gew.-% und 2 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,25 Gew.-% und 1,5 Gew.-%, betragen.

[0038] Silizium kann zur Verbesserung der Dauerfestigkeit und zur Verlangsamung von Diffusionseffekten, wodurch es zu einer Schichtaufweichung kommen kann, zugegeben werden.

[0039] Durch die Zugabe von Chrom kann eine Verlangsamung der Korngrenzendiffusion erreicht werden.

[0040] Titan und Eisen wiederum bilden mit Zinn Hartphasen, wodurch die Dauerfestigkeit der Zinnbasislegierung verbessert werden kann.

[0041] Durch die Zugabe von Zink oder Silber kann die Dauerfestigkeit und die Belastbarkeit der Zinnbasislegierung verbessert werden.

[0042] Anteile dieser Elemente außerhalb der genannten Grenzen führen zu einem Eigenschaftsprofil der Zinnbasislegierung, das diese weniger geeignet für den Einsatz in dem Mehrschichtgleitlagerelement 1 macht.

[0043] Der Anteil jedes der weiteren Elemente Aluminium, Bismut und Nickel kann zwischen 0,05 Gew.-% und 5 Gew.-%, insbesondere zwischen 0,1 Gew.-% und 3,1 Gew.-%, betragen.

[0044] Aluminium kann ebenfalls die Dauerfestigkeit der Zinnbasislegierung verbessern.

[0045] Durch die Zugabe von Nickel kann die Dauerfestigkeit und die Belastbarkeit der Zinnbasislegierung verbessert werden.

[0046] Die Zugabe von Bismut behindert die Korngrenzendiffusion unter Temperatureinfluss.

[0047] Der Summengehalt aller Legierungselemente neben Zinn ist bevorzugt auf maximal 30 Gew.-%, insbesondere auf einen Anteil zwischen 10 Gew.-% und 25 Gew.-%, beschränkt. Es wurde gefunden, dass Summengehalte oberhalb der angegebenen Mengenbereiche zu Sprödigkeit, unterhalb zu geringer Härte und Dauerfestigkeit der Zinnbasislegierung führen.

[0048] Den Rest auf 100 Gew.-% bildet Zinn mit den üblichen, herstellungsbedingten Verunreinigungen.

[0049] Neben einer Zinnbasislegierung kann die Gleitschicht 3 aber auch durch eine Legierung mit dem Basiselement Aluminium, wie z.B. AlSn20Cu1, AlBi15Cu1Ni1, oder durch eine Legierung mit Kupfer als Basiselement, wie z.B. CuPb27, CuPb25Sn3, CuPb25Ni3, oder durch Silber oder eine Legierung mit Silber als Basiselement, wie z.B. AgCu5, gebildet werden.

[0050] Zur Herstellung des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 wird ein Rohling vorbereitet. Der Rohling besteht zumindest aus der Stützschicht 2, kann jedoch auch zumindest eine weitere der voranstehend genannten Schichten aufweisen, insbesondere die Lagermetallschicht 5. Die Herstellung dieses Gleitlagerelementrohlings 6 (Fig. 2) kann dem Stand der Technik entsprechend erfolgen, indem beispielsweise auf eine Stahlplatine eine Lagermetallschicht aufgebracht und damit durch Walzen verbunden wird. Auch andere bekannte Verfahren sind anwendbar.

Gegebenenfalls erfolgt eine mechanische Bearbeitung dieses Gleitlagerelementrohlings 6.

[0051] Der Gleitlagerelementrohling 6 kann durch umformen bereits in die entsprechende Form, beispielsweise die Form einer Halbschale, gebracht werden, bevor die Gleitschicht 3 darauf abgeschieden wird.

[0052] Die Gleitschicht 3 wird aus der Gasphase auf dem Gleitlagerelementrohling 6 abgeschieden. Insbesondere wird die Gasphasenabscheidung nach einem Kathodensputterverfahren oder einem Elektronenstrahlbedampfungsverfahren durchgeführt. Da diese Verfahren prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt sind, sei zur Vermeidung von Wiederholungen darauf verwiesen.

[0053] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Erfindung möglich ist, auch andere Schichten des Mehrschichtgleitlagers 1 durch Gasphasenabscheidung, insbesondere nach einem Kathodensputterverfahren oder einem Elektronenstrahlbedampfungsverfahren, auf einem Gleitlagerelementrohling 6 abzuscheiden.

[0054] Zur Abscheidung wird zumindest ein Gleitlagerelementrohling 6 in eine Abscheidekammer 7 gegeben, die in Fig. 2 schematisch dargestellt ist. Beispielsweise kann der Gleitlagerelementrohling 6 in die Abscheidekammer 7 über eine Schleuse eingeschleust werden. Der Gleitlagerelementrohling 6 kann während der Abscheidung der Gleitschicht 3 auf einem Träger 8 angeordnet und von diesem gehalten werden.

[0055] Es ist auch möglich, dass mehrere Gleitlagerelementrohlinge 6 gleichzeitig beschichtet werden, wofür ein entsprechend geformter Träger 8 verwendet werden kann.

[0056] Obwohl in Fig. 2 der Gleitlagerelementrohling 6 ebenflächig dargestellt ist, kann dieser - wie voranstehend beschrieben - bereits umgeformt sein, also beispielsweise die Form einer Halbschale aufweisen, sodass also der zu beschichtende Gleitlagerelementrohling 6 eine gekrümmte zu beschichtende Oberfläche aufweisen kann.

[0057] Die Gleitschicht 3 kann bevorzugt mit einer Schichtdicke von mindestens 10 µm, vorzugsweise mindestens 15 µm, und maximal 60 µm, vorzugsweise maximal 50 µm, erzeugt werden, sofern eine Lagermetallschicht 3 angeordnet wird. Bei Fehlen einer Lagermetallschicht 3 werden bevorzugt Schichtdicken von mindestens 150 µm, vorzugsweise mindestens 200 µm, und maximal 1000 µm, vorzugsweise maximal 750 µm erzeugt.

[0058] In der Abscheidekammer 7 ist zumindest ein Target 9 angeordnet. Es können auch mehrere Targets 9 angeordnet werden.

[0059] Das Target 9 weist vorzugsweise die gleichen Metalle auf, aus denen auch die abzuscheidende Gleitschicht 3 hergestellt wird, beispielsweise die voranstehend genannten Elemente der Zinnbasislegierung. Insbesondere enthält das Target 9 diese Metalle in den gleichen relativen Mengen zueinander, sodass also das Target 9 zumindest annähernd die gleiche, insbesondere genau die gleiche, Zusammensetzung aufweisen kann, wie die herzustellende Gleitschicht 3.

[0060] Falls mehrere Targets 9 verwenden werden, können alle die gleiche Zusammensetzung aufweisen. Es ist aber auch möglich, unterschiedlich zusammengesetzte Targets 9 zu verwenden, wobei die Summe der Targets 9 qualitativ die Summe der abzuscheidenden Metalle ergeben.

[0061] Das oder die Target(s) 9 und der oder die Gleitlagerelementrohling(e) 6 werden entsprechend elektrisch kontaktiert, sodass zwischen diesen ein elektrisches Potential vorherrscht.

[0062] Die Abscheidung der Gleitschicht 3 erfolgt in einem Prozessgas, beispielsweise bestehend aus oder umfassend Argon. Zu Einführung des Prozessgases weist die Abscheidekammer 7 zumindest einen Einlass 10 und zu dessen Abfuhr zumindest einen Auslass 11 auf.

[0063] Für die Abscheidung mittels Sputterverfahren können folgende Parameter angewandt werden:

[0064] Spannung am Gleitlagerelementrohling 6: -150 V bis 0 V

[0065] Prozessgasgemisch: Argon, Sauerstoff

[0066] Prozessgas-Druck: 7×10^{-4} bis 6×10^{-3} mbar,

[0067] Temperatur: 80 bis 160 °C

[0068] Spannung an dem oder den Targets 9: -450 V bis -800 V

[0069] Beschichtungsrate: 0,1 µm/Minute bis 5 µm/Minute

[0070] Bekanntlich werden beim Sputtern Prozessgasatome auf das Target 9 beschleunigt und schlagen aus diesem die abzuscheidenden Metallatome heraus, die in weiterer Folge in Richtung auf den Gleitlagerelementrohling 6 beschleunigt werden und sich auf dessen Oberfläche niederschlagen, sodass die Gleitschicht 3 aufgebaut wird.

[0071] Die Abscheidung mittels eines PVD-Prozesses (Gasphasenabscheidung) wird bevorzugt, da diese abseits des thermodynamischen Gleichgewichtes stattfinden, sodass die Teilchendiffusion und Koagulation von Ausscheidungen verhindert werden kann.

[0072] Mit dem Verfahren, insbesondere dem Sputterverfahren, kann also eine Schicht, insbesondere die Gleitschicht 3, auf einem Gleitlagerelementrohling 6 aus der Gasphase in einem Prozessgas abgeschieden werden. Dazu wird die Schicht aus einem Target 9, das eine Metallkombination mit einem metallischen Basiselement, insbesondere Zinn, umfasst oder daraus besteht (bezogen auf die Metallkombination), durch zumindest teilweises Zerstäuben des Targets 9 und anschließendes Niederschlagen der zerstäubten Targetbestandteile auf dem Gleitlagerrohling 6 hergestellt.

[0073] Zur Herstellung dieser Schicht, insbesondere der Gleitschicht 3, kann einerseits zumindest ein Target 9 verwendet werden, das zumindest einen kornfeinenden Bestandteil aufweist. Der kornfeinende Bestandteil ist dabei ein Gas und/oder eine chemische Verbindung dieses Gases. Alternativ oder zusätzlich dazu kann ein Prozessgas verwendet wird, dem das kornfeinende Gas zugesetzt wird.

[0074] Das kornfeinende Gas ist bevorzugt ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid, Gase auf Kohlen-Wasserstoffbasis C_xH_y (z.B. Acetylen), Wasserstoff.

[0075] Der Anteil des kornfeinenden Gases an dem Target 9 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 20 ppm bis 4000 ppm, insbesondere aus einem Bereich von 50 ppm bis 2500 ppm.

[0076] Als Prozessgas wird bevorzugt Argon verwendet. Es kann aber auch andere Edelgase wie Helium, Neon oder Krypton eingesetzt werden.

[0077] Falls das kornfeinende Gas dem Prozessgas zugesetzt wird, kann dessen Anteil an der Gesamtgaszusammensetzung (also Prozessgas plus kornfeinendes Gas) ausgewählt sein aus einem Bereich von 25 ppm bis 20000 ppm, insbesondere aus einem Bereich von 100 ppm bis 10000 ppm.

[0078] In diesem Fall kann das kornfeinende Gas direkt dem Prozessgas zugesetzt werden, und dieses Gasgemisch in die Abscheidekammer 7 eingespeist werden. Es erfolgt also eine Vermischung des kornfeinenden Gases mit dem Prozessgas bereits außerhalb des Abscheidekammer 7. Dazu kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der zumindest eine Einnlass 10 für das Prozessgas in die Abscheidekammer 7 eine Abzweigung 12 aufweisen, der mit einem entsprechenden Gasbehälter verbunden sein kann und über die das kornfeinende Gas dem Prozessgas zugemischt wird. Dies hat den Vorteil, dass über zwei Gasflussregelelemente die Volumina des Prozessgases und des kornfeinenden Gases, die eingespeist werden, gesondert geregelt werden können. Es ist damit auch möglich, bei Bedarf die Zufuhr des kornfeinenden Gases auch zur Gänze während der Abscheidung der Schicht abzustellen.

[0079] Es ist aber auch möglich, dass die Abscheidekammer 7 zumindest einen eigenen Eingang für das kornfeinende Gas aufweist, sodass also die Vermischung mit dem Prozessgas erst in der Abscheidekammer 7 erfolgt.

[0080] Generell kann das kornfeinende Gas dem Prozessgas kontinuierlich oder in diskreten Schritten diskontinuierlich zugesetzt werden. Es kann damit Einfluss auf das Schichtwachstum der aufzudampfenden Schicht genommen werden.

[0081] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens bzw. des Targets 9 wird als chemische Verbindung des kornfeinenden Gases eine chemische Verbindung mit dem Basiselement des Targets eingesetzt. Im Falle von Zinn als Basiselemente wird also beispielsweise ein Zinnoxid (SnO oder SnO₂ oder Mischoxide) verwendet, das der Metallkombination des Targets 9 zugesetzt wird. Der Anteil der chemischen Verbindung des kornfeinenden Gases mit dem Basiselement an dem Target, d.h. an der Metallkombination, kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,02 Gew.-% bis 3 Gew.-%, insbesondere aus einem Bereich von 0,1 Gew.-% bis 2 Gew.-%. Dieser Anteil ist dabei bezogen auf die Gesamtzusammensetzung, also die Summe der Anteile aus den einzelnen Metallen und der chemischen Verbindung.

[0082] Prinzipiell ist es möglich, dass der Anteil des kornfeinenden Gases und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets 9 über die Zeit der Abscheidung im Wesentlichen, insbesondere genau, gleichbleibend ist bzw. gehalten wird. Andererseits ist es aber auch möglich, dass der Anteil des kornfeinenden Gases an dem Prozessgas und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets 9, d.h. der chemischen Verbindung des kornfeinenden Gases über die Zeit der Abscheidung der Schicht variiert wird, um Einfluss auf das Schichtwachstum der abzuscheidenden Schicht zu nehmen. Der Anteil kann dabei im Zeitverlauf zunehmend oder insbesondere abnehmend gewählt werden. Es sind auch Ausführungsvarianten möglich, bei denen dieser Anteil zumindest einmal zunimmt und zumindest einmal abnimmt, beispielsweise kann dieser Anteil einer Sinuskurve folgend gewählt werden.

[0083] In der bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens wird der Anteil des kornfeinenden Gases und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets 9 über die Zeit der Abscheidung der Schicht verringert. Es wird damit erreicht, dass die Größe der Körner der Schicht in Richtung auf die radial innere Gleitfläche des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 zunimmt.

[0084] Zur Variation des Anteils der kornfeinenden Substanz kann entweder der Anteil des kornfeinenden Gases am Prozessgas über das zumindest einen Gasflussregelement entsprechend eingestellt werden, insbesondere automatisch geregelt werden. Es ist aber auch möglich, mittels der elektrischen Abscheideparameter auf diesen Anteil Einfluss zu nehmen, beispielsweise durch Variation der Spannung am Gleitlagerelementrohling 6.

[0085] Der Anteil des kornfeinenden Gases kann beispielsweise von einem Anfangswert von 10000 ppm auf einen Endwert von 1000 ppm geändert werden. Es sind auch andere Anteilsvariationen im Rahmen der voranstehenden Mengenangaben für das kornfeinende Gas möglich.

[0086] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass nicht nur ein kornfeinendes Gas verwendet werden kann, sondern auch ein Gemisch aus verschiedenen kornfeinenden Gasen, die ausgewählt werden, aus der voranstehenden genannten Gruppe an kornfeinenden Gasen bzw. der entsprechenden chemischen Verbindungen daraus mit zumindest einem der Metalle, insbesondere dem Basiselement. Zudem ist es möglich, dass das kornfeinende Gas oder die chemische Verbindung an sich über den Zeitverlauf geändert wird, dass also beispielsweise am Beginn der Abscheidung Sauerstoff als kornfeinendes Gas eingesetzt wird, und der Sauerstoff im Zeitverlauf der Abscheidung der Schicht durch CO₂ ergänzt oder davon ersetzt wird. Die Variation der Mengen an dem kornfeinenden Gasen kann dabei kontinuierlich verlaufend oder in stufenförmig verlaufend sein, d.h. dass beispielsweise das zuerst eingesetzte Gas mit einer kontinuierlich größer werdenden Menge an dem weiteren Gas ersetzt wird oder dass das zuerst eingesetzte Gas in mehreren (zumindest zwei) Stufen mit dem weiteren Gas ersetzt bzw. durch dieses ersetzt wird. Die Stufen können dabei zeitlich äquidistant oder variabel ausgebildet sein.

[0087] In dem Verfahren zur Abscheidung der Schicht kann ein Target 9 verwendet werden, dass sintertechnisch hergestellt wird, wobei das zumindest eine kornfeinende Gas in den durch die Sintertechnik erzeugten Hohlräumen (Poren) eingeschlossen bzw. eingelagert wird. Das kornfeinende Gas wird somit erst im Verlauf der Zerstäubung des Targets 9 kontinuierlich oder diskontinuierlich freigesetzt.

[0088] Es ist aber auch möglich, dass die zumindest eine chemische Verbindung aus dem zumindest einen kornfeinenden Gas mit einem der Metalle, aus denen die Schicht erzeugt wird, bereits als solche in das Target 9 eingemischt wird.

[0089] Das Target 9 an sich kann aus den metallischen Komponenten und gegebenenfalls dem zumindest einen kornfeinenden Gas bestehen. Es ist aber auch möglich, dass die metallischen Komponenten für die Erzeugung der Schicht und gegebenenfalls das zumindest eine kornfeinende Gas auf einem Träger des Targets angeordnet sind.

[0090] Neben der Herstellung eines Korngrößengradienten der Körner der abzuscheidenden Schicht, insbesondere der Gleitschicht 3, wobei vorzugsweise die Korngröße der Körner dieser Schicht in Richtung auf die radial innere Gleitfläche des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 zunimmt, ist es auch möglich, diese Schicht mit gleichbleibenden Korngrößen innerhalb eines Korngrößenbandes herzustellen.

[0091] Die Korngröße der Körner kann beispielsweise von einer mittleren Korngröße am Beginn der Abscheidung ausgewählt aus einem Bereich von 0,2 µm bis 2 µm auf eine mittlere Korngröße am Ende der Abscheidung ausgewählt aus einem Bereich von 0,5 µm bis 20 µm durch entsprechende Variation des Anteils des kornfeinenden Gases, wie dies voranstehend beschrieben wurde, verändert werden. Generell kann die mittlere Korngröße sich um das zwei- bis zwanzigfache ändern, insbesondere über den Verlauf der Abscheidung größer werden. Für den Fall, dass die Korngröße der Körner zumindest annähernd gleich bleibend erzeugt wird, kann die mittlere Korngröße ausgewählt werden aus einem Bereich von 0,5 µm bis 10 µm.

[0092] Die mittlere Korngröße wird in einer zweidimensionalen Auswertung am metallografischen Querschliff ermittelt (digitales Foto vom Lichtmikroskop, Vergrößerung 1000x) und entspricht dem zweifachen geometrischen Mittelwert des Abstandes des Korngrenzenverlaufes vom Flächenschwerpunkt des zugehörigen Korns, wobei für die Auswertung ein Bereich des Querschliffes herangezogen wird, dessen Breite mindestens der 5fachen Schichtdicke entspricht. Sub-mikroskopische Körner (<0,5µm) werden aufgrund der Auflösung des Messsystems nicht erfasst.

[0093] Daneben kann das Verfahren auch dazu verwendet werden, um die Oberfläche des Gleitlagerelementrohlings 6 zu glätten, wie dies voranstehend ausgeführt wurde. Das Verfahren kann dazu mit der Beimengung eines kornfeinenden Prozessgases, wie oben beschrieben, und einer Beschichtungstemperatur, die (um Diffusion zu fördern) nicht mehr als 60 Kelvin unter der Schmelztemperatur der am niedrigsten schmelzenden Legierungskomponente liegt, durchgeführt werden.

[0094] Folgende Gleitschichten 3 wurden mittels eines PVD Verfahrens hergestellt. Dabei wurden als Gleitlagerelementrohlinge 6 Halbschalen bestehend aus einer Stützschicht 2 aus Stahl und einer verbleiten Bronze als Lagermetallschicht 5 in einen elektromagnetisch erzeugten Metalldampf eingebracht, wobei eine Gleitschicht 3 mit einer Dicke von etwa 20 µm aufgebracht wurde. Die Erzeugung der Gleitschicht 3 kann sowohl von einer einzelnen Quelle (Target 9), als auch gleichzeitig von mehreren Quellen (Targets 9) gleicher oder unterschiedlicher Zusammensetzung erfolgen.

[0095] In den folgenden Tabellen sind Beispiele wiedergegeben, die im Rahmen der Evaluierung des Verfahrens hergestellt wurden.

[0096] Dabei bedeuten:

[0097] PG...Prozessgas

[0098] PG Var ... Variation des Prozessgases

[0099] UB ... Spannung am Gleitlagerelementrohling 6

[00100] p ... gesamter Prozessgas-Druck

[00101] T ... Beschichtungstemperatur

[00102] R Beschichtungsrate

[00103] SdT ... Stand der Technik

[00104] Tabelle 1:

Nr	chem. Zus.	PG	PG Var	Oxide im Target	p [Pa]	T[°C]	R [$\mu\text{m}/\text{min}$]
1 (SdT)	SnSb3,5Cu8	Ar	keine	keine	6	95	1,21
2 (SdT)	AlSn21Cu0,9	Ar	keine	keine	1,5	135	0,89
3	SnSb3,5Cu8	Ar + 0,5 % O ₂	keine	keine	3	180	1,17
4	SnSb3,5Cu8 Al4	Ar	keine	O ₂ in Poren	3	135	1,24
5	SnSb3,5Cu8	Ar + O ₂	O ₂ von 1000 auf 20 ppm über 4 Stufen	keine	0,5	105	2,0
6	SnSb3,5Cu8 Ni3	Ar	keine	SnO ₂ chem. gebunden	2	145	0,75
7	AlSn21Cu0,9	Ar+ 0,1 % CO ₂	keine	keine	1,5	180	1,11

[00105] In der folgenden Tabelle 2 sind die jeweiligen Ergebnisse zusammengefasst. Darin bedeuten:

[00106] HV ... Schichthärte nach Vickers HV (0,001)

[00107] D ... mittlere Korngröße

[00108] Ra ... Rautiefenwert

[00109] BiZo ... Bereich nahe Bindezone (5 μm)

[00110] OfI ... Bereich nahe Oberfläche (5 μm)

[00111] Tabelle 2:

Variante	HV BiZo	D Korn BiZo	HV OfI	D Korn OfI	Ra Subst	Ra OfI
1	41	9,2	42	9,4	0,42	0,69
2	76	3,8	81	4,4	0,45	0,61
3	46	4,7	48	4,5	0,73	0,39
4	47	1,2	50	2,1	0,50	0,81
5	64	2,1	38	8,8	0,34	0,46
6	55	2,4	52	2,7	0,55	0,68
7	85	2,8	84	3,1	0,51	0,48

[00112] Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

[00113] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 bzw. der Abscheidekammer 7 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

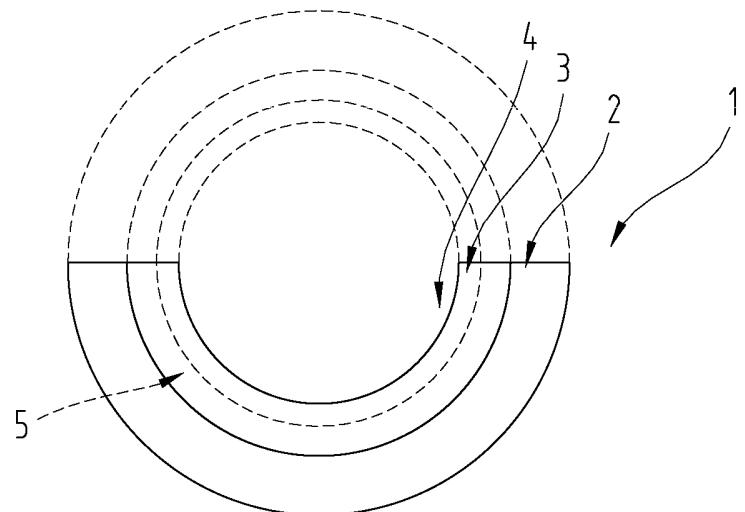
BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Mehrschichtgleitlagerelement
- 2 Stützschicht
- 3 Gleitschicht
- 4 Vorderseite
- 5 Lagermetallschicht
- 6 Gleitlagerelementrohling
- 7 Abscheidekammer
- 8 Träger
- 9 Target
- 10 Einlass
- 11 Auslass
- 12 Abzweigung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling (6) aus der Gasphase in einem Prozessgas, nach dem die Schicht aus zumindest einem Target (9), das eine Metallkombination mit einem metallischen Basiselement umfasst oder daraus besteht, durch zumindest teilweises Zerstäuben des Targets (9) und anschließendes Niederschlagen der zerstäubten Targetbestandteile auf dem Gleitlagerelementrohling (6) hergestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Target (9) verwendet wird, das zumindest einen kornfeinenden Bestandteil in Form eines Gases und/oder einer chemischen Verbindung dieses Gases aufweist und/oder dass ein Prozessgas verwendet wird, dem das kornfeinende Gas zugesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die chemische Verbindung aus dem Gas und dem Basiselement des Targets (9) gebildet ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des kornfeinenden Gases und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets (9) über die Zeit der Abscheidung der Schicht variiert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des kornfeinenden Gases und/oder der zerstäubte kornfeinende Anteil des Targets (9) über die Zeit der Abscheidung der Schicht verringert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Target (9) sintertechnisch mit Hohlräumen hergestellt wird, wobei in die Hohlräume das zumindest eine Gas eingelagert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Basiselement des Targets (9) Zinn verwendet wird.
7. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Glättung der Oberfläche eines Gleitlagerelementrohlings (6) oder eines Mehrschichtgleitlagerelementes (1).
8. Target (9) zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling (6) aus der Gasphase nach einem Verfahren entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend eine Sinterzusammensetzung aus metallischen Bestandteilen, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Sinterzusammensetzung gasgefüllte Hohlräume ausgebildet sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig.1**Fig.2**