

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5017521号  
(P5017521)

(45) 発行日 平成24年9月5日(2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月22日(2012.6.22)

(51) Int. Cl. F 1  
**C 2 2 C 21/00 (2006.01)** C 2 2 C 21/00 B  
**F 1 6 C 33/12 (2006.01)** F 1 6 C 33/12 A

請求項の数 7 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-376965 (P2000-376965)</p> <p>(22) 出願日 平成12年12月12日 (2000.12.12)</p> <p>(65) 公開番号 特開2001-207230 (P2001-207230A)</p> <p>(43) 公開日 平成13年7月31日 (2001.7.31)</p> <p>審査請求日 平成19年12月4日 (2007.12.4)</p> <p>(31) 優先権主張番号 9929425.8</p> <p>(32) 優先日 平成11年12月14日 (1999.12.14)</p> <p>(33) 優先権主張国 英国 (GB)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 506292974                  マーレ インターナショナル ゲゼルシャ                  フト ミット ベシュレンクテル ハフツ                  ング                  MAHLE International                  GmbH                  ドイツ連邦共和国 シュトゥットガルト                  プラクシュトラッセ 26-46                  Pragstrasse 26-46,                  D-70376 Stuttgart,                  Germany</p> <p>(74) 代理人 100114890                  弁理士 アインゼル・フェリックス=ライ                  ンハルト</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸受材料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重量%で、スズ5~10、銅0.7~1.3、ニッケル0.7~1.3、ケイ素1.5~3.5、バナジウム0.1~0.3、マンガン0.1~0.3を含有し、残部がアルミニウムと不可避の不純物からなる軸受合金組成物。

【請求項 2】

スズの含有量が5.5~7重量%の範囲内にある、請求項 1 記載の軸受合金。

【請求項 3】

ケイ素の含有量が2~3重量%の範囲内に維持されている、請求項1または2 記載の軸受合金。

【請求項 4】

バナジウムの含有量が最大で0.2重量%である、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の軸受合金。

【請求項 5】

強い下地材料およびそれに結合した軸受合金の層を含み、該軸受合金が重量%で、スズ5~10、銅0.7~1.3、ニッケル0.7~1.3、ケイ素1.5~3.5、バナジウム0.1~0.3、マンガン0.1~0.3を含み、残部がアルミニウムと不可避の不純物からなる組成を有する、滑り軸受。

【請求項 6】

上記軸受がさらに、軸受合金と強い下地材料の間に、比較的純粋なアルミニウムまたは

アルミニウム合金材料からなる中間層を含む、請求項 5 記載の滑り軸受。

【請求項 7】

上記強い下地材料が鋼および青銅から選択される、請求項 5 または 6 記載の滑り軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、強い下地材料に結合したアルミニウム合金を含む軸受材料に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、高規格の内燃機関は、銅を主成分とした合金、または、たとえば鋼のような強い下地もしくは基板材料に何らかの方法で結合したアルミニウムを主成分とした軸受合金のいずれかを含むクランク軸の軸受を使用してきた。軸受合金の実際に作動する表面、すなわち、エンジンのクランク軸ジャーナルの表面に向かい合う表面はまた、たとえば鉛 - スズ、鉛 - スズ - 銅または鉛 - インジウムのような比較的柔らかい金属合金の薄い被覆である、いわゆるめっき被覆を施されている。めっき被覆の目的は、軸受に整合性 (comformability) およびダート埋め込み能力 (dirt embeddability) の特性を与えることである。整合性は、軸受と軸の表面の間のわずかな機械的不整列の調整を可能にする軸受の特性であり、また加えられた荷重を分散するめっき合金の能力の尺度である。ダート埋め込み能力は、潤滑油中の破片粒子を、軸に傷を付けるような損傷を起こすことなく柔らかいめっき合金の中に埋め込むようにする特性である。めっき被覆した軸受の技術的な利点には異論はないが、めっきは一般的に、他と比較して非常に労力のかかる方法である電気めっき法によって溶着されるため、製造に費用がかかるという重大な欠点を有する。

【0003】

自動車製造業者は、より安価に購入することのできる、めっき被覆を有さない軸受を一層強く求めている。けれども、エンジンの中には特に高い特有の出力を有するわけでもないにもかかわらず、その設計のために、クランク軸の軸受に高い荷重がかかるものや、軸受と軸ジャーナルの間に存在する油膜が特に薄いために、軸受表面の「融着摩耗 (scuffing)」を起こしやすいものがある。融着摩耗は、クランク軸ジャーナル表面と軸受表面の間で金属と金属の接触が起こる所、すなわち、接触している点の油膜が破れて金属と金属を接触せしめている所で生じる。融着摩耗は、実際の焼付き (seizure) およびその結果としての軸受の故障を伴わない、瞬間的な金属と金属の接触に関係している。めっき被覆された軸受は特に融着摩耗に対して抵抗性であるが、従来の銅およびアルミニウムを主成分とした合金のほとんどの融着摩耗抵抗性は比較的乏しい。融着摩耗に抵抗する能力は合金の整合性の尺度である。融着摩耗とは対照的に、焼付きは、合金の適合性の欠如と関連している。

【0004】

アルミニウム、6重量%スズ、1重量%銅、1重量%ニッケルを含む一つの公知の材料は、良好な融着摩耗抵抗性を有するが、めっきを施さない条件下での疲労強度および靱性が比較的低いので、より現代的な高規格のエンジンには適さない。疲労強度および靱性の低さは、この合金の延性が低いことに起因する。

【0005】

現代のエンジンによって加えられる応力に対処するために、機械的特性、すなわち、引張り強度 (15%)、硬さ (15%)、および疲労強度 (16%) が、公知の最も強いアルミニウム軸受合金の一つであるアルミニウム、12重量%スズ、4重量%ケイ素、1重量%銅を含む溶体化処理型の合金と比べて著しく改善された合金が必要である。この合金の強度は銅の含有量を増やすことによって高めることができるが、ピレットを鋳造し、圧延加工し、仕上げ打ち (size) する通常の製造法で作るのが困難でありかつ費用がかかり、また、焼きなまし熱処理の前にそれぞれの圧延加工パス時に起こりうる小サイズへの破碎 (small size reduction) のため、鋼へのロール圧着 (roll pressure bonding) が必要である。

【0006】

10

20

30

40

50

GB-A-2271779には、アルミニウム/スズ/ケイ素軸受合金で、さらにMn、Mg、V、Ni、Cr、Zr、および/またはBの元素のうち少なくとも1つを元素あたり0.1~3.0重量%含んでいてもよいものが記載されている。これらの元素に加えて、この合金はさらに付加的な合金元素として、0.2~5.0重量%のCu、0.1~3.0重量%のPb、0.1~3.0重量%のSb、および0.01~1.0重量%のTiを含む。選択的な元素Mn、Mg、V、Ni、Cr、ZrおよびBの含有量が3.0重量%を超えると、軸受の整合性が低下し、軸受合金の作動能力が減少しうると説明されている。

【0007】

GB-A-2266564もまた、上記のGB'779と同様のアルミニウムを主成分とした軸受合金に関する。この場合も、合金は好ましくは、さらに0.2~5.0重量%のCu、0.1~3.0重量%のPb、0.1~3.0重量%のSb、Mn、Mg、VおよびNi、ならびに0.01~1.0重量%のTiのうちから少なくとも1つまたは2つの元素を含み、Mn、Mg、VおよびNiの総量が0.01~3.0重量%の範囲となるようにする。

10

【0008】

しかしながら、上記の二つの文献の教示に従って作られた合金は、延性の不足および合金の脆性のために、鋳造および圧延加工とそれに続くロール圧着による通常の製造法によっては実質的に加工不可能である。これは合金を形成する元素含有量が、引用された含有量のうち割合の小さいものである場合に当てはまる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、製造の容易さを失わずに、公知の合金と比べてより大きい強度および融着摩耗抵抗性を有するアルミニウム合金を提供することである。

20

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の態様によれば、重量%で、スズ5~10、銅0.7~1.3、ニッケル0.7~1.3、ケイ素1.5~3.5、バナジウム0.1~0.3、マンガン0.1~0.3、不可避の不純物とアルミニウムからなる残部、を含む軸受合金組成物が提供される。

好ましくは、スズの含有量は5.5~7重量%の範囲内である。

【0011】

驚くべきことに、軸受試験によれば、ケイ素含有量が1.5重量%未満に下がると、焼付きの発生率が増加する。ケイ素含有量が3.5%を超えると、ケイ素の網状組織がより粗くなる傾向があり、たとえば圧延加工による合金の加工中の割れの発生率が著しく増加して、加工中の熱処理と、パスあたりの圧下量(rolling reduction)がより小さいことがさらに必要となるので、製造コストが増大する。好ましくは、ケイ素含有量は2~3重量%の範囲内に維持される。

30

【0012】

アルミニウム合金軸受材料を強化するために銅およびニッケルを添加することは周知である。0.7重量%未満の添加では要求される強化作用を及ぼさず、1.3重量%を超える添加は合金の加工を困難にする。銅およびニッケルの含有量がより高くなるにつれて、焼きなまし熱処理が必要になる前には圧下量を比較的小さくすることのみが可能なので、材料のコストが増大する。

40

【0013】

バナジウムは合金の靱性を増加させる作用を有する。0.1重量%未満ではこの効果はすぐに減少し、また、0.3重量%を超える場合には脆化作用がある。好ましくは、バナジウム含有量は最大で0.2重量%に維持される。

【0014】

化学的合金強化剤として加えられるマンガンは、より小さい粒子を作ることによりこれを加えない場合と比べて強度を増大させる、周知の細粒化剤である。0.1重量%未満では細粒化効果が小さく、0.3重量%を超えるマンガンを加えると、パスあたりの圧下量の減少および付加的な熱処理が必要になり、合金の加工が困難で高価になる。

【0015】

50

本発明者らは、上に記載した範囲内の少量のバナジウムおよびマンガンの二つの付加的な元素の組み合わせが相乗効果を示して、合金の強度が著しく増大し、また重要なことには、合金の整合性および適合性は、顕著な程度に不利な影響を受けることはないことを見出した。試験によって、この合金は公知の強いアルミニウム合金に匹敵する荷重において改善された疲労強度と融着摩耗に対する抵抗性を示す一方、製造の容易さおよび低い加工コストを維持していることが示された。

【0016】

しかしながら、この合金を用いることを想定したタイプのエンジンへの適用においては、それは、機械的な強度が増大した特性と、改善された融着摩耗抵抗性および本発明の合金組成物の驚くべき効果である許容しうる焼付きに対する抵抗性とが組み合わせられたものである。

10

【0017】

本発明の第2の態様によれば、強い下地材料およびそれに結合した軸受合金の層を含み、上記軸受合金が重量%で、スズ5~10、銅0.7~1.3、ニッケル0.7~1.3、ケイ素1.5~3.5、バナジウム0.1~0.3、マンガン0.1~0.3、不可避な不純物とアルミニウムからなる残部、を含む組成を有する、滑り軸受が提供される。

【0018】

この軸受は、軸受合金と強い下地材料の間に、比較的純粋なアルミニウムまたはアルミニウム合金材料からなる中間層を含んでいてもよい。

強い下地材料は、たとえば鋼または青銅であってよい。

20

【0019】

バナジウムおよびマンガンの両方を含む合金の延性は、これらの添加物の一方のみを含む合金と比較して著しく大きいことが見いだされた。この特徴によってこの材料の改善された融着摩耗抵抗性が得られると考えられる。

【0020】

本発明の材料は、たとえば厳しい作動条件下での薄い厚さの油膜のために融着摩耗を起こしやすい比較的高い荷重をかけられたエンジンにおいて使用することを第1に想定しているが、軸受技術の当業者には、この材料が上に記載した型のめっき被覆を施しても完全に満足のいくように作動するであろうことが理解されるであろう。

【0021】

30

【実施例】

本発明の理解をさらに完全にするために、添付した図面を参照して実施例を記載するが、これは説明のみを目的とする。

【0022】

図1は、軸受の軸に対して垂直な平面で切った実質的に半円筒の半軸受の円周方向長さの一部の断面図を示す。軸受10は、鋼製下地層12、その上の軸受合金層14、およびその間の比較的純粋なアルミニウムからなる薄い中間層16からなる。軸受の製造過程は、下記の製造スケジュールの具体例から理解されるであろう。

【0023】

上記の材料から製造された軸受を試験のために半軸受に成形した。軸受は、鋼の厚さ1.5mmおよびライニングの厚さ0.25mmからなる壁の厚さ1.75mmを有していた。

40

【0024】

下記の表1に記載される組成を有する他の比較合金から同じ寸法の軸受を作り、同じ条件で試験した。

【0025】

【表1】

表 1

材料	組成						
	Sn	Si	Ni	Cu	V	Mn	Al
比較 1	12	4	—	1	—	—	残部
比較 2	20	—	—	1	—	—	残部
比較 3	12	4	—	2	—	—	残部
本発明の合金	6	2.5	1	1	0.2	0.25	残部

## 【 0 0 2 6 】

上記の合金の機械的特性を以下の表 2 に記載する。

## 【表 2】

表 2 - 機械的特性

材料	ライニングの硬さ (HV2.5)	UTS (Mpa)	破壊までの 伸び率 (%)	靱性*	Al 粒の 大きさ ( $\mu\text{m}$ )
比較 1	47	150	20	20	17
比較 2	40	120	23	18	16
比較 3	47	150	18	19	17
本発明の合金	52	180	21	25	12

\*靱性 $= (0.66 \times \text{UTS}) \times \text{破壊までの伸び率}$ で、これは強さと延性の関係である。これは評点であり単位はない。

## 【 0 0 2 7 】

本発明の合金は比較合金と比べて強いのみでなく、同様にアルミニウム - スズ - ケイ素 - 銅合金である合金 1 および 3 と比較して延性も失われていないことがわかるだろう。

## 【 0 0 2 8 】

軸受を試験して、その疲労強度、融着摩耗が起こる荷重、および焼付きが起こる限界荷重を測定した。試験は、図 4A に示されるような公知のサファイア装置を用いて実施した。装置 20 は、試験軸受 26、28 によって支持される中心の偏心部分 24 を有する試験軸 22 を含み、軸の外側の末端は従属 (slave) 軸受 30、32 の中に支持される。軸は駆動モーター 36 によって回転し、油圧手段 46、48 によって動かされるピストン 42 によって力を加えられる連接棒 40 によって試験軸受 26、28 に荷重を加える。ひずみゲージ 50 によって、加えられた荷重を測定する。図 4B および 4C は、疲労および融着摩耗 / 焼付きの典型的な試験法を示す。疲労荷重能力は、200 時間の運転で疲労が生じる荷重である。操作中、図 4A に示した装置は偏心部分 24 および油圧により荷重のかけられたピストン 42 によって試験軸受 26、28 に荷重を与えることにより、軸受に正弦動荷重を与える。コンピューター制御システム (図示せず) による、プログラムされた漸進的な荷重の増大をおこなって、表面特性の測定の基礎とする。この荷重増大の方式において、最小の油膜厚さは一定速度で減少し、試験は、温度の上昇によって、材料がぬぐい取られまたは融着摩耗して軸の幾何学的に不精密な点と接触するようになる荷重および / または材料そのものが軸に溶接する荷重を測定する。融着摩耗抵抗性は材料の整合性の尺度であり、焼付き抵抗性は適合性の尺度である。

## 【 0 0 2 9 】

図 4B は、軸受の荷重が増大するに従って、疲労を起こすまでに耐えられるサイクル数が減少することを示す、説明のための概略グラフである。図 4C は融着摩耗 / 焼付き試験スケジュールを示す。融着摩耗または焼付きが起こるまで、試験軸受にかかる荷重を増大させる。融着摩耗または焼付きは、一般的に軸受表面の温度の上昇によって示される。融着摩耗は瞬間的な温度上昇である傾向があり、一方焼付きは、油圧の低下を伴う長期の温度上昇である。

10

20

30

40

50

## 【0030】

試験の結果を下記の表3に示す。

## 【表3】

表3

材料	サファイア L-N 疲労 200 時間荷重能力	相対的サファイア 融着摩耗抵抗性	相対的サファイア 焼付き抵抗性
比較1	1.14	0.74	0.95
比較2	1	1	1
比較3	1.14	0.53	1
本発明の合金	1.34	0.81	0.81

10

## 【0031】

表3に示される相対的な軸受の特性は、本発明の合金についての18回の試験およびそれぞれの比較合金について最低60回の試験に基づく。表中、Al<sub>20</sub>Sn<sub>1</sub>Cu合金（比較合金2）を、本発明の合金を含む他のすべての合金を採点する基準である1とした。これにより、たとえば、本発明の合金の疲労強度は比較合金2よりも34%大きい。

20

## 【0032】

表3からわかるように、本発明の合金の疲労強度は3つの比較合金と比べて有意に高く、実際の焼付き抵抗性は低いものの、融着摩耗抵抗性も他の公知のAl/Sn/Si比較合金1および3と比較して改善されている。表3に示された結果を、図2および3にもグラフで示す。

## 【0033】

本質的に、本発明の材料は、公知の合金よりも有意に大きい疲労強度を有する一方で、融着摩耗および焼付きの両方に対して全体的に十分な抵抗性を保持している。そこで、本発明の合金は、公知のケイ素含有合金よりも高い疲労強度および融着摩耗抵抗性が要求されるが特に高い焼付き抵抗率は要求されないエンジンに特に有用である。

30

## 【図面の簡単な説明】

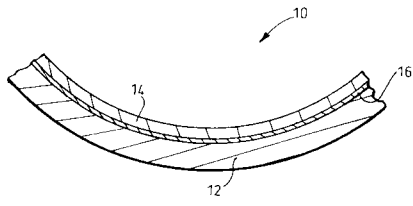
【図1】図1は、本発明の合金を利用した軸受の一部の断面図で、構成する層を示す。

【図2】図2は、本発明の合金と3つの比較合金についての相対的な融着摩耗抵抗性の結果を示すヒストグラムである。

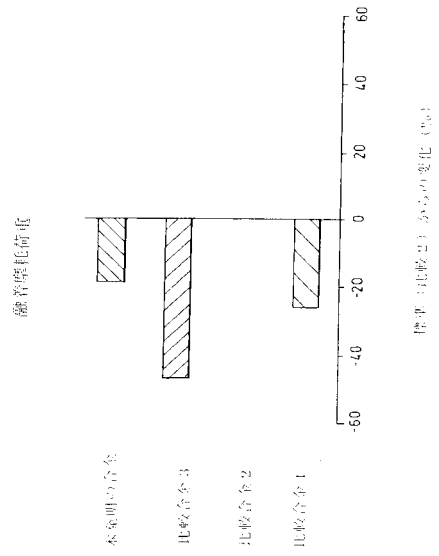
【図3】図3は、図2と同じ合金についての相対的な焼付きの結果を示す図2と同様のヒストグラムである。

【図4】図4は、融着摩耗および焼付きを測定、採点するための試験装置の一部の断面図(4A)、および疲労(4B)および融着摩耗/焼付き(4C)の試験法を示すグラフである。

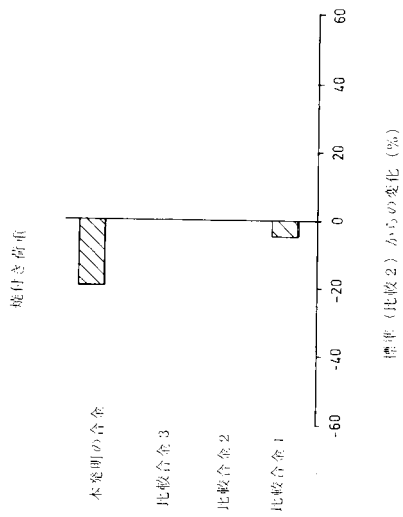
【図1】



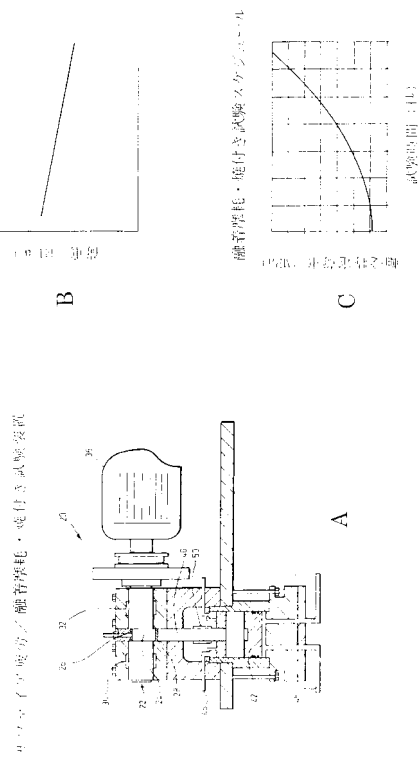
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100099483

弁理士 久野 琢也

(72)発明者 ケニス、マクリアド、マクミーキン

イギリス国エアシア・ケイエイ1・3エヌエイ、キルマノク、リカトン、デーナ・グレイシア・ヴァンダヴェル

(72)発明者 イアン、デイヴィド、マッセイ

イギリス国ウォリクシア・シーヴィ22・7エスディー、ラグビ、コーストン・ハウス、デーナ・グレイシア・ヴァンダヴェル、テクノラジ・センタ

審査官 鈴木 毅

(56)参考文献 特公昭62-014024(JP, B2)

特開平05-302626(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 21/00 - 21/18