

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年6月30日(30.06.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/104067 A1

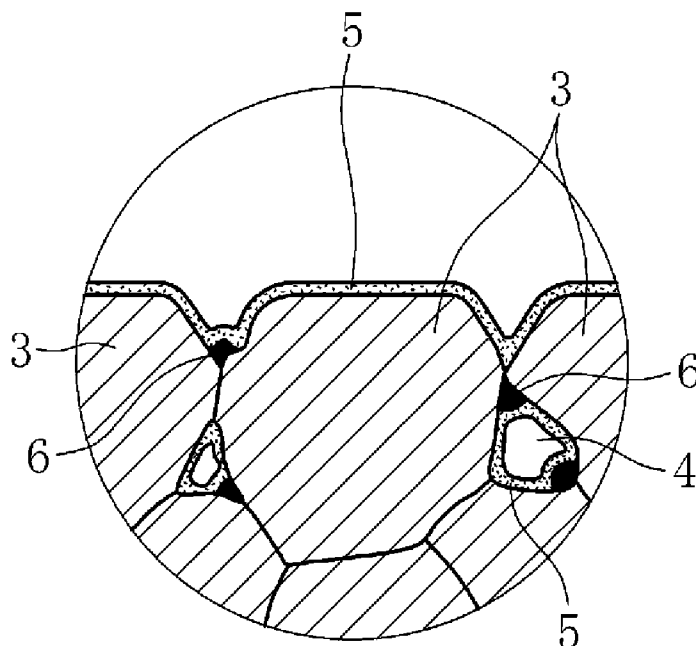
- (51) 国際特許分類:
B22F 5/00 (2006.01) *F16C 33/12* (2006.01)
C22C 9/01 (2006.01) *C22C 1/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/083685
- (22) 国際出願日: 2015年12月1日(01.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-265247 2014年12月26日(26.12.2014) JP
- (71) 出願人: NTN株式会社(NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 容敬(ITO Yoshinori); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 NTNアドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP). 大橋 勇太(OHASHI Yuta); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 NTNアドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 城村 邦彦, 外(SHIROMURA Kunihiro et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目15番26号 江原特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: SINTERED BEARING

(54) 発明の名称: 焼結軸受



(57) Abstract: This sintered bearing contains Al, Cu and Ni, and Al-Cu-Ni alloy structures 3 are sintered together. The Al-Cu-Ni alloy structures 3 have an Al-Cu-Ni matrix phase (α phase) and an Al-Ni compound phase (κ phase), and do not have an Al-Cu compound phase (γ phase).

(57) 要約: 焼結軸受は、Al、Cu、及びNiを含み、Al-Cu-Ni合金組織3同士が焼結されている。Al-Cu-Ni合金組織3は、Al-Cu-Niマトリクス相(α 相)及びAl-Ni化合物相(κ 相)を有し、Al-Cu化合物相(γ 相)を有さない。

WO 2016/104067 A1

明 細 書

発明の名称：焼結軸受

技術分野

[0001] 本発明は、焼結軸受に関し、特に、Al-Cu合金（アルミニウム青銅とも言われる。）系の焼結軸受に関する。

背景技術

[0002] エンジンの燃料として用いられるガソリンや軽油等の品質は、世界の各地域で異なっており、粗悪な燃料（ガソリンや軽油等）やバイオ燃料等が使用されることもある。このような燃料と接触し得る箇所（例えば電動燃料ポンプやEGRバルブ）に設けられる軸受には、粗悪燃料やバイオ燃料に含まれる硫化物や有機酸に対する耐腐食性が求められる。

[0003] 一方、エンジンの小型化及び軽量化に伴って、電動燃料ポンプ等にも小型化及び軽量化が求められ、これらに組み込まれる軸受にも小型化が求められる。例えば電動燃料ポンプでは、吐出性能を確保しつつ小型化を図るために、回転数を高める必要がある。このような高速回転する軸を支持する軸受には、小型化と共に耐腐食性、耐摩耗性（低摩擦特性）が要求される。

[0004] 例えば、耐摩耗性に優れた軸受として、銅系焼結軸受が知られている。しかし、銅系焼結軸受は、粗悪燃料やバイオ燃料に含まれる硫化物や有機酸と接触することにより、銅が腐食されやすい。例えば、銅系焼結軸受に硫化物が接触すると、表面（特に軸受面）に硫化銅が生成することで、軸受面と軸との間の隙間が減少し、回転トルクの上昇を招く恐れがある。また、銅系焼結軸受に有機酸が接触すると、銅が溶出するため、耐摩耗性が低下して製品寿命が短くなる恐れがある。以上のように、銅系焼結軸受は、耐摩耗性には優れているが、耐腐食性に劣るため、粗悪燃料やバイオ燃料と接触する用途には向いていない。

[0005] 例えば特許文献1には、Al-Cu合金系の焼結軸受が示されている。Al-Cu合金系の焼結軸受は、摺動性に優れると共に、表面に酸化アルミニ

ウム膜が生成されるため耐腐食性にも優れている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-7650号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記特許文献1には、Al-Cu合金系の焼結軸受の各成分の配合比を調整する技術が示されている。しかし、このような技術を適用しても、耐腐食性が十分に高められるとは言えず、さらなる検討が求められている

[0008] 以上の事情に鑑み、本発明は、Al-Cu合金系の焼結軸受の耐腐食性を高めることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の目的を達成するために、本発明は、Al、Cu、及びNiを含み、Al-Cu-Ni合金組織同士が焼結された焼結軸受であって、前記Al-Cu-Ni合金組織は、Al-Cu-Niマトリクス相及びAl-Ni化合物相を有し、Al-Cu化合物相を有さない焼結軸受を提供する。

[0010] このように、Al-Cu合金系の焼結軸受にNiを配合し、合金組織にAl-Cu-Niマトリクス相（固溶体合金相）を析出させることで、耐腐食性が向上する。このとき、Al-Cu-Ni合金組織には、通常、マトリクス相だけでなく、マトリクス相よりも耐腐食性の低い化合物相が析出する。具体的に、Al-Cu化合物相は耐腐食性が特に低く、Al-Ni化合物相は、Al-Cu化合物相よりは耐腐食性が高い。従って、Al-Cu-Ni合金組織において、耐腐食性が特に劣るAl-Cu化合物相が析出せずに、耐腐食性が比較的優れたAl-Ni化合物相が析出するように、原料粉末の成分や配合比を調整すれば、非常に優れた耐腐食性を有する焼結軸受を得ることができる。

[0011] 上記の焼結軸受の組成は、例えば、Alを7～11質量%、Niを1～6

質量%含み、残部の主成分をCuとされる。

[0012] また、上記の焼結軸受において、Niの代わりにSiを配合しても、上記と同様の効果を得ることができる。すなわち、上記の目的は、Al、Cu、及びSiを含み、Al-Cu-Si合金組織同士が焼結された焼結軸受であって、前記Al-Cu-Si合金組織は、Al-Cu-Siマトリクス相及びAl-Si化合物相を有し、Al-Cu化合物相を有さない焼結軸受により達成することができる。この焼結軸受の組成は、例えば、Alを7～11質量%、Siを1～6質量%含み、残部の主成分をCuとされる。

[0013] さらに、上記の焼結軸受において、Niの代わりにZnを配合しても、上記と同様の効果を得ることができる。すなわち、上記の目的は、Al、Cu、及びZnを含み、Al-Cu-Zn合金組織同士が焼結された焼結軸受であって、前記Al-Cu-Zn合金組織は、Al-Cu-Znマトリクス相及びAl-Zn化合物相を有し、Al-Cu化合物相を有さない焼結軸受により達成することができる。この焼結軸受の組成は、例えば、Alを7～11質量%、Znを1～5質量%含み、残部の主成分をCuとされる。

[0014] ところで、純銅は硫化物が付着しやすいため、焼結軸受に純銅組織（Cu相）が存在すると、Cu相に硫化物が付着するため硫化腐食が生じやすい。このため、焼結軸受の原料に純銅粉末が含まれる場合は、Cu相にAlを拡散させて合金化する必要があり、焼結工程のコストが高くなる。従って、上記の焼結軸受の原料粉末は、純銅粉末を含まないことが好ましい。

[0015] 上記のような焼結軸受の軸受面に遊離黒鉛を露出させると、遊離黒鉛の自己潤滑性により、潤滑性及び耐摩耗性を向上させることができる。

[0016] 燃料ポンプに設けられた軸の回転を支持する軸受や、EGRバルブに設けられたバルブの軸方向の往復動を支持する軸受は、燃料等に含まれる硫化物や有機酸と接触し、優れた耐腐食性が求められる。このような用途で 사용되는軸受として、上記の焼結軸受が好適に使用できる。

発明の効果

[0017] 以上のように、本発明によれば、Al-Cu合金系の焼結軸受の耐腐食性

を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施形態に係る焼結軸受の断面図である。

[図2]上記焼結軸受の拡大断面図である。

[図3]上記焼結軸受のAl-Cu-Ni合金組織の拡大図である。

[図4]他の実施形態に係る焼結軸受のAl-Cu-Si合金組織の拡大図である。

[図5]他の実施形態に係る焼結軸受のAl-Cu-Zn合金組織の拡大図である。

[図6]燃料ポンプの断面図である。

[図7]EGRバルブの断面図である。

[図8]比較例に係る試験片のAl-Cu合金組織の拡大図である。

[図9]腐食試験の結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明の一実施形態に係る焼結軸受1は、図1に示すように円筒状を成し、内周に軸2が挿入される。焼結軸受1の内周面1aは円筒面であり、軸2の外周面を摺動支持する軸受面として機能する。焼結軸受1の外周面1bは円筒面であり、他部材に取り付けられる取付面として機能する。

[0020] 焼結軸受1は、焼結金属、特にAl-Cu合金系の焼結金属で形成され、本実施形態では、Al、Cu、及びNiを含む焼結金属で形成される。具体的に、焼結軸受1は、例えば、Alを7～11質量%、Niを1～6質量%含み、残部の主成分がCuとされる。本実施形態では、上記の他、Al、Cu、Niの合計100質量%に対し、3～6質量%の黒鉛（遊離黒鉛）と、0.1～0.4質量%のPを含む。本実施形態では、焼結軸受1が、Alを8.5質量%、Niを5質量%含み、残部の主成分がCuとされる。

[0021] 焼結軸受1は、図2に拡大して示すように、Al-Cu-Ni合金組織3を有し、隣接するAl-Cu-Ni合金組織3同士が焼結結合されている。Al-Cu-Ni合金組織3の間には、無数の内部空孔4が設けられる。内

部空孔4は、焼結軸受1の表面に連通している。Al-Cu-Ni合金組織3の表面、すなわち、内周面1a（軸受面）を含む焼結軸受1の表面や、焼結軸受1の内部空孔4の周りには、酸化アルミニウム被膜5が形成されている。この酸化アルミニウム被膜5によりAl-Cu-Ni合金組織3が保護されるため、耐腐食性及び耐摩耗性が高められる。焼結軸受1の表面及び内部には遊離黒鉛6が分布している。この遊離黒鉛6の一部が、焼結軸受1の軸受面（内周面1a）に露出している。Al-Cu-Ni合金組織3の粒界部には、P（燐）が存在している（図示省略）。

[0022] 図3に、Al-Cu-Ni合金組織3をさらに拡大して示す。同図に示すように、Al-Cu-Ni合金組織3は、Al-Cu-Niマトリクス相（ α 相）と、Al-Ni化合物相（ κ 相）とを有する一方で、Al-Cu化合物相（ γ 相）は有していない。換言すると、Al-Cu-Ni三元状態図において、 α 相及び κ 相が析出し、且つ γ 相が析出しない範囲で、Al-Cu-Ni合金組織3の組成（Al, Cu, Niの配合比）が設定される。このように、耐腐食性が非常に高いAl-Cu-Niマトリクス相を析出させることで、焼結軸受1に優れた耐腐食性を付与することができる。また、焼結軸受1にAl-Cu-Ni合金組織3を生成する際、耐食性に劣る化合物相の析出は現実的に避けられないが、上記のように耐腐食性が特に低いAl-Cu化合物相を析出させずに、耐腐食性が比較的高いAl-Ni化合物相を析出させることで、焼結軸受1の耐腐食性がさらに高められる。このとき、Al-Cu-Ni合金組織3におけるAl-Cu-Niマトリクス相の割合は高い方が好ましく、例えば面積比で50%以上、好ましくは70%以上とされ、図示例ではおよそ85%程度となっている。

[0023] 焼結軸受1の密度比は、80～95%の範囲とされる。焼結軸受1の密度比が80%未満では強度が不十分となり、密度比が95%を超えると含油量が不足するため、好ましくない。焼結軸受1の表層の密度比は、内部の密度比よりも高くなっている。すなわち、焼結軸受1の表面における空孔率（表面開口率）が、焼結軸受1の内部における空孔率よりも小さくなっている。

また、焼結軸受 1 の外周面 1 b 側の表層の密度比は、内周面 1 a 側の表層の密度比よりも高くなっている。すなわち、焼結軸受 1 の外周面 1 b における表面開口率が、焼結軸受 1 の内周面 1 a における表面開口率よりも小さくなっている。尚、密度比 α は次式で表される。

$$\alpha (\%) = (\rho 1 / \rho 0) \times 100$$

ただし、 $\rho 1$: 多孔質体の密度、 $\rho 0$: その多孔質体に空孔がないと仮定した場合の密度

また、焼結軸受 1 の表層とは、焼結軸受 1 の表面から所定の深さ（例えば、焼結軸受 1 の内径の $1/100 \sim 1/15$ 程度の深さ）までの領域とする。

[0024] 焼結軸受 1 の内部空孔には、潤滑油が含浸されている。潤滑油としては鉱油、ポリ α オレフィン（PAO）、エステル、液状グリース等を使用することができる。ただし、軸受の用途によっては必ずしも潤滑油を含浸する必要はなく、ドライ状態で使用してもよい。

[0025] 焼結軸受 1 の内周に挿入された軸 2 が回転又は軸方向移動、あるいはこれらの双方の運動をし、焼結軸受 1 の内周面 1 a と軸 2 の外周面が摺動すると、焼結軸受 1 の内部空孔に保持された潤滑油が温度上昇に伴って内周面 1 a に滲み出す。この内周面 1 a に滲み出した潤滑油によって、焼結軸受 1 の内周面 1 a と軸 2 の外周面との間の軸受隙間に油膜が形成され、軸 2 が焼結軸受 1 によって支持される。

[0026] 次に、上記の焼結軸受 1 の製造方法を説明する。

[0027] 焼結軸受 1 は、各種粉末を混合して原料粉末を得る混合工程と、原料粉末を金型で圧縮して圧粉体を得る圧粉工程と、圧粉体を焼結して焼結体を得る焼結工程と、焼結体を金型で圧縮して整形するサイジング工程とを経て形成される。以下、各工程を詳しく説明する。

[0028] [混合工程]

混合工程では、各種粉末を混合機で混合することで、原料粉末が生成される。原料粉末は、Al 源、Cu 源、Ni 源、P 源、及び固体潤滑剤となる粉末を含む。原料粉末には、純 Cu 粉末や純 Al 粉末は含まれない。原料粉末

には、必要に応じて、さらに、焼結助剤（例えば、フッ化アルミニウム粉末やフッ化カルシウム粉末）や、離型用潤滑剤（例えば、ステアリン酸亜鉛粉末やステアリン酸カルシウム粉末）が混合される。以下、各粉末について詳しく説明する。

[0029] Al及びCu源としては、例えばAl-Cu-Ni合金粉末やAl-Cu合金粉末を使用できる。Ni源としては、例えばAl-Cu-Ni合金粉末やCu-Ni合金粉末を使用できる。本実施形態では、Al、Cu、Ni源として、Al-Cu-Ni合金粉末（プレアロイ粉末）が用いられる。Al-Cu-Ni合金粉末は、7～11質量%のAlを含む。Al-Cu-Ni合金粉末は、例えばアトマイズ法により製造したものが使用できる。Al-Cu-Ni合金粉末の粒径は106 μ m以下で、平均粒径は20～50 μ mである。尚、平均粒径とは、レーザ回折により測定した粒径の平均値を意味する。具体的には、（株）島津製作所製SALD-3100により、5000粉末をレーザ回折で測定したときの粒径の平均値とする（以下同様）。

[0030] P源としては、P合金粉末を使用できる。P合金粉末は、例えばP-Cu合金粉末を使用することができ、本実施形態では7～10質量%P-Cu合金粉末を用いた。Pは、焼結時の固液相間の濡れ性を高める効果がある。P成分が少なすぎると、固液相間の焼結促進効果が乏しい。一方、P成分が多すぎると、焼結が進み過ぎてAlが偏析しやすくなる。従って、P合金粉末の配合量は、例えば、原料粉末中のP成分が、Al、Cu、及びNiの合計100質量%に対して0.1～0.6質量%、好ましくは0.1～0.4質量%となるように設定される。

[0031] 固体潤滑剤としては、例えば黒鉛粉末を使用できる。黒鉛粉末は、主として焼結軸受1の空孔内や表面に遊離黒鉛として存在する。特に、軸受面（内周面1a）に露出した黒鉛粉末は、焼結軸受1に優れた潤滑性を付与し、耐摩耗性の向上に寄与する。黒鉛粉末の配合量は、例えば、原料粉末中のAl、Cu、Niの合計100質量%に対して、3～6質量%とされる。黒鉛の配合量が3質量%未満では、黒鉛添加による潤滑性、耐摩耗性の向上効果が

得られない。一方、黒鉛の配合量が6質量%を超えると、例えばAlのCuへの拡散が阻害され始めることが懸念される。黒鉛の配合量が10質量%を超えると、材料強度が低下し、AlのCuへの拡散を阻害するので好ましくない。尚、一般的には、原料粉末の主成分に対して黒鉛を4質量%以上添加すると成形することが困難となるが、黒鉛粉末として造粒黒鉛を使用することで、成形が可能となる。本実施形態では、黒鉛粉末は、天然黒鉛又は人造黒鉛の微粉を樹脂バインダで造粒後粉砕し、粒径145メッシュ以下の黒鉛粉末を用いた。

[0032] フッ化アルミニウム及びフッ化カルシウムは、焼結助剤として機能する。具体的に、フッ化アルミニウム及びフッ化カルシウムは、Al-Cu-Ni合金粉末の焼結温度である850～900℃で溶融しながら徐々に蒸発し、Al-Cu-Ni合金粉末の表面を保護して酸化アルミニウムの生成を抑制することにより、焼結を促進しアルミニウムの拡散を増進させる。フッ化アルミニウム及びフッ化カルシウムは、焼結時に蒸発、揮散するので、焼結軸受1の完成品には殆ど残らない。フッ化アルミニウム及びフッ化カルシウムは、原料粉末中のAl、Cu、Niの合計100質量%に対して、合計で0.05～0.2質量%程度で添加することが好ましい。0.05質量%未満では、焼結助剤としての効果が不十分となり、緻密で高強度を有する焼結体を得られない。一方、0.2質量%を超えると、それ以上添加しても焼結助剤としての効果は頭打ちとなるため、コスト的な観点から0.2質量%以下に止めることが好ましい。

[0033] 尚、特に必要がなければ、P合金粉末、フッ化アルミニウム及びフッ化カルシウム等の焼結助剤、黒鉛粉末等の固体潤滑剤、及びステアリン酸亜鉛等の離型用潤滑剤のうち的一种又は複数種を、原料粉末に配合しなくてもよい。

[0034] [圧粉工程]

圧粉工程では、上記の原料粉末を圧粉金型に充填して圧縮することにより、焼結軸受1と略同じ形状をなした圧粉体を形成する。本実施形態では、圧

粉金型に充填した原料粉末を200～700MPaの加圧力で圧縮することにより圧粉体を成形する。尚、圧粉金型を70℃以上に加温した状態で、圧粉体を成形してもよい。

[0035] 本実施形態の焼結軸受1では、Al源がAl-Cu-Ni合金粉末のみで構成されており、原料粉末に純Al粉末は含まれない。これにより、比重の小さい純Al粉末に起因した原料粉末の流動性の悪化や、純Al粒子の飛散に伴う取り扱い上の問題が解消される。これにより、圧粉金型への原料粉末の充填性が高められるため、成形性の低下や圧粉体の強度不足を回避できる。

[0036] [焼結工程]

焼結工程では、圧粉体を所定の焼結温度で加熱し、隣接する原料粉末同士を焼結結合させることによって焼結体を形成する。焼結工程は、例えば、メッシュベルト式連続炉を用いて行われる。圧粉体を加熱することで、隣接するAl-Ni-Cu合金粉末（Al-Cu-Ni合金組織）同士が焼結結合（拡散接合）し、焼結体が形成される。このとき、原料粉末に含まれるP成分により、Al-Cu-Ni合金組織同士の焼結が促進され、焼結体の強度が高められる。また、原料粉末中の黒鉛粉末は、焼結体の内部及び表面に遊離黒鉛として残存する。

[0037] こうして得られた焼結体のAl-Cu-Ni合金組織には、Al-Cu-Niマトリクス相（ α 相）とAl-Ni化合物粒相（ κ 相）とが析出している一方で、Al-Cu化合物相（ γ 相）は析出していない（図2参照）。このような合金組織が得られるように、原料粉末の成分や配合比を設定することで、非常に優れた耐腐食性が得られる。具体的には、例えば、予め当該焼結温度におけるAl-Cu-Niの三元状態図を取得し、この三元状態図から上記のような組織が得られる成分及びその配合比を設定することで、上記のような焼結体を得ることができる。

[0038] 焼結温度は900～950℃が好ましく、900～920℃がさらに好ましい。また、雰囲気ガスは、水素ガス、窒素ガスあるいはこれらの混合ガス

を使用できる。焼結時間は、長くするほど耐腐食性が向上し、例えば燃料ポンプに用いられる焼結軸受 1 では 20～60 分（例えば 30 分）が好ましい。

[0039] Al-Cu-Ni 合金粉末は、共晶温度 548℃以上になると様々な液相が発生する。液相が発生すると圧粉体が膨張し、発生した液相により焼結ネックが形成された後、緻密化に至って収縮することで焼結体を得られる。このとき、焼結体の表層では、Al-Cu-Ni 合金組織が酸化されて焼結が阻害されることにより、緻密化に至らず寸法が膨張したままとなるため、焼結体の強度不足が懸念される。しかし、焼結体の内部では、Al-Cu-Ni 合金組織は酸化されにくく、十分に焼結されるため、焼結体の強度を十分確保することができる。

[0040] [サイジング工程]

サイジング工程では、焼結により膨張した焼結体を圧縮して寸法整形する。具体的には、焼結体の内周にコアロッドを挿入すると共に、上下パンチで焼結体の軸方向幅を所定寸法に規定した状態で、これらを一体的にダイの内周に圧入する。これにより、焼結体の外周面がダイで圧迫されて成形されると共に、焼結体の内周面がコアロッドの外周面に押し付けられて成形される。このサイジング工程により、膨張した焼結体の表層が圧縮され、表層の密度が内部の密度よりも大きくなる。また、焼結体の外周面側の表層は、内周面側の表層よりも圧縮量が大きくなるため、外周面側の表層の密度が内周面側の密度よりも大きくなる。尚、サイジング工程の後、焼結体の内周面 1a にさらに回転サイジングすることで、内周面 1a（軸受面）に開口した空孔をさらに小さくしてもよい。

[0041] [含油工程]

含油工程では、上記の焼結体の内部空孔に潤滑油が含浸される。具体的には、減圧環境下で焼結体を潤滑油中に浸漬した後、常圧に戻すことで、焼結体の内部空孔に潤滑油が含浸される。以上により、焼結軸受 1 が完成する。

[0042] 本発明は上記の実施形態に限られない。例えば、焼結軸受 1 の組成は上記

に限らず、上記の実施形態のNiに代えて、Siを配合してもよい。具体的には、例えば焼結軸受の組成を、Alを7～11質量%、Siを1～6質量%含み、残部の主成分をCuとすることができる。図4に、Alを8.5質量%、Siを2質量%含み、残部の主成分をCuとした焼結軸受のAl-Cu-Si合金組織を示す。このAl-Cu-Si合金組織には、Al-Cu-Siマトリクス相(α 相)と、Al-Si化合物相(κ 相)とが析出しているが、Al-Cu化合物相(γ 相)は析出していない。Al-Cu-Si合金組織におけるAl-Cu-Siマトリクス相の割合は、例えば面積比で50%以上、好ましくは70%以上とされ、図示例ではおよそ75%程度となっている。その他の成分や製法等は、上記の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0043] また、上記の実施形態のNiに代えて、Znを配合してもよい。具体的には、例えば焼結軸受1の組成を、Alを7～11質量%、Znを1～5質量%（好ましくは1～4質量%）含み、残部の主成分をCuとすることができる。図5に、Alを8.5質量%、Znを3質量%含み、残部の主成分をCuとした焼結軸受のAl-Cu-Zn合金組織を有する。このAl-Cu-Zn合金組織には、Al-Cu-Znマトリクス相(α 相)と、Al-Zn化合物相(δ 相)とが析出しているが、Al-Cu化合物相(γ 相)は析出していない。Al-Cu-Zn合金組織におけるAl-Cu-Znマトリクス相の割合は、例えば面積比で50%以上、好ましくは70%以上とされ、図示例ではおよそ80%程度となっている。その他の成分や製法等は、上記の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0044] また、上記の実施形態のNiに加えて、Si又はZn、あるいはこれらの双方を配合してもよい。また、上記の実施形態のNiに代えて、Si及びZnを配合してもよい。

[0045] 上記の焼結軸受1は、例えば、図6に示す燃料ポンプ（電動燃料ポンプ10）に組み込まれる。電動燃料ポンプ10は、略円筒状の金属製のハウジング11と、ハウジング11の上端部に固定された合成樹脂製のモータカバー

１２と、ハウジング１１の下端部に固定された金属製のポンプカバー１３及びポンプボデー１４とを有する。

[0046] ハウジング１１の内部には、モータのアーマチュア１５が配置されている。アーマチュア１５に設けられた軸２の軸方向両端部は、モータカバー１２とポンプカバー１３に取り付けられた焼結軸受１により回転自在に支持されている。焼結軸受１の内部空孔には、予め潤滑油が含浸されている。ハウジング１１に内周面にはマグネット１６が固定され、このマグネット１６とアーマチュア１５とが所定間隔で半径方向に対向している。モータカバー１２には、燃料噴射弁に通じる燃料供給パイプ（図示省略）に接続される吐出口１７が設けられている。この吐出口１７には、燃料の逆流を阻止するチェックバルブ１８が設けられる。チェックバルブ１８は、スプリング１９により閉止方向に付勢されている。

[0047] 軸２の端部（図中下端）には、ポンプインペラ２０が固定される。図示例では、２つのポンプインペラ２０が軸方向に離隔した２箇所に設けられる。ポンプボデー１４には吸入口２１が設けられている。アーマチュア１５及び８ポンプインペラ２０を一体回転させると、燃料タンク内の燃料が吸入口２１より汲み上げられ、ハウジング１１の内部を通過して、吐出口１７から吐出される。アーマチュア１５の軸２を回転自在に支持する焼結軸受１は、燃料（例えば、ガソリン）と常に接触する環境下にある。

[0048] また、上記の焼結軸受１は、図７に示すＥＧＲバルブ３０に組み込んでもよい。ＥＧＲバルブ３０は、ハウジング３１と、ハウジング３１の内部に配されたバルブ３２と、バルブ３２を閉じる方向に付勢するスプリング３３と、バルブ３２を開く方向に駆動する駆動部３４（例えばステップモータ）とを備える。ハウジング３１の内部にはガス流路３５が形成され、ガス流路３５の途中に弁座３６が設けられる。バルブ３２のシャフト３２ａは、ハウジング３１に固定された焼結軸受１により軸方向に摺動自在に支持されている。この焼結軸受１は、内部空孔に潤滑油が含浸されておらず、ドライ状態で使用される。

[0049] 駆動部 3 4 を停止した状態では、バルブ 3 2 がスプリング 3 3 の付勢力により弁座 3 6 に押し付けられ、これによりガス流路 3 5 が閉じた状態となる。一方、駆動部 3 4 を駆動してバルブ 3 2 を下方に移動させると、バルブ 3 2 が弁座 3 6 から離反してガス流路 3 5 が開いた状態となり、エンジンから排出された排ガスがエンジンの吸気側に戻される。

[0050] 次に、組成の異なる焼結金属からなる複数の試験片（実施例 1～4、比較例 1～4）を作製し、これらに対して腐食試験を施した。各試験片は、下記の表 1 に示す組成を有し、上記に示した製法で作製されたものである。以下、各試験片について詳しく説明する。

[表1]

	Al	Ni	Si	Zn	Sn	Cu
実施例 1	8.5	3.0	—	—	—	Bal.
実施例 2	8.5	5.0	—	—	—	Bal.
実施例 3	8.5	—	2.0	—	—	Bal.
実施例 4	8.5	—	—	3.0	—	Bal.
比較例 1	8.5	—	—	5.0	—	Bal.
比較例 2	—	30～35	—	—	—	Bal.
比較例 3	8.5	—	—	—	—	Bal.
比較例 4	8.5	—	—	—	3.0	Bal.

[0051] Al—Cu—Ni 系焼結体（実施例 1、実施例 2）

7～11 質量% Al を含む Al—Cu—Ni 合金粉を含む原料粉末を用いて作成した焼結体からなり、Al を 8.5 質量%、Ni を 3.0 質量%（実施例 1）あるいは 5.0 質量%（実施例 2）含み、残部の主成分が Cu である。この焼結体に生成された Al—Cu—Ni 合金組織には、Al—Cu—Ni マトリクス相（ α 相）と、Al—Ni 化合物相（ κ 相）の析出が確認された（図 3 参照）。また、Al—Cu 化合物相（ γ 相）の析出は確認されなかった。

[0052] Al—Cu—Si 系焼結体（実施例 3）

7～11 質量% Al を含む Al—Cu—Si 合金粉を含む原料粉末を用いて作成した焼結体からなり、Al を 8.5 質量%、Si を 2.0 質量%含み、残部の主成分が Cu である。この焼結体に生成された Al—Cu—Si 合

金組織には、 $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Si}$ マトリクス相 (α 相) と、 $\text{Al}-\text{Si}$ 化合物相 (δ 相, κ 相) の析出が確認された (図4 参照)。また、 $\text{Al}-\text{Cu}$ 化合物相 (γ 相) の析出は確認されなかった。

[0053] $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Zn}$ 系焼結体 (実施例4、比較例1)

7～11質量% Al を含む $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Zn}$ 合金粉を含む原料粉末を用いて作成した焼結体からなり、 Al を8.5質量%、 Zn を3.0質量% (実施例3) あるいは5.0質量% (比較例1) 含み、残部の主成分が Cu である。この焼結体に生成された $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Ni}$ 合金組織には、 $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Zn}$ マトリクス相 (α 相) と、 $\text{Al}-\text{Zn}$ 化合物相 (δ 相) の析出が確認された (図5 参照)。また、 $\text{Al}-\text{Cu}$ 化合物相 (γ 相) の析出は確認されなかった。

[0054] 白銅系焼結体 (比較例2)

Cu 粉末及び Ni 粉末を主に含む原料粉末を用いて作成した焼結体からなり、 Ni を30～35質量%含む。

[0055] $\text{Al}-\text{Cu}$ 系焼結体 (比較例3)

7～11質量% Al を含む $\text{Al}-\text{Cu}$ 合金粉を含む原料粉末を用いて作成した焼結体からなり、 Al を8.5質量%含み、残部の主成分が Cu である。この焼結体に生成された $\text{Al}-\text{Cu}$ 合金組織には、 $\text{Al}-\text{Cu}$ マトリクス相 (α 相) と $\text{Al}-\text{Cu}$ 化合物相 (γ 相) の析出が確認された (図8 参照)。

[0056] $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Sn}$ 系焼結体 (比較例4)

7～11質量% Al を含む $\text{Al}-\text{Cu}$ 合金粉と、 Sn 粉末とを含む原料粉末を用いて作成した焼結体からなり、 Al を8.5質量%、 Sn を3.0質量%含み、残部の主成分が Cu である。この焼結体に生成された $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Sn}$ 合金組織には、 $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Zn}$ マトリクス相 (α 相) と $\text{Al}-\text{Cu}$ 化合物相 (γ 相) の析出が確認された。

[0057] 上記各試験片を、硫化物及び有機酸を含む溶液中に所定時間浸漬し、浸漬前後の重量変化率を測定した。その結果、図9に示すように、実施例1～4

は、浸漬前後で重量がほとんど変化しなかったのに対し、比較例 1～4 は浸漬前後で重量が大きく変化した。具体的に、比較例 1、2、4 は、上記の浸漬処理により重量が大幅に減少した（比較例 1：－45.13%、比較例 2：－8.25%、比較例 4：－28.49%）。これは、溶液中の有機酸により、焼結体中の Al 成分が溶け出したためと考えられる。また、比較例 3 は、上記の浸漬処理により重量が大幅に増大した（＋10.21%）。これは、焼結体に硫化物が付着したためと考えられる。これに対し、実施例 1～4 は、何れも上記の浸漬処理による重量変化率がごく僅か（およそ 0.5% 未満）に抑えられた。これらの結果から、Cu－Al 系焼結体に、Ni、Si、Zn の何れかを適量添加した実施例 1～4 は優れた耐腐食性を有し、特に、Al－Cu－Ni 合金組織を有する実施例 1 及び 2 が非常に優れた耐腐食性を有することが確認された。

符号の説明

- [0058] 1 焼結軸受
2 軸
3 Al－Cu－Ni 合金組織
4 内部空孔
5 酸化アルミニウム被膜
6 遊離黒鉛
10 電動燃料ポンプ
30 EGR バルブ

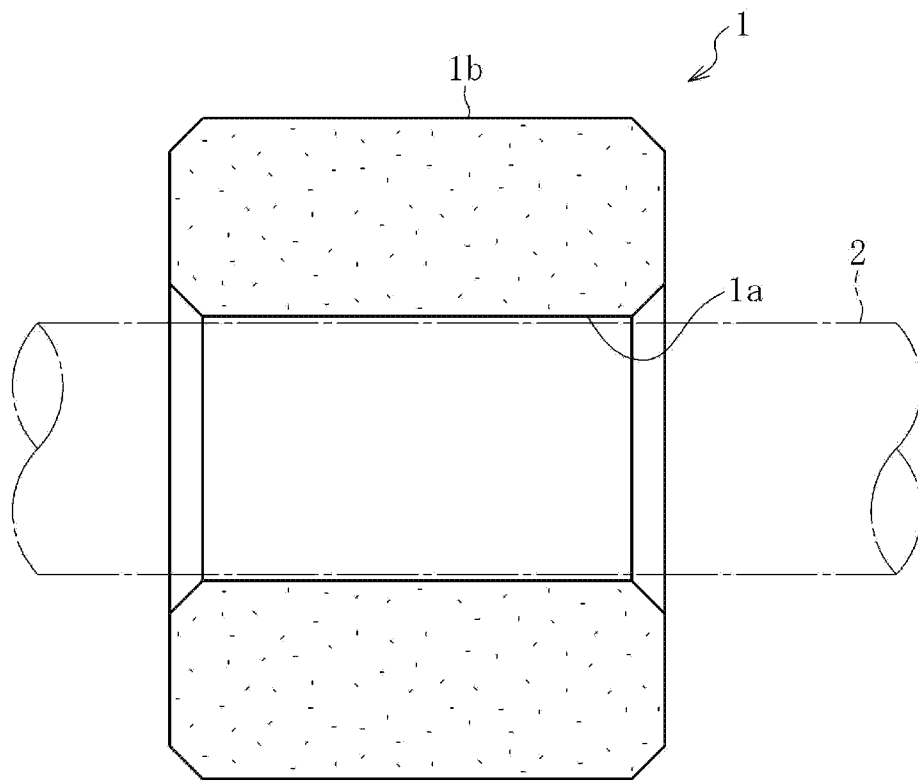
請求の範囲

- [請求項1] Al、Cu、及びNiを含み、Al-Cu-Ni合金組織同士が焼結された焼結軸受であって、
- 前記Al-Cu-Ni合金組織は、Al-Cu-Niマトリクス相及びAl-Ni化合物相を有し、Al-Cu化合物相を有さない焼結軸受。
- [請求項2] Alを7～11質量%、Niを1～6質量%含み、残部の主成分をCuとした請求項1記載の焼結軸受。
- [請求項3] Al、Cu、及びSiを含み、Al-Cu-Si合金組織同士が焼結された焼結軸受であって、
- 前記Al-Cu-Si合金組織は、Al-Cu-Siマトリクス相及びAl-Si化合物相を有し、Al-Cu化合物相を有さない焼結軸受。
- [請求項4] Alを7～11質量%、Siを1～6質量%含み、残部の主成分をCuとした請求項3記載の焼結軸受。
- [請求項5] Al、Cu、及びZnを含み、Al-Cu-Zn合金組織同士が焼結された焼結軸受であって、
- 前記Al-Cu-Zn合金組織には、Al-Cu-Znマトリクス相及びAl-Zn化合物相を有し、Al-Cu化合物相を有さない焼結軸受。
- [請求項6] Alを7～11質量%、Znを1～5質量%含み、残部の主成分をCuとした請求項5記載の焼結軸受。
- [請求項7] 原料粉末が純銅粉末を含まない請求項1～6の何れかに記載の焼結軸受。
- [請求項8] 軸受面に遊離黒鉛を露出させた請求項1～7の何れかに記載の焼結軸受。
- [請求項9] 請求項1～8の何れかに記載の焼結軸受と、前記焼結軸受の内周に挿入され、回転自在に支持される軸と、前記軸に固定されたポンプイ

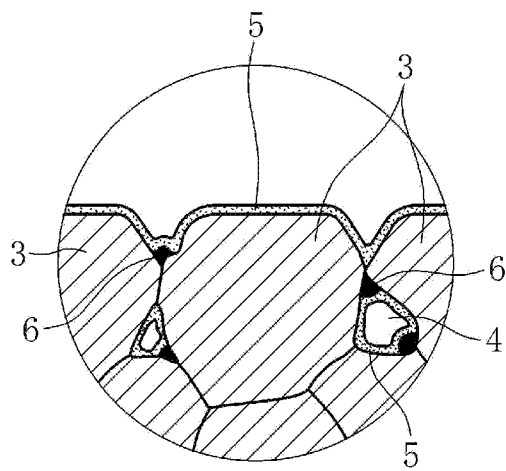
ンペラとを備えた燃料ポンプ。

[請求項10] 請求項1～8の何れかに記載の焼結軸受と、前記焼結軸受の内周に挿入され、軸方向移動自在に支持される軸を有するバルブとを備えたEGRバルブ。

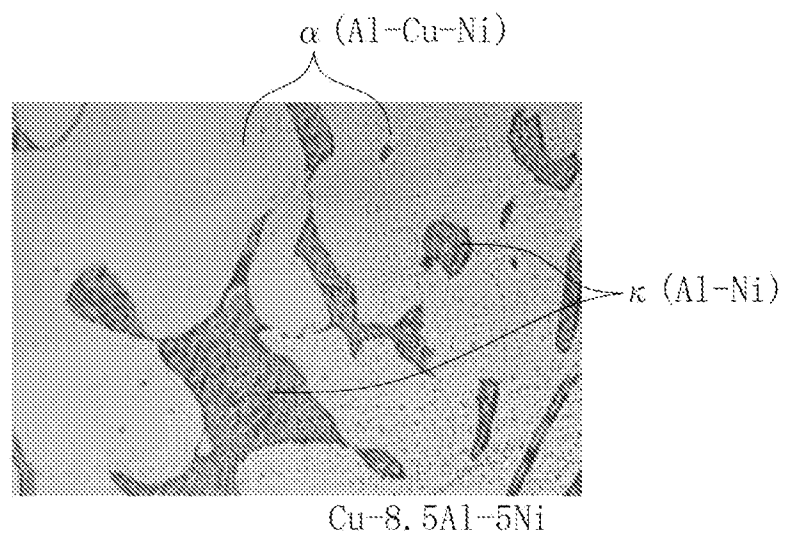
[図1]



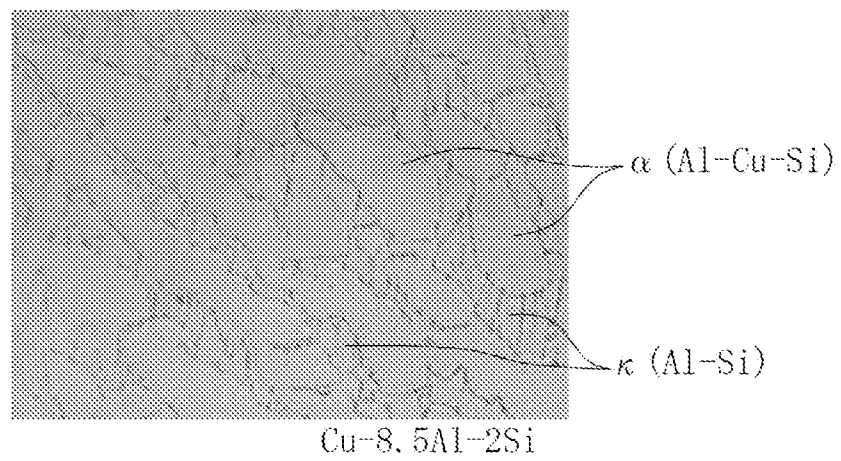
[図2]



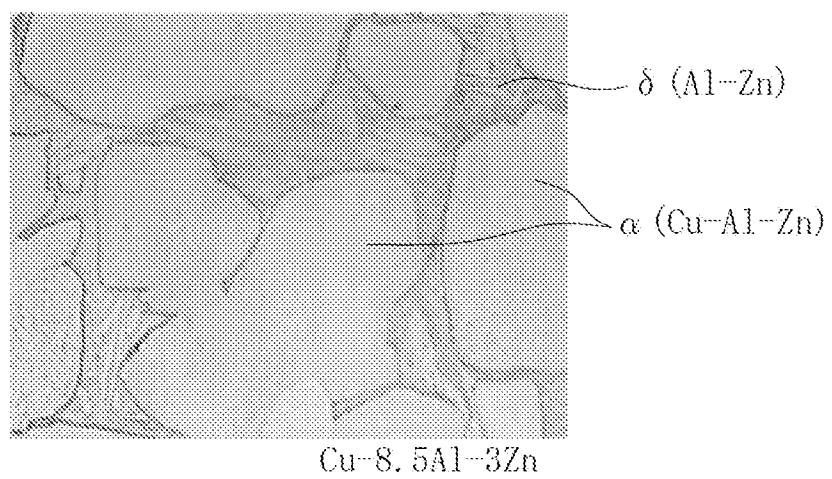
[図3]



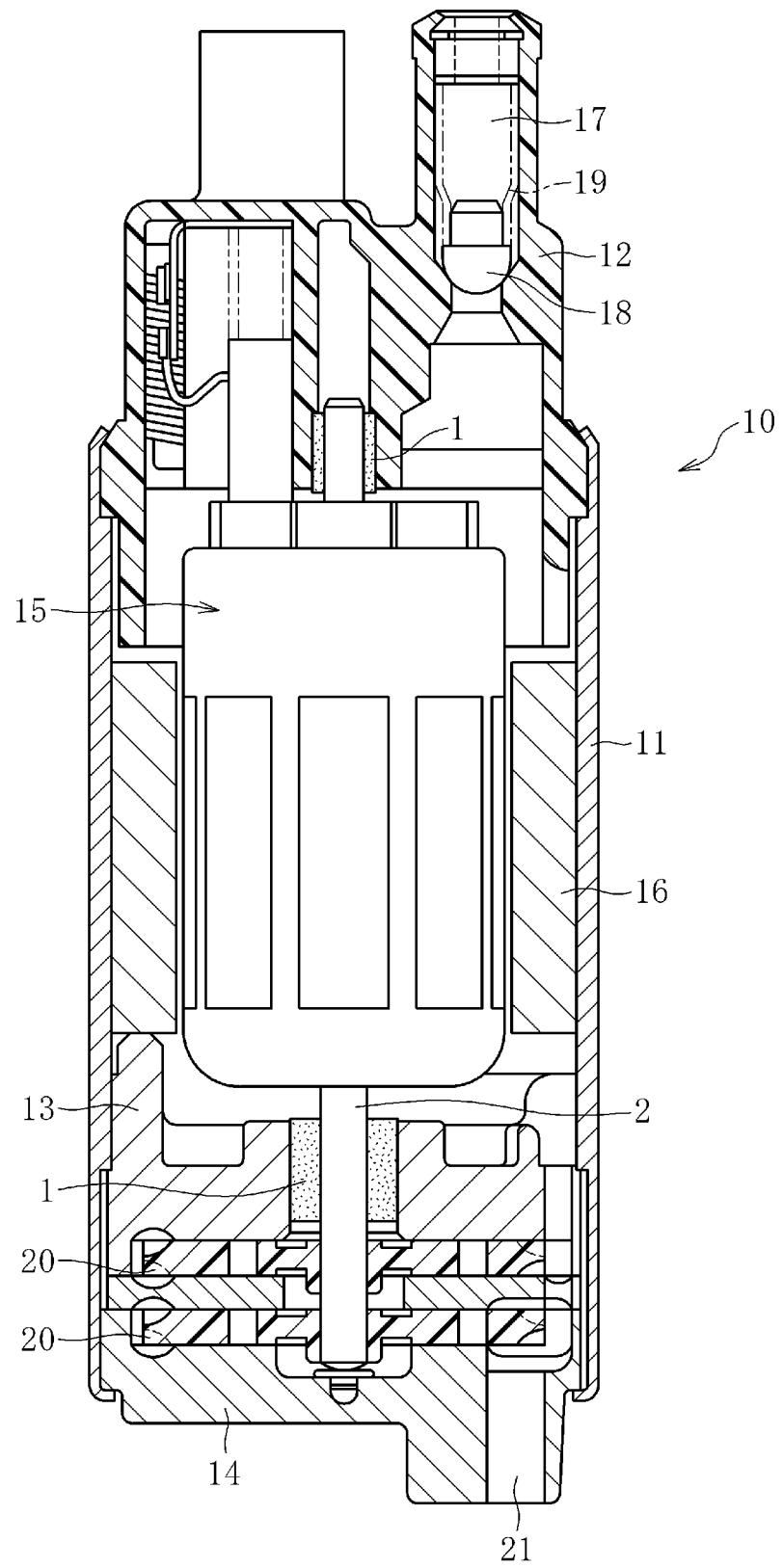
[図4]



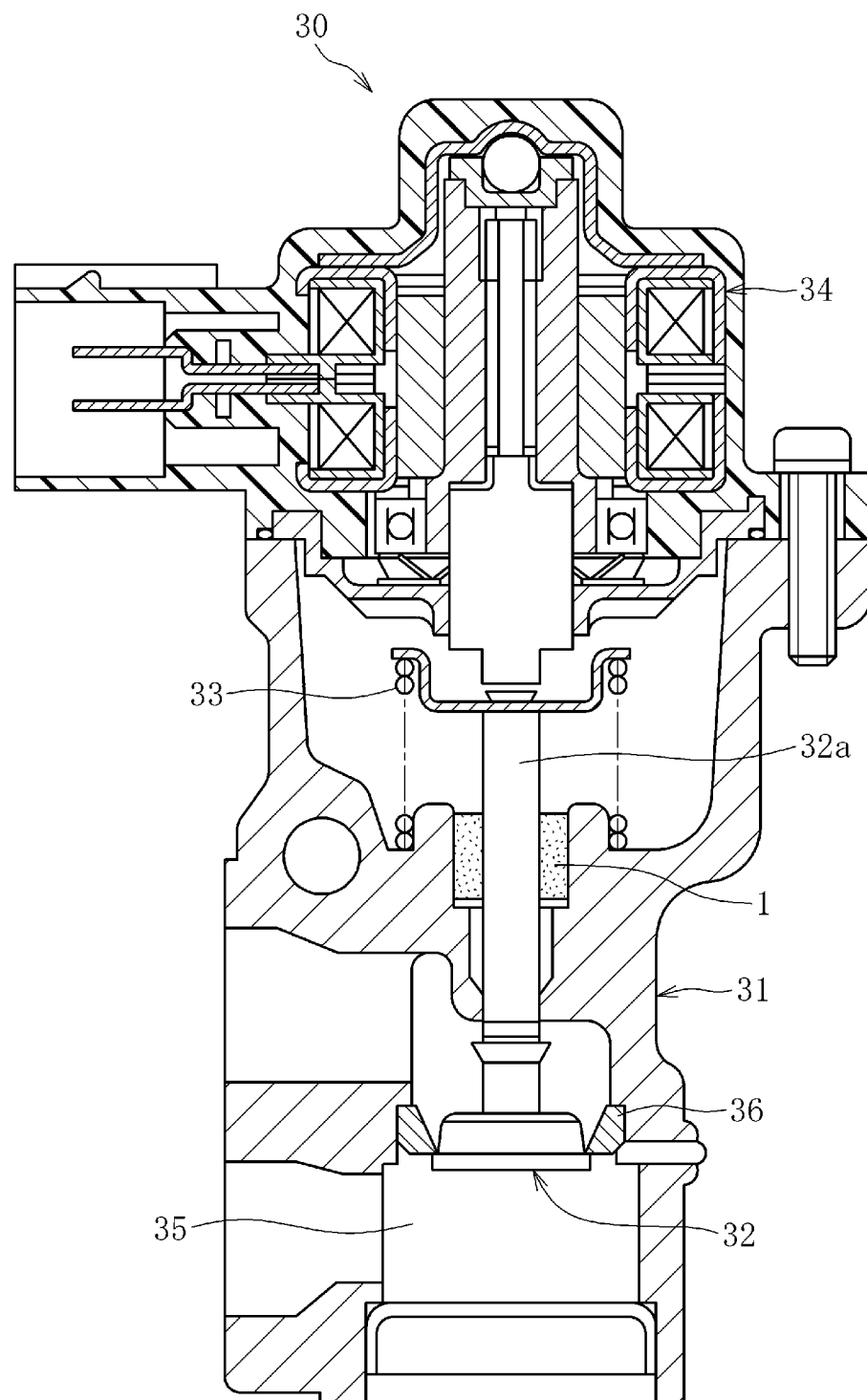
[図5]



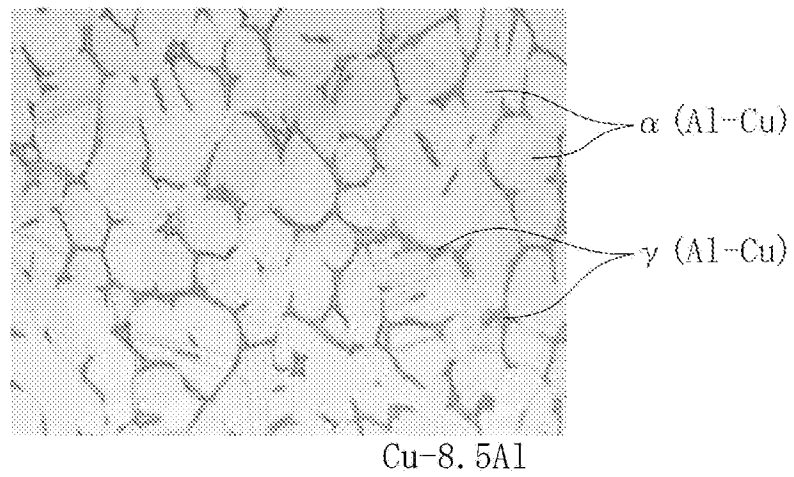
[図6]



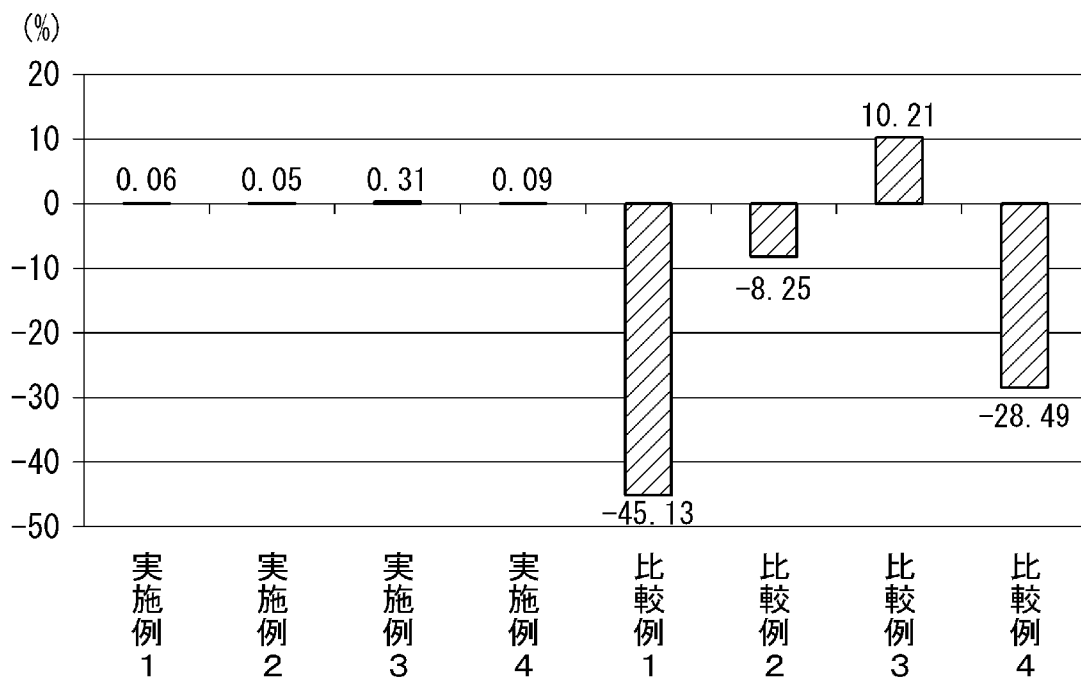
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/083685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F5/00(2006.01)i, C22C9/01(2006.01)i, F16C33/12(2006.01)i, C22C1/10(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22F5/00, C22C9/01, F16C33/12, C22C1/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2013-216972 A (NTN Corp.), 24 October 2013 (24.10.2013), claims 2 to 4, 7; paragraphs [0011] to [0019], [0039], [0056], [0083], [0096], [0100] & US 2015/0064045 A1 claims 2 to 4, 7; paragraphs [0012] to [0021], [0064], [0085], [0144], [0123], [0149] & WO 2013/137347 A1 & EP 2826876 A1 & CN 104204247 A	3-6, 8-10 1-2, 7
X A	JP 2005-48285 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 24 February 2005 (24.02.2005), claims 1, 13; paragraphs [0010] to [0012], [0017] to [0018], [0032] to [0038] (Family: none)	3, 7 1-2, 4-6, 8-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 February 2016 (24.02.16)

Date of mailing of the international search report
08 March 2016 (08.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/083685

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-23732 A (Fukuda Metal Foil & Powder Co., Ltd.), 04 February 2013 (04.02.2013), claims 1 to 3; paragraphs [0012] to [0013], [0025], [0030] & CN 102886521 A	1-10
A	JP 4-131339 A (Mitsubishi Materials Corp.), 06 May 1992 (06.05.1992), claims 2 to 3; page 2, lower right column, lines 1 to 20; page 3, lower left column, lines 11 to 14 (Family: none)	1-10
A	JP 2009-7650 A (Fukuda Metal Foil & Powder Co., Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), claim 1; paragraph [0011] (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B22F5/00(2006.01)i, C22C9/01(2006.01)i, F16C33/12(2006.01)i, C22C1/10(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B22F5/00, C22C9/01, F16C33/12, C22C1/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2013-216972 A (N T N株式会社) 2013. 10. 24, 請求項 2-4, 7, 段落 0011-0019, 0039, 0056, 0083, 0096, 0100 & US 2015/0064045 A1, 請求項 2-4, 7, 段落 0012-0021, 0064, 0085, 0144, 0123, 0149 & WO 2013/137347 A1 & EP 2826876 A1 & CN 104204247 A	3-6, 8-10 1-2, 7
X A	JP 2005-48285 A (昭和電工株式会社) 2005. 02. 24, 請求項 1, 13, 段落 0010-0012, 0017-0018, 0032-0038 (ファミリーなし)	3, 7 1-2, 4-6, 8-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 2 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 3 . 2 0 1 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 葉子

4 K

5 7 9 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-23732 A (福田金属箔粉工業株式会社) 2013.02.04, 請求項 1-3, 段落 0012-0013, 0025, 0030 & CN 102886521 A	1-10
A	JP 4-131339 A (三菱マテリアル株式会社) 1992.05.06, 請求項 2-3, 第2頁右下欄第1-20行, 第3頁左下欄第11-14行 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2009-7650 A (福田金属箔粉工業株式会社) 2009.01.15, 請求項 1, 段落 0011 (ファミリーなし)	1-10