



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 35 086 B4 2007.10.25**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 35 086.1**
 (22) Anmeldetag: **31.07.2003**
 (43) Offenlegungstag: **04.03.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **25.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **C22C 21/02 (2006.01)**
F16C 33/12 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2002/234807 12.08.2002 JP

(73) Patentinhaber:
Daido Metal Co. Ltd., Nagoya, Aichi, JP

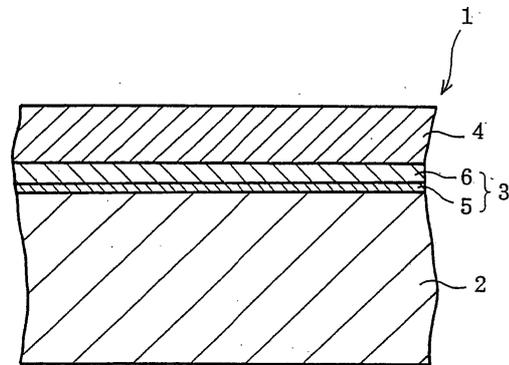
(74) Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,
80539 München

(72) Erfinder:
Kagohara, Yukihiro, Inuyama, Aichi, JP; Hoshina,
Takeshi, Inuyama, Aichi, JP; Ishikawa, Hideo,
Inuyama, Aichi, JP; Sakamoto, Masaaki, Inuyama,
Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 101 49 675 A1
DE 43 32 433 A1

(54) Bezeichnung: **Mehrschichtiges Lager auf Aluminiumbasis**

(57) Hauptanspruch: Mehrschichtiges Lager auf Aluminiumbasis, umfassend eine Stahlstützschicht, eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung und eine Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis enthaltend ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe Cu, Zn, Mg und Si, die an die Stahlstützschicht über die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung gebunden ist, wobei das mehrschichtige Lager auf Aluminiumbasis einer Lösungsbehandlung bei einer Temperatur von nicht weniger als 400°C unterworfen worden ist, wobei die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung eine Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, und mindestens eine Subschicht, die näher an der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis angeordnet ist als die erstgenannte Subschicht, umfasst, wobei die erstgenannte Subschicht aus einer Aluminiumlegierung, enthaltend 2 bis 8 Massen-% Si, besteht und ihre Dicke 5 bis 25% der gesamten Dicke der Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung beträgt und wobei in den Subschichten, die die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung bilden, diejenige Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein mehrschichtiges Lager auf Aluminiumbasis, in dem eine Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis an eine Stahlstützschicht auf dem Wege über eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung gebunden ist.

[0002] Lager aus Aluminiumlegierungen mit ausgezeichneten Eigenschaften hinsichtlich der Konformabilität und der Verschleißbeständigkeit werden im breiten Umfang in Hochleistungsmotoren von Kraftfahrzeugen und in allgemeinen technischen Maschinen verwendet. Derartige Lager aus einer Aluminiumlegierung haben gewöhnlich eine dreischichtige Struktur, bei der eine Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis auf dem Wege über eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung an eine Stahlstützschicht gebunden ist. Die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung ist aus reinem Aluminium oder einer Aluminiumlegierung mit vergleichsweise niedriger Härte hergestellt worden.

[0003] Die Motoren, in denen solche Lager aus einer Aluminiumlegierung verwendet werden sollen, werden jedoch zunehmend leistungsfähiger und es ist erforderlich, dass die Lager aus der Aluminiumlegierung verbesserte Eigenschaften hinsichtlich der Ermüdungsbeständigkeit und der Verschleißbeständigkeit haben. Um diesem Erfordernis zu genügen, sind schon einige Lager aus Aluminiumlegierungen vorgeschlagen worden, bei denen Cu, Zn, Mg oder Si zu einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis gegeben worden sind, die einer Lösungsbehandlung zur Verbesserung der Festigkeit der Legierung unterworfen worden ist.

[0004] Wenn aber Lager aus einer Aluminiumlegierung einer Lösungsbehandlung unterworfen werden, dann wird an der Grenze zwischen der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung und der Stahlstützschicht eine intermetallische Al-Fe-Verbindung gebildet. Da die intermetallische Al-Fe-Verbindung brüchig ist, besteht die Gefahr, dass die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung bei Arbeitsbedingungen, bei denen eine variierende Last auf die Motorenlager ausgeübt wird, von der Stahlstützschicht delaminiert wird.

[0005] Wie in der JP-A-2002-121631 beschrieben, ist, um dies zu vermeiden, es bereits versucht worden, ein mehrschichtiges Lager aus einer Aluminiumlegierung herzustellen, bei dem 2 bis 8 Massen-% Si in eine Subschicht der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung zugegeben wurden, wobei sich die Subschicht in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befand. Wenn die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung Si enthält, fallen Verbindungen vom Al-Fe-Si-System anstelle der Al-Fe-Verbindung bevorzugt an der Grenze zwischen der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung und der Stahlstützschicht aus. Die Verbindungen vom Al-Fe-Si-System fallen selbst bei einer Temperatur oberhalb 400°C und nicht bis zu einer Temperatur von mehr als 550°C aus. Daher kann in dem Lager aus einer Aluminiumlegierung die Erzeugung einer brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung wirksam verhindert werden. Andererseits kann, weil es so ist, dass, je höher die Temperatur der Lösungsbehandlung ist, desto größer die Festigkeit der Lagerlegierung im Allgemeinen werden kann, weil das Lager aus der Aluminiumlegierung einer Lösungsbehandlung bei einer hohen Temperatur von nicht niedriger als 400°C unterworfen werden kann, die Festigkeit weiter verbessert werden.

[0006] Bei einem mehrschichtigen Lager aus einer Aluminiumlegierung, bei dem Si der Subschicht zugesetzt wurde, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, ist jedoch während der Produktion ein Problem in Abhängigkeit von der Dicke der Subschicht, insbesondere im Falle einer niedrigen Dicke, aufgefallen.

[0007] So ist es zum Beispiel so, dass während des Walzenverbindens der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung mit der Stahlstützschicht die Subschicht der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, lokal bricht, wodurch das Auftreten der zwischenmetallischen Al-Fe-Verbindung nicht gut vermieden werden kann, was dazu führt, dass eine gute Verbindung der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung mit der Stahlstützschicht nicht gewährleistet werden kann.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines mehrschichtigen Lagers auf Aluminiumbasis mit ausgezeichneter Ermüdungsbeständigkeit, bei dem diejenige Subschicht der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, so hergestellt worden ist, dass sie die richtige Dicke hat, wodurch das Auftreten der brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung eingeschränkt wird.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein mehrschichtiges Gleitlager auf Aluminiumbasis, umfassend:
eine Stahlstützschicht, eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung und eine Lagerlegierungsschicht

auf Aluminiumbasis enthaltend ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe Cu, Zn, Mg und Si, die an die Stahlstützschicht über die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung gebunden ist, wobei das mehrschichtige Lager auf Aluminiumbasis einer Lösungsbehandlung bei einer Temperatur von nicht weniger als 400°C unterworfen worden ist, wobei

die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung eine Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, und mindestens eine Subschicht, die näher an der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis angeordnet ist als die erstgenannte Subschicht, umfasst, wobei

die erstgenannte Subschicht aus einer Aluminiumlegierung, enthaltend 2 bis 8 Massen-% Si, besteht und ihre Dicke 5 bis 25% der gesamten Dicke der Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung beträgt und wobei in den Subschichten, die die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung bilden, diejenige Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, eine Dicke von nicht weniger als 2 µm hat.

[0010] Bei einer derartigen Struktur des Lagers ist es möglich, das Auftreten der brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung an der Grenze zwischen der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung und der Stahlstützschicht durch das zugesetzte Si einzuschränken, wodurch es möglich gemacht wird, das mehrschichtige Lager auf Al-Basis einer Lösungsbehandlung bei hoher Temperatur zu unterwerfen, was dazu führt, dass eine Verbesserung der Festigkeit der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis ermöglicht wird. Wenn der Si-Gehalt weniger als 2 Massen-% beträgt, dann kann der oben genannte Effekt nicht erhalten werden. Wenn andererseits der Si-Gehalt über 8 Massen-% hinausgeht, dann wird die plastische Bearbeitbarkeit wie die Duktilität in signifikanter Weise verschlechtert. Der Si-Gehalt beträgt daher vorzugsweise 6 bis 8 Massen-%.

[0011] Bei dem mehrschichtigen Lager auf Aluminiumbasis gemäß der vorliegenden Erfindung hat die Dicke der Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, ein Dickenverhältnis von 5 bis 25% zu der gesamten Dicke der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung. Wenn das Dickenverhältnis weniger als 5% beträgt, dann treten in der Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, während des Walzenverbindens der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung mit der Stahlstützschicht lokale Brüche auf, da die Dicke der Subschicht gering ist. Auf diese Weise kann das Auftreten der intermetallischen Al-Fe-Verbindung nicht gut vermieden werden, was dazu führt, dass eine gute Bindung der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung mit der Stahlstützschicht nicht gewährleistet werden kann. Wenn andererseits das Dickenverhältnis über 25% hinausgeht, dann kann, weil die Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, weicher ist als die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis, diese während des Einsatzes nicht dauerhaft bzw. beständig sein, was auf das Auftreten von Ermüdungserscheinungen unter scharfen Bedingungen, wie sie in Hochleistungsmotoren vorliegen, zurückzuführen ist.

[0012] Das mehrschichtige Lager auf Aluminiumbasis gemäß der vorliegenden Erfindung hat ausgezeichnete Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften, da die Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, das richtige Dickenverhältnis zu der gesamten Dicke der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierungsschicht hat, wie oben bereits zum Ausdruck gebracht wurde. Vorzugsweise beträgt das Dickenverhältnis 8 bis 20%.

[0013] Die Subschicht der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, hat eine Dicke von nicht weniger als 2 µm.

[0014] Bezüglich des Dickenverhältnisses der Subschicht der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, zu der gesamten Dicke der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung ist es so, dass im Falle, dass das Dickenverhältnis 10% und dass die gesamte Dicke der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung auf die gewöhnliche Dicke von 20 µm eingestellt wird, die oben genannte Subschicht eine Dicke von 2 µm haben kann, wodurch die Subschicht ihre wesentliche Funktion vollständig zeigen kann. Wenn jedoch die gesamte Dicke der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung auf eine Dicke von etwa 15 µm festgelegt wird, dann beträgt die Dicke der Subschicht 1,5 µm. In diesem Fall kann, weil die Dicke der Subschicht zu klein ist, das Problem auftreten, dass die Subschicht während des Walzenverbindens der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung mit der Stahlstützschicht lokal bricht. Es ist daher zu bevorzugen, die Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, so zu bilden, dass sie eine Dicke hat, die nicht weniger als 2 µm beträgt, wie es oben bereits erwähnt wurde.

[0015] Um die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung zu verfestigen, kann die Subschicht der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, ein oder mehrere andere Zugabelemente als Si enthalten, die in mindestens einer Gruppe, ausgewählt aus den folgenden Gruppen (1) bis (3), aufgeführt sind.

(1) Ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Cu, Zn und Mg in einer Gesamtmenge von

0,01 bis 7 Massen-%,

(2) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Massen-%, und

(3) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe B, Ti und Zr in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 2 Massen-%.

[0016] Nachstehend werden die Gründe angegeben, warum solche Zugabemengen der Elemente bevorzugt werden.

(1) Cu, Zn und Mg:

[0017] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 7 Massen-% zugesetzt.

[0018] Diese optionalen Elemente können zwangsweise in der Al-Matrix durch eine Lösungsbehandlung so aufgelöst werden, dass feine intermetallische Verbindungen durch rasches Kühlen ausgefällt werden, was zu einer verbesserten Festigkeit der Al-Matrix führt. Wenn der Gehalt der optionalen Elemente kleiner als 0,01 Massen-% ist, dann kann der oben genannte Effekt nicht erwartet werden. Wenn andererseits der Gehalt der optionalen Elemente über 7 Massen-% hinausgeht, dann werden die intermetallischen Verbindungen grob, was zu einer verschlechterten plastischen Verarbeitbarkeit, beispielsweise beim Walzen, führt. Daher beträgt der gesamte Gehalt der Elemente vorzugsweise 0,5 bis 6 Massen-%.

(2) Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W:

[0019] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer gesamten Menge von 0,01 bis 3 Massen-% zugesetzt.

[0020] Diese optionalen Elemente lösen sich in der Al-Matrix auf, oder sie kristallisieren elementar oder als intermetallische Verbindungen, wodurch die Festigkeit der Legierung verbessert wird. Wenn der Gehalt dieser optionalen Elemente weniger als 0,01 Massen-% beträgt, dann kann der oben genannte Effekt nicht erwartet werden. Wenn andererseits der Gehalt der optionalen Elemente über 3 Massen-% hinausgeht, dann werden die intermetallischen Verbindungen zu grob, was zu einer verschlechterten plastischen Verarbeitbarkeit, beispielsweise beim Walzen, führt. Daher beträgt der gesamte Gehalt der Elemente vorzugsweise 0,2 bis 2 Massen-%.

(3) B, Ti und Zr:

[0021] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 2 Massen-% zugesetzt.

[0022] Diese optionalen Elemente lösen sich in der Al-Matrix auf, wodurch die Ermüdungsfestigkeit der Legierung verbessert wird. Wenn der Gehalt der optionalen Elemente weniger als 0,01 Massen-% beträgt, dann kann der oben genannte Effekt nicht erwartet werden. Wenn andererseits der Gehalt der optionalen Elemente über 2 Massen-% hinausgeht, dann wird die Legierung brüchig. Daher beträgt der gesamte Gehalt der Elemente vorzugsweise 0,02 bis 0,5 Massen-%.

[0023] Das mehrschichtige Lager auf Aluminiumbasis gemäß der Erfindung kann dadurch hergestellt werden, dass nacheinander die folgenden Stufen durchgeführt werden:

Bindung der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung an der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis; Bindung der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis an der Stahlstützschicht auf dem Wege über die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung; und

Unterwerfung des so erhaltenen geschichteten Materials einer Lösungsbehandlung durch Erhitzen auf eine Temperatur von nicht weniger als 400°C, um die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis zu verfestigen. Nach der Lösungsbehandlung kann das so hergestellte Lagermaterial gegebenenfalls einer künstlichen Alterungsbehandlung unterworfen werden.

[0024] Die [Fig. 1](#) stellt eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen mehrschichtigen Lagers auf Aluminiumbasis dar.

[0025] In der [Fig. 1](#) wird eine Beschreibung bezüglich einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen mehr-

schichtigen Lagers auf Aluminiumbasis gegeben.

[0026] Die [Fig. 1](#) zeigt einen Querschnitt eines mehrschichtigen Lagers **1** auf Aluminiumbasis. Wie in der Zeichnung dargestellt, ist das mehrschichtige Lager **1** auf Aluminiumbasis durch Verbinden einer Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis mit einer Stahlstützschicht **2** auf dem Wege über eine Zwischenschicht **3** aus einer Aluminiumlegierung hergestellt worden. Die Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung hat eine doppelschichtige Struktur und sie besteht aus einer Subschicht **5** (hierin nachstehend als „eine untere Schicht“ bezeichnet), die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht **2** befindet, und einer weiteren Subschicht **6** (hierin nachstehend als „eine obere Schicht“ bezeichnet), die sich in direktem Kontakt mit der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis **4** befindet.

[0027] Die Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis dieser Ausführungsform umfasst ein oder mehrere Elemente, die in mindestens einer Gruppe, ausgewählt aus den folgenden Gruppen (1) bis (5), aufgeführt sind:

- (1) 3 bis 20 Massen-% Sn,
- (2) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Cu, Zn, Mg und Si in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 7 Massen-%,
- (3) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Massen-%,
- (4) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe B, Ti und Zr in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 2 Massen-%, und
- (5) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Pb, Bi und In in einer Gesamtmenge von nicht mehr als 3 Massen-%.

[0028] Nachstehend wird erläutert, warum die obigen Zusammensetzungen gemäß (1) bis (5) bevorzugt werden.

(1) Sn: 3 bis 20 Massen-%

[0029] Das Sn verbessert die Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß, die Konformabilität und die Einbettbarkeit der Oberflächeneigenschaften des Lagers. Wenn der Gehalt an Sn weniger als 3 Massen-% beträgt, dann kann kein solcher Effekt erhalten werden. Wenn andererseits der Gehalt an Sn über 20 Massen-% hinausgeht, dann werden die mechanischen Eigenschaften der Lagerlegierung verschlechtert, was dazu führt, dass sie bei schweren Betriebsbedingungen, wie sie in Hochleistungsmotoren vorliegen, nicht dauerhaft ist. Daher beträgt der Gehalt an Sn vorzugsweise 6 bis 15 Massen-%.

(2) Cu, Zn, Mg und Si:

[0030] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 7 Massen-% zugesetzt.

[0031] Diese optionalen Elemente können zwangsweise in der Al-Matrix durch eine Lösungsbehandlung so aufgelöst werden, dass feine intermetallische Verbindungen durch rasches Abkühlen ausgefällt werden, was zu einer verbesserten Festigkeit der Al-Matrix führt. Während sich das Si in der Al-Matrix auflöst und im Falle, dass es elementar kristallisiert, dispergiert es fein, wodurch die Legierung hinsichtlich der Ermüdungseigenschaften, der Beständigkeitseigenschaften gegenüber fressendem Verschleiß und der Verschleißbeständigkeitseigenschaften verbessert wird.

[0032] Wenn der Gehalt dieser Additive weniger als 0,1 Massen-% beträgt, dann können solche Effekte nicht erwartet werden. Wenn andererseits der Gehalt dieser Additive über 7 Massen-% hinausgeht, dann werden grobe intermetallische Verbindungen erzeugt, die zu einer verschlechterten Ermüdungsbeständigkeit der Legierung führen. Daher beträgt der gesamte Gehalt dieser Elemente vorzugsweise 0,5 bis 6 Massen-%.

(3) Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W:

[0033] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Massen-% zugesetzt.

[0034] Diese optionalen Elemente lösen sich in der Al-Matrix auf oder sie kristallisieren elementar oder als intermetallische Verbindungen, wodurch die Festigkeit der Legierung verbessert wird. Wenn der Gehalt dieser optionalen Elemente weniger als 0,01 Massen-% beträgt, dann kann der oben angegebene Effekt nicht erwar-

tet werden. Wenn andererseits der Gehalt dieser optionalen Elemente über 3 Massen-% hinausgeht, dann werden die intermetallischen Verbindungen zu grob, was zu einer verschlechterten plastischen Verarbeitbarkeit wie beim Walzen führt. Daher beträgt der gesamte Gehalt dieser Additive vorzugsweise 0,2 bis 2 Massen-%.

(4) B, Ti und Zr:

[0035] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 2 Massen-% zugesetzt.

[0036] Diese optionalen Elemente lösen sich in der Al-Matrix auf, wodurch die Ermüdungsbeständigkeit der Legierung verbessert wird. Wenn der Gehalt dieser Elemente weniger als 0,01 Massen-% beträgt, dann kann der oben angegebene Effekt nicht erwartet werden. Wenn andererseits der Gehalt dieser optionalen Elemente über 2 Massen-% hinausgeht, dann wird die Legierung brüchig. Daher beträgt der gesamte Gehalt dieser Elemente vorzugsweise 0,02 bis 0,5 Massen-%.

(5) Pb, Bi und In:

[0037] Eines oder mehrere dieser Elemente werden in einer Gesamtmenge von nicht mehr als 3 Massen-% zugesetzt.

[0038] Diese Additive verbessern die spanabhebende Bearbeitbarkeit und die Beständigkeitseigenschaften gegenüber fressendem Verschleiß. Wenn der Gehalt dieser Elemente über 3 Massen-% hinausgeht, dann wird es schwierig, eine gleichförmige Dispergierung in der Al-Matrix zu bewirken und die Festigkeit der Legierung wird verschlechtert.

[0039] Nachstehend wird das Herstellungsverfahren für das in der [Fig. 1](#) gezeigte mehrschichtige Lager auf Aluminiumbasis erläutert.

[0040] Zuerst wird eine Platte aus einer Lagerlegierung auf Aluminiumbasis durch herkömmliche Gieß- und Walzprozesse hergestellt, wobei diese aus der Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis gebildet wird. Weiterhin werden eine Platte aus einer Aluminiumlegierung für eine untere Schicht **5** der Zwischenschicht **3** aus einer Aluminiumlegierung und eine Platte aus einer Aluminiumlegierung für die obere Schicht **6** durch herkömmliche Gieß- und Walzverfahren hergestellt. Beide werden miteinander durch Walzenverbinden verbunden, um eine Platte aus einer Aluminiumlegierung für die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung herzustellen. Danach werden die Platte aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis und die Platte aus der Aluminiumlegierung für die Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung durch Walzenverbinden miteinander verbunden, wodurch eine mehrschichtige Platte aus einer Aluminiumlegierung hergestellt wird.

[0041] Am Schluss wird die mehrschichtige Platte aus einer Aluminiumlegierung auf einen Streifen von Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt für eine Stahlstützschicht **2** aufgelegt, und diese Elemente werden danach durch Walzenverbindung verbunden, wodurch ein Bimetall erhalten wird, in dem die Platte aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis mit der Stahlstützschicht **2** auf dem Wege über die Platte aus der Aluminiumlegierung für die Zwischenschicht miteinander verbunden sind.

[0042] Hierin wird die Platte aus der Lagerlegierung auf Aluminiumbasis als Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis bezeichnet. Die Platte aus der Aluminiumlegierung für die Zwischenschicht wird als Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung bezeichnet und der Streifen aus Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt wird als Stahlstützschicht **2** bezeichnet.

[0043] Das so hergestellte Bimetall wird bei etwa 350°C drei Stunden lang vergütet und danach einer Lösungsbehandlung bei 460 bis 520°C über einen Zeitraum von 10 bis 30 Minuten unterworfen. Durch die Lösungsbehandlung werden Cu, Zn, Mg, Si und so weiter in der Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis in der Al-Matrix aufgelöst. Selbst wenn die Lösungsbehandlung bei hoher Temperatur durchgeführt wird, werden aufgrund des Vorhandenseins des Si, das in der unteren Schicht **5** enthalten ist, keine intermetallischen Al-Fe-Verbindungen an der Grenze zwischen der Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung und der Stahlstützschicht **2** erzeugt.

[0044] Nach der Lösungsbehandlung wird das Bimetall rasch abgekühlt. Dies trägt zu einer Erhöhung der Festigkeit der Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis bei. Danach wird das Bimetall zu einer semi-zylindrischen Form umgewandelt.

drischen oder zylindrischen Gestalt spanabhebend bearbeitet, um ein Lager zu bilden. Nach dem raschen Abkühlen kann das Bimetall einer künstlichen Alterungsbehandlung (z. B. 20 Stunden lang bei 150 bis 200°C) unterworfen werden.

[0045] Durch diese Ausführungsform kann daher die Erzeugung einer brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung an der Grenze zwischen der Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung und der Stahlstützschicht **2** durch die Lösungsbehandlung verhindert werden. Als Ergebnis besteht keine Gefahr, dass sich die Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung von der Stahlstützschicht **2** delaminiert, und die Festigkeit der Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis kann verbessert werden, wodurch es möglich gemacht wird, dass das Lager bei der Verwendung in einem Hochleistungsmotor beständig ist.

[0046] Es wurde ein Versuch durchgeführt, um die Effekte der Erfindung zu verifizieren. Dieser Versuch schloss einen Test ein, um die Bildung oder die Nichtbildung einer brüchigen intermetallischen Al-Fe-Verbindung an der Grenze zwischen der Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung und der Stahlstützschicht **2** nach der Lösungsbehandlung bei 460°C zu ermitteln, sowie ein Ermüdungstest, um den Ermüdungsoberflächendruck als ebenes Lager zu messen. Die verwendeten Probekörper waren Probekörper 1 bis 5 gemäß der Erfindung und Vergleichsprobekörper 1 bis 5. Bei jedem war eine Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis mit der Stahlstützschicht **2** auf dem Wege über die Zwischenschicht **3** aus einer Aluminiumlegierung durch Walzenverbinden verbunden. Die Schicht **3** hatte eine untere Schicht **5**, wie in Tabelle 1 gezeigt. Die Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis, die zur Herstellung der Probekörper verwendet wurde, enthielt 13 Massen-% Sn, 3 Massen-% Si, 1,5 Massen-% Cu und 0,3 Massen-% Mn, und sie bestand zum Rest aus Al. Die obere Schicht **6** enthielt 1,0 Massen-% Mn, 0,5 Massen-% Cu und sie bestand zum Rest aus Al. Die Ergebnisse der so durchgeführten Versuche sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Bedingungen des Ermüdungstests sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 1

	Probekörper Nr.	Untere Schicht				Lösungs- behandlung Bei 460°C in- termetallische Verbindungen Keine: o Vorhanden: x	Ermüdungstest Maximaler Oberflächen- druck ohne Ermüdung (MPa)	
		Dickever- hältnis zu der gesamten Dicke (%)	Schichtdicke der Schicht (µm)	Komponenten (Massen-%)				
				Si	Cu			V
Erfindungs- gemäße Probekörper	1	15	2,5	6	0,5	-	130	
	2	5,2	3,5	5	-	-	130	
	3	24,5	5	3	0,2	0,3	135	
	4	10	3,2	7	-	0,2	135	
	5	21	7,5	7,5	-	-	135	
Vergleichs- probekörper	1	4,2	2,1	6	0,5	-	110	
	2	3,5	1,6	5	-	-	105	
	3	35	20	3	0,2	0,3	120	
	4	27	18	7	-	0,2	120	
	5	50	15	7,5	-	-	120	

Tabelle 2

	Bedingung
Testvorrichtung	Ermüdungs-Testvorrichtung
Umlaufgeschwindigkeit	9,0 m/s
Testdauer	20 Stunden
Schmieröl	VG68
Ölbeschickungstemperatur	100°C
Ölbeschickungsdruck	0,49 MPa
Wellenmaterial	JIS S55C
Bewertungsmethode	Maximaler Oberflächendruck ohne Ermüdung

[0047] Bei den erfindungsgemäßen Probekörpern 1 bis 5, deren Dickeverhältnis der unteren Schicht **5** bis 25% betrug und deren Dicke 2 µm oder mehr betrug, wurde bei der Lösungsbehandlung selbst bei hoher Temperatur von 460°C keine intermetallische Al-Fe-Verbindung gebildet. Die Probekörper hatten eine ausgezeichnete Ermüdungsbeständigkeit.

[0048] Im Gegensatz dazu wurden, weil die unteren Schichten **5** der Vergleichsprobekörper 1 und 2 ein niedriges Dickeverhältnis von 4,2% bzw. 3,5% hatten, durch die Lösungsbehandlung intermetallische Al-Fe-Verbindungen erzeugt. Bei den Vergleichsprobekörpern 3 bis 5 wurde aufgrund der größeren Dicke ihrer unteren Schicht **5** keine intermetallische Al-Fe-Verbindung durch Lösungsbehandlung selbst bei hoher Temperatur erzeugt. Es wurde jedoch gefunden, dass sie eine schlechtere Ermüdungsbeständigkeit hatten, weil ihr hohes Dickeverhältnis 25% der unteren Schicht **5** überstieg.

[0049] Die Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung ist nicht auf die Doppelschichtstruktur beschränkt. Sie kann auch drei oder mehr Schichten haben. Im Fall einer dreischichtigen Struktur der Zwischenschicht aus der Aluminiumlegierung **3** ist es zum Beispiel möglich, eine Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Lagerlegierungsschicht **4** auf Aluminiumbasis befindet (nachstehend als Schicht A bezeichnet), eine weitere Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht **2** befindet (nachstehend als Schicht B bezeichnet), und eine Zwischensubschicht (nachstehend als Schicht C bezeichnet) so herzustellen, dass sie chemische Zusammensetzungen von (a) 4 Massen-% Zn, 1 Massen-% Cu, Rest Al, (b) 6 Massen-% Si, 0,5 Massen-% Cu, Rest Al und (c) 1 Massen-% Mn, 0,5 Massen-% Cu, Rest Al haben. Die Schichten A und B können die gleiche chemische Zusammensetzung haben.

[0050] Weiterhin können die Dickenverhältnisse der individuellen Subschichten zu der gesamten Dicke der Zwischenschicht **3** aus der Aluminiumlegierung zum Beispiel 45% für die Schicht A, 15% für die Schicht B und 40% für die Schicht C betragen. Auch im Falle einer Lagerstruktur von mehr als drei Schichten ist es möglich, das Lager unter Berücksichtigung der obigen Ergebnisse so herzustellen, dass es an die spezielle Verwendung des Lagers angepasst ist.

Patentansprüche

1. Mehrschichtiges Lager auf Aluminiumbasis, umfassend eine Stahlstützschicht, eine Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung und eine Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis enthaltend ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe Cu, Zn, Mg und Si, die an die Stahlstützschicht über die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung gebunden ist, wobei das mehrschichtige Lager auf Aluminiumbasis einer Lösungsbehandlung bei einer Temperatur von nicht weniger als 400°C unterworfen worden ist, wobei die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung eine Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, und mindestens eine Subschicht, die näher an der Lagerlegierungsschicht auf Aluminiumbasis angeordnet ist als die erstgenannte Subschicht, umfasst, wobei die erstgenannte Subschicht aus einer Aluminiumlegierung, enthaltend 2 bis 8 Massen-% Si, besteht und ihre Dicke 5 bis 25% der gesamten Dicke der Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung beträgt und wobei

in den Subschichten, die die Zwischenschicht aus einer Aluminiumlegierung bilden, diejenige Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, eine Dicke von nicht weniger als 2 µm hat.

2. Mehrschichtiges Lager auf Aluminiumbasis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diejenige Subschicht, die sich in direktem Kontakt mit der Stahlstützschicht befindet, ein oder mehrere Elemente, genannt in mindestens einer Gruppe, die aus den folgenden Gruppen (1) bis (3) ausgewählt ist, umfasst:

- (1) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Cu, Zn und Mg in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 7 Massen-%,
- (2) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe Mn, V, Mo, Cr, Co, Fe, Ni und W in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Massen-%, und
- (3) ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus der Gruppe B, Ti und Zr in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 2 Massen-%.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

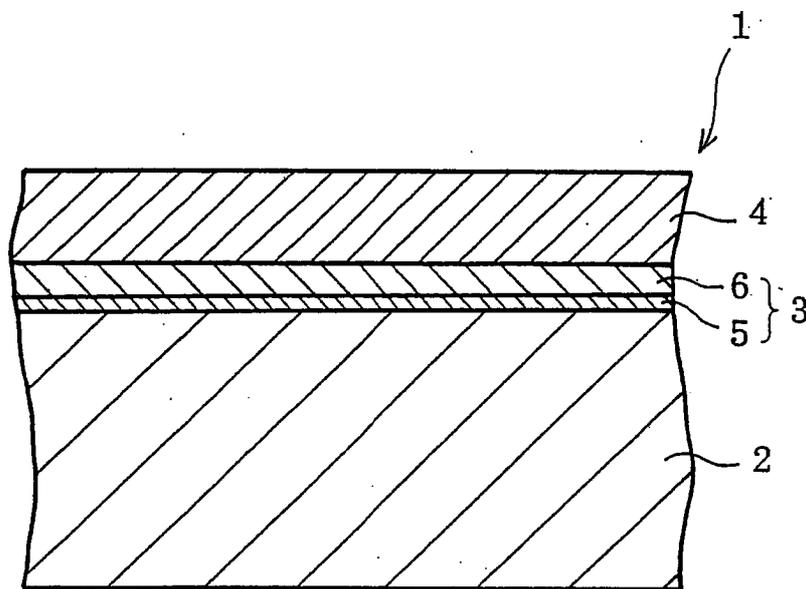


FIG. 1