

(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  
2019年1月3日(03.01.2019)



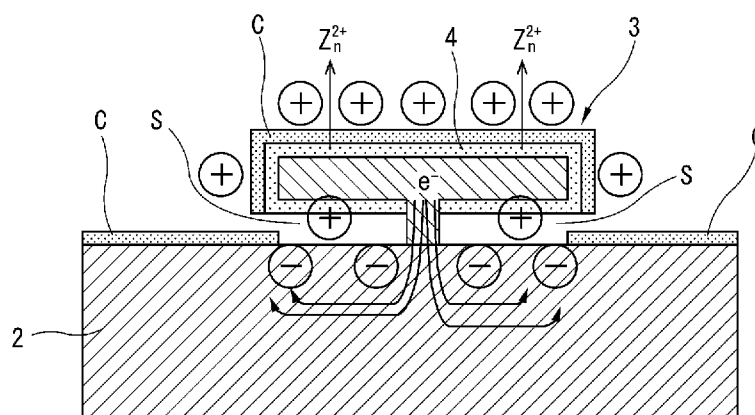
(10) 国際公開番号

WO 2019/003702 A1

- (51) 国際特許分類:  
*B60K 17/22* (2006.01) *F16F 15/12* (2006.01)  
*F16C 3/02* (2006.01) *F16F 15/32* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/019227
- (22) 国際出願日: 2018年5月18日(18.05.2018)
- (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 2017-128537 2017年6月30日(30.06.2017) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 間部 靖丈 (MABE, Yasutomo); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 中根 清和 (NAKANE, Kiyokazu); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 駒井 浩倫 (KOMAI, Hiromichi); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 朱 小金 (ZHU, Xiaojin); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 増田 肇幸 (MASUDA, Toshiyuki); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 石倉 健一郎

(54) Title: POWER TRANSMISSION SHAFT AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 動力伝達軸及びその製造方法



(57) **Abstract:** A propeller shaft (1) that is a power transmission shaft has: a shaft member (2) that comprises an iron-based metal and is formed as a cylindrical body; and a balance weight (3) that is welded to the outer circumferential surface of the shaft member (2) and comprises an iron-based metal. In addition, in the propeller shaft (1), at least a part of the balance weight (3) is coated with a sacrificial metal coat (4) that comprises a sacrificial anticorrosion material that contains a metal having a greater ionization tendency than a metal that constitutes the shaft member (2). Accordingly, it is possible to inhibit local progress of corrosion in the surrounding area of the balance weight (3) and improve durability of the propeller shaft (1).

(57) 要約: 動力伝達軸であるプロペラシャフト(1)は、鉄系金属からなる筒体としての軸部材(2)と、この軸部材(2)の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイト(3)と、を有する。そして、このプロペラシャフト(1)では、バランスウエイト(3)の少なくとも一部が、軸部材(2)を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材からなる犠牲金属被膜(4)によって被覆されている。これにより、バランスウエイト(3)の周域における腐食の局部的な進行を抑制し、プロペラシャフト(1)の耐久性を向上させることができる。



(ISHIKURA, Kenichiro); 〒2438510 神奈川県厚木市恩名四丁目7番1号 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 小林 博通, 外(KOBAYASHI, Hiromichi et al.); 〒1040044 東京都中央区明石町1番29号 掖済会ビル S H I G A 内 外国特許事務所内 Tokyo (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

## 明 細 書

**発明の名称：** 動力伝達軸及びその製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、動力伝達軸及びその製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来の動力伝達軸としての例えばプロペラシャフトは、例えば以下の特許文献1に記載されたものが知られている。

[0003] すなわち、この動力伝達軸は、鋼管の外周面に鉄系金属からなるほぼ板状のバランスウエイトを溶接することにより、回転方向の重量バランスが調整されている。そして、このバランスウエイトを溶接した後、例えば動力伝達軸の表面を塗装するなどして、当該動力伝達軸の防錆を図っている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-148957号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、前記従来の動力伝達軸では、前記塗装による防錆処理が施されていても、バランスウエイトの周域において局所的に腐食（赤さびの発生）が進行してしまっていた。これにより、前記局所的な腐食部分に動力伝達時の動的ねじり応力が集中し、動力伝達軸の長期的な耐久性が損なわれてしまうという問題があった。

[0006] そこで、本発明は、前記従来の動力伝達軸の技術的課題に鑑みて案出されたものであり、バランスウエイトの周域における腐食の局所的な進行を抑制し、動力伝達軸の耐久性を向上させることができる動力伝達軸及びその製造方法を提供することを目的としている。

#### 課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、その一態様として、バランスウエイトの少なくとも一部が、筒

体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材によって被覆されている。

[0008] また、他の態様として、バランスウエイトの少なくとも一部に、筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい犠牲金属が設けられていてもよい。

[0009] また、本発明に係る動力伝達軸は、少なくとも一部が筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材によって被覆された、重さの異なる複数のバランスウエイトを準備する工程と、動力伝達軸の回転アンバランスに応じて筒体に取り付けるバランスウエイトの取付位置及び重量を特定する工程と、特定されたバランスウエイトを筒体に溶接する工程と、バランスウエイトを含め、筒体を塗装する工程と、を備える製造方法により製造することが好ましい。

### 発明の効果

[0010] 本発明によれば、バランスウエイトの周域における腐食の局所的な進行を抑制し、動力伝達軸の耐久性を向上させることができる。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明に係る動力伝達軸が適用されるプロペラシャフトの半縦断面図である。

[図2]本発明の第1実施形態であって、1点留めタイプのバランスウエイトを示し、(a)は比較的重量の大きい板状のもの、(b)は比較的重量の小さい棒状のもの、(c)は同図(a)(b)の縦断面図である。

[図3]本発明の第1実施形態であって、2点留めタイプのバランスウエイトを示し、(a)は比較的重量の大きい板状のもの、(b)は比較的重量の小さい棒状のもの、(c)は同図(a)(b)の縦断面図である。

[図4]図3に示す2点留めタイプの変形例を示し(a)は斜視図、(b)は側面図である。

[図5]本発明の第1実施形態であって、3点留めタイプのバランスウエイトを示し、(a)は斜視図、(b)は側面図である。

[図6]図3に示すバランスウエイトに形成される犠牲金属被膜の形成態様を示

し、（a）は外側面に形成したもの、（b）は内側面に形成したもの、（c）は外側面及び内側面に形成したもの、（d）は外側面及び内側面並びに外周面に形成したものである。

[図7] バランスウエイトの成型装置の概略図である。

[図8] バランスウエイトのプロジェクション溶接装置の概略図である。

[図9] バランスウエイトの取付手順を表したフローチャートである。

[図10] 本発明の第1実施形態に係る犠牲防食のメカニズムを表したイメージ図である。

[図11] 本発明の第1実施形態の変形例であって、スポット溶接タイプのバランスウエイトを示し、（a）は斜視図、（b）は側面図である。

[図12] バランスウエイトのスポット溶接装置の概略図である。

[図13] 本発明の第2実施形態であって、リベット留めタイプのバランスウエイトを示し、（a）は斜視図、（b）は側面図である。

[図14] 図13に示すバランスウエイトの取付手順を示し、（a）はリベットを溶接する工程、（b）はウエイト本体をリベットに挿入する工程、（c）はリベットをかしめる工程を表したプロペラシャフトの横断面図である。

[図15] 本発明の第3実施形態を示すプロペラシャフトの横断面図である。

[図16] 本発明の第3実施形態の変形例を示すプロペラシャフトの横断面図であって、（a）はバランスウエイトの内側に犠牲金属を配置したもの、（b）はバランスウエイトの外側に犠牲金属を配置したものである。

[図17] 図16（a）に示すバランスウエイト及び犠牲金属の取付手順を示す図であって、（a）はリベットを溶接する工程（b）は犠牲金属を取り付ける工程、（c）はバランスウエイトを取り付ける工程、（d）はリベットをかしめる工程を表したプロペラシャフトの横断面図である。

[図18] 本発明の参考例を示すプロペラシャフトの横断面図である。

[図19] 従来のプロペラシャフトにおける腐食進行のメカニズムを表したイメージ図である。

[図20] 図19に示すA部の拡大図である。

[図21]鉄のpH－電位図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下に、本発明に係る動力伝達軸及びその製造方法の実施形態につき、図面に基づいて詳述する。なお、下記の実施形態では、本発明に係る動力伝達軸を、従来と同様に、自動車用のプロペラシャフトについて適用したものを例示して説明する。

[0013] (プロペラシャフトの構成)

図1は、プロペラシャフト1の全体の形態を表したプロペラシャフト1の半縦断面図を示している。また、本図の説明では、便宜上、図中の左側を「前」、右側を「後」として説明すると共に、プロペラシャフト1の回転軸線Zに沿う方向を「軸方向」、回転軸線Z周りの方向を「周方向」として説明する。

[0014] 図1に示すように、このプロペラシャフト1は、図示外の駆動源の駆動力を伝達する軸部材2を有する。軸部材2の前後端部には、ジョイントJ1、J2が設けられている。

[0015] このように、プロペラシャフト1は、前端側が図示外の変速装置に係り、後端側が図示外の差動装置に係ることによって、図示外の変速装置側から入力された動力を図示外の差動装置側へ伝達する。

[0016] また、軸部材2の外周面には、それぞれ鉄系金属の板材からなりプロペラシャフト1の回転アンバランスを補正する錘であるバランスウエイト3が取り付けられている。具体的には、バランスウエイト3は、軸部材2の回転アンバランスが生じた部位の回転軸線Zを挟んで反対側に、当該回転アンバランスを打ち消すのに必要十分な重量が設けられる。これにより、前記回転アンバランスが打ち消され、当該回転アンバランスによるプロペラシャフト1の振動や共振が抑制される。

[0017] [第1実施形態]

図2～図10は、本発明に係る動力伝達軸及びその製造方法の第1実施形態を示している。なお、本実施形態は、バランスウエイト3を、軸部材2に

プロジェクション溶接によって取り付けたものである。

[0018] (バランスウエイトの構成)

図2～図5は、プロジェクション溶接するバランスウエイト3の形態のバリエーションを示している。図2は、1点を溶接する1点留めタイプを示し、(a)は比較的重量の大きい板状のもの、(b)は比較的重量の小さい棒状のもの、(c)は同図(a)(b)の縦断面図を示している。図3は、2点を溶接する2点留めタイプを示し、(a)は比較的重量の大きい板状のもの、(b)は比較的重量の小さい棒状のもの、(c)は同図(a)(b)の縦断面図を示している。図4は、図3に示す2点留めタイプの変形例を示し(a)は斜視図、(b)は側面図を示す。図5は、3点を溶接する3点留めタイプを示し、(a)は斜視図、(b)は側面図を示す。

[0019] 図2(a)(c)、図3(a)(c)、図4、図5に示すように、バランスウエイト3は、ほぼ均一の厚さ(板厚)を有し、かつ軸部材2の周方向に長い平面視長方形となるほぼ矩形の板材であって、軸部材2の外周面の曲率に対応する曲率をもって、周方向に湾曲して形成されている。なお、バランスウエイト3の他の形態として、比較的重量の小さいものについては、例えば図2(b)、図3(b)に示すように、ほぼ均一の厚さを有し、かつ軸部材2の周方向に沿って湾曲して延びる細長い棒状に形成してもよい。

[0020] また、図2～図5に示すように、バランスウエイト3の内側面には、溶接の点数に応じた、外側から内側へ突出する溶接用突起としての突起部3aが形成されている。この突起部3aは、板材の一部を外側から内側へ押し出すことにより、当該板材と一体に形成される。そして、バランスウエイト3は、突起部3aを介して、軸部材2にプロジェクション溶接される。

[0021] 突起部3aの形態としては、図2(c)、図3(c)、図5(c)に示すように、断面ほぼ円弧状となるほぼ球面状のもののほか、図4(a)に示すような尖形状、すなわち断面ほぼ三角形状となるほぼ円錐状に形成してもよい。特に、図4(a)のような尖形状に形成した場合には、溶接時(加圧時)において、先端に形成されている後述する犠牲金属被膜4(図6参照)が

剥がれやすく、より良好な通電に基づく強固な接合が図れるメリットがある。

[0022] 図6は、図3に示すバランスウエイト3に形成される犠牲金属被膜4の形成態様のバリエーションを示し、(a)は外側面に形成したもの、(b)は内側面に形成したもの、(c)は外側面及び内側面に形成したもの、(d)は外側面及び内側面並びに外周面に形成したものを示している。

[0023] 図6に示すように、バランスウエイト3の少なくとも一部は、軸部材2を構成する金属（本実施形態では「鉄系金属」）よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲金属材からなる犠牲金属被膜4によって被覆されている。ここで、前記犠牲金属材としては、例えば亜鉛、マグネシウム、アルミニウム又はこれらの金属を含む合金が該当し、本実施形態では「亜鉛」を採用している。

[0024] 犠牲金属被膜4は、バランスウエイト3の一部分、例えば図6(a)に示すような外側面3bのみ、図6(b)に示すような内側面3cのみ、図6(c)に示すような外側面3b及び内側面3cの両面のみに形成することができる。また、犠牲金属被膜4は、図6(d)に示すようなバランスウエイト3の全体、すなわち外側面3b及び内側面3c並びに外側面3dの全ての面に形成してもよい。いずれの態様によっても後述する犠牲防食効果が得られるが、とりわけ犠牲金属被膜4の表面積が大きいほど、後述する犠牲防食効果をより長く持続させることができる。

[0025] そして、犠牲金属被膜4は、例えばバランスウエイト3の溶接前や溶接後に、バランスウエイト3の一部に電気めっき又はスプレー等によって形成することができる。また、犠牲金属被膜4は、後述するようにめっき鋼板をプレス成型するなど、予め犠牲金属被膜4が施された鋼板からバランスウエイト3を成型することで、バランスウエイト3に形成してもよい。かかる犠牲金属被膜4の態様のうち、バランスウエイト3は、後述するようなめっき鋼板をプレス成型した後、外周面（裁断面）に犠牲金属被膜4を追加し、バランスウエイト3の全体が当該犠牲金属被膜4により被覆されることが望まし

い。

[0026] (プロペラシャフトの製造方法)

以下、本発明に係る動力伝達軸の製造方法であって、とりわけバランスウエイト3の取付方法について、図7～図9に基づいて説明する。図7はバランスウエイト3の成型装置の概略図を示し、図8はバランスウエイト3のプロジェクション溶接装置の概略図を示している。さらに、図9は、バランスウエイト3の取付手順を表したフローチャートを示している。

[0027] まず、最初に、少なくとも一部が軸部材2を構成する金属（鉄系金属）よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材（本実施形態では「亜鉛」）からなる犠牲金属被膜4によって被覆された、重さの異なる複数のバランスウエイト3が準備される。

[0028] すなわち、図7に示すように、外側面3b及び内側面3cの両面に予め犠牲金属被膜4が形成されコイル状に巻かれた帯状材料である周知のめっき鋼板CPがプレス成型されることで、前記犠牲金属被膜4の形成されたバランスウエイト3が作製される。具体的には、前記コイル状に重ねて巻かれためっき鋼板CPの先端部が引き込まれ、上型D1と下型D2とで挟み込まれ、上型D1に設けられた図示外のパンチで打ち抜かれることによって、バランスウエイト3が成型される。なお、図2～図5に示す各突起部3aについても、当該成型時に形成される。以上が、本発明に係る「バランスウエイトを準備する工程」に相当する。

[0029] 続いて、図9に示すフローチャートに沿って、プロペラシャフト1にバランスウエイト3が取り付けられる。すなわち、プロペラシャフト1が組み立てられた後（ステップS1）、このプロペラシャフト1がバランス修正機（図示外）に取り付けられて回転することにより、当該プロペラシャフト1の回転バランスが測定される（ステップS2）。そして、前記図示外のバランス修正機によって、プロペラシャフト1の回転アンバランス量と当該アンバランスの位相が演算され、出力される（ステップS3）。以上が、本発明に係る「バランスウエイトの取付位置及び重量を特定する工程」に相当する。

[0030] 次に、バランスウエイト3がこのバランス修正機による測定結果に基づき、プロペラシャフト1の軸部材2に、回転アンバランス量に応じたバランスウエイト3が取り付けられる（ステップS4）。

[0031] 具体的には、図8に示すようなプロジェクション溶接機60において、前記測定結果を基にバランスウエイト3の取付位置が下側電極62と対向するように、軸部材2が固定電極である上側電極61の下側凹部61aに支持される。一方、可動電極である下側電極62には、前記測定結果を基に選択された重量のバランスウエイト3が載置される。その後、下側電極62が上昇して、バランスウエイト3の内周側（突起部3a）が軸部材2の外周面に押しつけられた状態で通電されることにより、突起部3aが溶融して、バランスウエイト3が軸部材2の外周面に溶接される。以上が、本発明に係る「バランスウエイトを筒体に溶接する工程」に相当する。

[0032] なお、図8において、符号63は下側電極62を昇降させるシリンダを示し、符号64は上側電極61に印加される電流を検出する検出コイルを示し、符号65は下側電極62の変位量を測定する変位センサを示す。また、符号66は、検出コイル64の検出結果に基づき電源68を管理する管理装置を示し、符号67は、変位センサ65の判定結果に基づき溶接の良否判定を行う判定装置を示す。

[0033] 続いて、バランスウエイト3を溶接した後、前記図示外のバランス修正機により、プロペラシャフト1の回転バランスが、再度測定される（ステップS5）。そして、この測定した回転バランスが規定のアンバランス値以下に補正されているか否かが判断される（ステップS6）。ここで、Yesと判断された場合は、回転アンバランスの補正が完了する一方（ステップS7）、Noと判断された場合には、ステップS4に戻り、回転バランスが不足している分のバランスウエイト3を追加する。

[0034] 最後に、バランスウエイト3を含め、当該バランスウエイト3が溶接された軸部材2の表面が、例えば図示外のスプレーガン等を用いて塗装されることによって、プロペラシャフト1が完成する。以上が、本発明に係る「筒体

を塗装する工程」に相当する。

[0035] (本実施形態の作用効果)

図19は、従来のプロペラシャフトにおける腐食進行のメカニズムを表したイメージ図を示し、図20は、図19中のA部の拡大図を示している。

[0036] 特に図19に示すように、従来のプロペラシャフトでは、塗装により防錆が図られていたものの、バランスウエイト30の周域において局所的に腐食（赤さびの発生）が進行する問題が生じた。そして、この腐食は、塗膜Cが形成されないバランスウエイト30の内側面30cと鋼管10の表面との隙間Sではなく、バランスウエイト30の周域において局所的に進行するものであった。

[0037] すなわち、図20に示すように、バランスウエイト30の周域の鋼管10の外周面には塗装による塗膜Cが形成されるが、塗膜Cは少なからず水（ $H_2O$ ）を透過し、かつ塗膜Cと鋼管10の界面Bは、バランスウエイト30の内側面と鋼管10の外周面との隙間Sよりも酸素濃度が低い。このため、塗膜Cと鋼管10の界面Bに塗膜Cを透過した水（ $H_2O$ ）が溜まり、これによって、界面Bと隙間Sとの間に、界面B側が陽極となり隙間S側が陰極となる、いわゆる「濃淡電池（通気差電池）」が形成される。

[0038] 具体的には、界面B側において、塗膜Cを透過して鋼管10表面に吸着した水（ $H_2O$ ）により鉄イオン（ $Fe^{2+}$ ）が溶出し、電子（ $e^-$ ）を放出することで、界面B側が陽極化する（ $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ ）。そして、この溶出した鉄イオン（ $Fe^{2+}$ ）が水（ $H_2O$ ）中の酸素（ $O_2$ ）により酸化されることで、水酸化鉄（ $Fe(OH)_2$ ）が生成される（ $2Fe + O_2 + 2H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_2$ ）。さらに、この水酸化鉄（ $Fe(OH)_2$ ）の酸化が進行し、界面B側には、オキシ水酸化鉄（ $FeOOH$ ）が生成される（ $2Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2FeOOH$ ）。そして、このオキシ水酸化鉄（ $FeOOH$ ）が脱水することで、酸化鉄である赤錆び（ $Fe_2O_3$ ）が析出する（ $2FeOOH \rightarrow Fe_2O_3 + 2H_2O$ ）。

[0039] 一方、界面Bとは反対の隙間S側では、界面B側において生成されたオキ

シ水酸化鉄 ( $\text{FeOOH}$ ) が隙間S側へと流れ込み、前記鉄イオン ( $\text{Fe}^{2+}$ ) の溶出により放出された電子 ( $e^-$ ) と結合して陰極化し、黒錆び ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) が生成される ( $\text{FeOOH} + 2e^- \rightarrow 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-$ )。図21に示すpH-電位図より、黒錆び ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) によってpHが高くなり、防食効果を発揮する。そして、隙間Sの腐食が進行し、隙間Sが黒錆び ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) で覆われることにより、腐食部位が界面B側に固定される。その結果、界面B側の赤錆び ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が局部的に進行し、腐食が深くなる。

[0040] このように、従来のプロペラシャフトでは、前記赤錆び  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  による腐食が局部的に進行することによって、当該腐食部分に動力伝達時のねじり応力が集中してしまい、プロペラシャフトの耐久性が損なわれてしまっていた。

[0041] 図10は、本実施形態に係るプロペラシャフト1における腐食進行のメカニズムを表したイメージ図を示している。

[0042] 図10に示すように、本実施形態に係るプロペラシャフト1は、バランスウエイト3の表面全体が、軸部材2を構成する金属（鉄系金属）よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲金属材（本実施形態では「亜鉛」）からなる犠牲金属被膜4によって被覆されている。

[0043] これにより、塗膜Cを通過した水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) がバランスウエイト3の表面に吸着した水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) により、軸部材2を構成する鉄系金属よりも先に、該鉄系金属よりもイオン化傾向の大きい犠牲金属被膜4を構成する亜鉛イオン ( $\text{Zn}^{2+}$ ) が溶出すると共に、電子 ( $e^-$ ) が放出される ( $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$ )。すると、亜鉛から放出された電子 ( $e^-$ ) が、バランスウエイト3側から軸部材2側へ流れ込む結果、バランスウエイト3側が陽極となり、軸部材2側が陰極となる。すなわち、バランスウエイト3側から軸部材2側へと流れる電流が発生する。これにより、バランスウエイト3の周域の軸部材2側では、鉄系金属のイオン化が促進されず、赤錆び ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が発生し難くなる。

[0044] 一方、バランスウエイト3側においては、溶出した亜鉛イオン ( $\text{Zn}^{2+}$ ) が水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 中の酸素 ( $\text{O}_2$ ) により酸化されることで、当該亜鉛からなる犠牲金属被膜4に、白錆び ( $\text{ZnO} + \text{Zn}(\text{OH})_2$ ) が生成される ( $2\text{Zn} + \text{O}_2 +$

$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnO} + \text{Zn}(\text{OH})_2$ 。すると、この白錆び ( $\text{ZnO} + \text{Zn}(\text{OH})_2$ ) は、緻密な薄膜のため、保護被膜となり、バランスウエイト 3 側の犠牲金属被膜 4 の腐食の進行が抑制される。

[0045] このように、本実施形態に係るプロペラシャフト 1 では、上述したような軸部材 2 を構成する鉄系金属 ( $\text{Fe}$ ) よりも先に犠牲金属被膜 4 を構成する亜鉛 ( $\text{Zn}$ ) が溶出してバランスウエイト 3 側から軸部材 2 側へ電流が発生することにに基づく犠牲防食効果を発揮する。これにより、バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 の局所的な腐食 (赤錆び ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )) の進行を抑制することが可能となり、プロペラシャフト 1 の耐久性の向上を図ることができる。

[0046] 以上のように、本実施形態に係るプロペラシャフト 1 では、以下の構成に基づく特異な効果が奏せられることによって、前記従来のプロペラシャフトの課題を解決することができる。

[0047] 前記プロペラシャフト 1 は、鉄系金属からなる筒体である軸部材 2 と、軸部材 2 の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイト 3 と、を有する動力伝達軸であって、バランスウエイト 3 の少なくとも一部が、軸部材 2 を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材 (本実施形態では「亜鉛」) からなる犠牲金属被膜 4 によって被覆されている。

[0048] このように、本実施形態では、バランスウエイト 3 の表面の少なくとも一部が、軸部材 2 を構成する鉄系金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材からなる犠牲金属被膜 4 により被覆されている。このため、軸部材 2 よりも先にバランスウエイト 3 の犠牲金属被膜 4 が腐食し、バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 側が陰極化する。これにより、当該バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 の局所的な腐食を抑制することができる。その結果、前記腐食の局所的な進行による軸部材 2 の薄肉化が軽減され、動力伝達時の動的ねじり応力の集中が抑制されることになり、プロペラシャフト 1 の長期の耐久性 (特に耐ねじり疲労特性) を向上させることが

できる。

[0049] また、本実施形態では、バランスウエイト3は、板材によって形成され、犠牲防食材（犠牲金属被膜4）は、バランスウエイト3の表面を被覆している。

[0050] このように、バランスウエイト3の表面が被覆されていることで、鉄系金属よりも先に犠牲防食材である亜鉛が溶出しやすく、前記犠牲防食効果によってプロペラシャフト1の耐久性を効果的に向上させることができる。

[0051] また、本実施形態では、犠牲防食材（犠牲金属被膜4）は、少なくともバランスウエイト3のうち、筒体である軸部材2側の側面、又は当該軸部材2とは反対側の側面を被覆している。

[0052] このように、犠牲防食材によりバランスウエイト3の比較的表面積の大きい範囲が被覆されることで、前記犠牲防食効果をより長く持続させることが可能となり、プロペラシャフト1の耐久性を長期的に向上させることができる。

[0053] また、前記犠牲防食材は、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、又はこれらの金属を含む合金からなることが望ましく、本実施形態に係る犠牲防食材は、「亜鉛」により構成される。

[0054] 上述のように、鉄よりも比較的大きなイオン化傾向を有する金属である亜鉛やマグネシウム、アルミニウム、又はこれらを含む合金により犠牲防食材を構成することで、比較的大きな前記犠牲防食効果を得ることができる。また、これらの金属は、取り扱いが容易であるというメリットもある。

[0055] また、本実施形態では、鉄系金属からなる筒体である軸部材2と、鉄系金属からなり軸部材2の外周面に取り付けられるバランスウエイト3と、を有する動力伝達軸の製造方法であって、少なくとも一部が軸部材2を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含む犠牲防食材（犠牲金属被膜4）によって被覆された、重さの異なる複数の前記バランスウエイトを準備する工程と、動力伝達軸であるプロペラシャフト1の回転アンバランスに応じて軸部材2に取り付けるバランスウエイト3の取付位置及び重量を特定す

る工程と、前記特定されたバランスウエイト 3 を軸部材 2 に溶接する工程と、バランスウエイト 3 を含め、軸部材 2 を塗装する工程と、を備える。

[0056] このように、本実施形態では、バランスウエイト 3 の表面の少なくとも一部が、軸部材 2 を構成する鉄系金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材からなる犠牲金属被膜 4 により被覆されている。このため、軸部材 2 よりも先にバランスウエイト 3 の犠牲金属被膜 4 が腐食し、バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 側が陰極化する。これにより、当該バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 の局所的な腐食を抑制することができる。その結果、前記腐食の局所的な進行による軸部材 2 の薄肉化が軽減され、動力伝達時の動的ねじり応力の集中が抑制されることになり、プロペラシャフト 1 の長期の耐久性（特に耐ねじり疲労特性）を向上させることができる。

[0057] また、本実施形態では、バランスウエイト 3 は、板材によって形成され、犠牲防食材は、バランスウエイト 3 の軸部材 2 との溶接面を被覆している。

[0058] このように、水が溜まりやすい隙間 S に臨むバランスウエイト 3 の溶接面が被覆されていることから、当該隙間 S 内に溜まった水により犠牲防食材が溶出しやすく、より高い前記犠牲防食効果を得ることができる。

[0059] また、本実施形態では、バランスウエイト 3 は、軸部材 2 の外周面の曲率に対応する曲率をもって湾曲形成されると共に、軸部材 2 との接触面に溶接用突起である突起部 3 a が形成されている。

[0060] かかる構成とすることで、バランスウエイト 3 を容易かつ強固に取り付けることができる。しかも、溶接面を犠牲防食材で被覆する場合には、当該溶接面に突起部 3 a を設けることで、溶接点となる突起部 3 a と軸部材 2 とが点接触となり、溶接時（通電時）における犠牲防食材の影響を低減することができる。

[0061] また、本実施形態では、バランスウエイト 3 は、犠牲防食材（犠牲金属被膜 4）をめっきした帯状部材をプレスで打ち抜くことによって形成される。

[0062] このように、バランスウエイト 3 を、予め犠牲金属被膜 4 が形成されたい

わゆるめっき鋼板をプレスで打ち抜いて成型することで、生産性が向上し、プロペラシャフト 1 の製造コストを低減することができる。

[0063] なお、本実施形態では、バランスウエイト 3 に対して犠牲防食材を被覆する一態様として、上記めっき鋼板をプレス成型する方法を例示して説明したが、犠牲金属被膜 4 の形成態様は当該態様に限定されるものではない。

[0064] バランスウエイト 3 に対して犠牲防食材を被覆する他の態様として、例えばコイル状に巻かれた帯状材料である鋼板をプレス成型した後に犠牲防食材を被覆することも可能である。

[0065] すなわち、バランスウエイト 3 は、帯状部材をプレスによって打ち抜いた後、犠牲防食材が被覆されてもよい。

[0066] かかる方法の場合、犠牲防食材（犠牲金属被膜 4）の膜厚を自由に設定することが可能であるため、より高い前記犠牲防食効果を得ることができる。また、取り扱いが容易というメリットもある。

[0067] また、本実施形態では、バランスウエイト 3 の全体に、犠牲防食材（犠牲金属被膜 4）が被覆されている。

[0068] このように、バランスウエイト 3 の全体が犠牲金属被膜 4 により被覆されていることで、より高い前記犠牲防食効果が得られ、また、当該犠牲防食効果をより長く維持することができる。

[0069] （変形例）

前記第 1 実施形態では、バランスウエイト 3 を溶接する具体的な方法として周知のプロジェクション溶接を採用したものを例示して説明したが、当該溶接手段としては、プロジェクション溶接に限定されるものではない。換言すれば、本発明の作用効果を担保し得る、あらゆる溶接手段を採用でき、その他の一例として、以下に、バランスウエイト 3 1 を、スポット溶接をもって軸部材 2 に取り付ける態様を示す。

[0070] 図 1 1、図 1 2 は、本発明の第 1 実施形態の変形例を示す。当該変形例は、軸部材 2 に対してバランスウエイト 3 1 をスポット溶接により取り付けたものであって、他の構成については前記第 1 実施形態と同様である。よって

、前記第 1 実施形態と同じ構成については、第 1 実施形態と同一の符号を付すことで、具体的な説明を省略する。

[0071] (バランスウエイトの構成)

図 1 1 は、スポット溶接するバランスウエイト 3 1 の形態を表した図であり、(a) は斜視図、(b) は側面図を示している。

[0072] 図 1 1 に示すように、バランスウエイト 3 1 は、ほぼ均一の厚さ (板厚) を有し、かつ軸部材 2 の周方向に長い平面視長方形となるほぼ矩形の板材である。さらに、バランスウエイト 3 1 は、軸部材 2 の外周面の曲率に対応する曲率をもって、周方向に湾曲して形成されている。換言すれば、本変形例に係るバランスウエイト 3 1 は、前記第 1 実施形態に係るバランスウエイト 3 から突起部 3 a を削除したものである。

[0073] (プロペラシャフトの製造方法)

図 1 2 は、バランスウエイト 3 1 の溶接に供するスポット溶接装置の概略図を示している。

[0074] 本変形例においても、前記第 1 実施形態と同様、図 9 に示すフローチャートに沿って、バランスウエイト 3 1 が、軸部材 2 の外周面に取り付けられる。

[0075] 特に、バランスウエイト 3 1 の溶接工程では、図 1 2 に示すようなスポット溶接機において、図 9 のステップ S 3 の測定結果を基に、バランスウエイト 3 1 の取付位置が上側電極 E 1 と対向するように、軸部材 2 が、固定電極である下側電極 E 2 の上側凹部 E 2 a に載置される。そして、この下側電極 E 2 に支持された軸部材 2 の上部であって、前記測定結果に基づく所定の取付位置に、バランスウエイト 3 1 が載置される。その後、上側電極 E 1 が下降して、バランスウエイト 3 1 の内側面 3 1 c が軸部材 2 の外周面に押しつけられた状態で電源 P から印加された電流が通電されることによって、バランスウエイト 3 1 が軸部材 2 の外周面に溶接される。

[0076] (本変形例の作用効果)

以上のような変形例であっても、前記第 1 実施形態とほぼ同様の作用効果

が奏せられる。また、とりわけ、前記スポット溶接を採択することで、バランスウエイト３１をより簡易に取り付けることが可能となって、プロペラシャフト１の製造コストをより低減することができる。

[0077]     〔第２実施形態〕

図１３、図１４は、本発明に係る動力伝達軸及びその製造方法の第２実施形態を示している。なお、本実施形態では、軸部材２に対してバランスウエイト３２をリベット留めしたものであり、他の構成については前記第１実施形態と同様である。よって、前記第１実施形態と同じ構成については、同一の符号を付すことで、その説明を省略する。

[0078]     （バランスウエイトの構成）

図１３は、バランスウエイト３２の形態を表した図であり、（ａ）は斜視図、（ｂ）は側面図を示している。

[0079]     図１３に示すように、バランスウエイト３２は、鉄系材料からなる錘としてのウエイト本体３３と、該ウエイト本体３３を軸部材２に取り付ける取付部材としてのリベット３４と、を有する。

[0080]     ウエイト本体３３は、ほぼ均一の厚さ（板厚）を有し、かつ軸部材２の周方向に長い平面視長方形となるほぼ矩形の板材であって、軸部材２の外周面の曲率に対応する曲率をもって周方向に湾曲して形成されている。また、ウエイト本体３３の平面視のほぼ中央位置には、リベット３４（後述するリベット本体３４ａ）が貫通する貫通孔３３ａが形成されている。

[0081]     リベット３４は、ほぼ円柱状を呈し、ウエイト本体３３の貫通孔３３ａを貫通するリベット本体３４ａと、該リベット本体３４ａの一端部に拡径状に形成され、軸部材２の外周面に溶接されるフランジ部３４ｂと、を有する。すなわち、リベット３４は、フランジ部３４ｂを介して軸部材２の外周面に溶接され、リベット本体３４ａをかしめることで、バランスウエイト３２が軸部材２に固定される。

[0082]     （プロペラシャフトの製造方法）

図１４は、プロペラシャフト１の製造方法のうち、とりわけバランスウエ

イト 3 2 の取付方法を表した、プロペラシャフト 1（軸部材 2）の横断面図を示している。なお、図 1 4（a）は、リベット 3 4 を溶接する工程、図 1 4（b）は、ウエイト本体 3 3 をリベット 3 4 に挿入する工程、図 1 4（c）は、リベット 3 4 をかしめる工程を示している。

[0083] 本実施形態でも、前記第 1 実施形態と同様に、図 9 に示すフローチャートに沿って、バランスウエイト 3 2 が、軸部材 2 の外周面に取り付けられる。

[0084] 特に、バランスウエイト 3 2 の溶接工程では、図 1 4（a）に示すように、軸部材 2 の外周面のうち、図 9 のステップ S 3 において測定された測定結果を基に特定された取付位置に、リベット 3 4 が、フランジ部 3 4 b を介して溶接される。続いて、図 1 4（b）に示すように、この軸部材 2 の外周に溶接されたリベット 3 4 のリベット本体 3 4 a に対して、該リベット本体 3 4 a の他端側から、前記測定結果を基に特定された重量のウエイト本体 3 3 が挿入される。その後、図 1 4（c）に示すように、ウエイト本体 3 3 の貫通孔 3 3 a を貫通するリベット本体 3 4 a の他端部が潰されて（カシメ加工されて）、カシメ部 3 4 c が形成される。これにより、ウエイト本体 3 3 が、カシメ部 3 4 c とフランジ部 3 4 b により挟み込まれ、リベット 3 4 を介して軸部材 2 に固定される。

[0085] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るプロペラシャフト 1 では、バランスウエイト 3 2 は、鉄系金属からなるリベット 3 4 と、鉄系金属からなりリベット 3 4 が挿入される貫通孔 3 3 a が形成された錘であるウエイト本体 3 3 と、を有し、リベット 3 4 とウエイト本体 3 3 の少なくともどちらか一方が、犠牲防食材により被覆されている。

[0086] より具体的には、バランスウエイト 3 2 は、鉄系金属からなるリベット 3 4 と、鉄系金属からなりリベット 3 4 が挿入される貫通孔が形成された錘であるウエイト本体 3 3 と、を有し、リベット 3 4 とウエイト本体 3 3 の少なくともどちらか一方が、犠牲防食材により被覆され、リベット 3 4 が溶接されることにより、ウエイト本体 3 3 が筒体である軸部材 2 に固定されている

。

[0087] 上述のように、軸部材 2 にリベット 3 4 を介して固定されたバランスウエイト 3 2 によっても、前記第 1 実施形態と同様の犠牲防食効果が得られ、プロペラシャフト 1 の耐久性を向上させることができる。

[0088] しかも、本実施形態の場合、バランスウエイト 3 2 を軸部材 2 に直接溶接せず、リベット 3 4 を介して溶接することから、バランスウエイト 3 2 に対する熱ひずみなどの熱的影響を抑制することができる。

[0089] さらに、リベット 3 4 は、バランスウエイト 3 2 に比べて比較的薄肉のフランジ部 3 4 b を介して軸部材 2 に溶接されることから、軸部材 2 に容易に固定することができる。一方で、バランスウエイト 3 2 については、リベット 3 4 をかしめることによって固定されるため、バランスウエイト 3 2 を軸部材 2 に直接溶接する場合に比べて、当該バランスウエイト 3 2 を容易かつ強固に固定することができる。

[0090] また、リベット 3 4 を用いてウエイト本体 3 3 を取り付ける本実施形態では、ウエイト本体 3 3 及びリベット 3 4 の少なくともどちらか一方が、犠牲防食材により被覆されていればよい。換言すれば、リベット 3 4 を犠牲防食材で被覆することによっても、前記犠牲防食効果により、バランスウエイト 3 2 の周域における軸部材 2 の局所的な腐食の進行を抑制することができる。

。

[0091] [第 3 実施形態]

図 1 5 は、本発明に係る動力伝達軸及びその製造方法の第 3 実施形態を示している。なお、本実施形態では、バランスウエイト 3 の一部に対して後述の犠牲金属 5 が直接設けられたもので、他の構成については前記第 1 実施形態と同様である。よって、前記第 1 実施形態と同じ構成については、同一の符号を付すことで、その説明を省略する。

[0092] (バランスウエイトの構成)

図 1 5 は、バランスウエイト 3 及び犠牲金属 5 の取付態様を表したプロペラシャフト 1 の横断面図を示している。

[0093] 図15に示すように、本実施形態では、軸部材2を構成する金属（鉄系金属）よりもイオン化傾向の大きい犠牲金属5が、バランスウエイト3の表面である内側面3cの一部に接触させるように設けられている。

[0094] バランスウエイト3は、長手方向（軸部材2の周方向）において離間した2つの突起部3aを介して、軸部材2にプロジェクション溶接されている。

[0095] 犠牲金属5は、軸部材2を構成する金属（鉄系金属）よりもイオン化傾向の大きい金属、例えば「亜鉛」からなる板材である。すなわち、犠牲金属5は、ほぼ均一の厚さ（板厚）を有し、かつ軸部材2の周方向に長い平面視長方形となるほぼ矩形板状を呈し、軸部材2の外周面の曲率に対応する曲率をもって、周方向に湾曲して形成されている。

[0096] また、犠牲金属5は、バランスウエイト3の各突起部3aに対応する位置に、各突起部3aに係合する2つの係合孔5aを有している。すなわち、犠牲金属5は、各係合孔5aにバランスウエイト3の各突起部3aがそれぞれ係合することによって位置決めされる。そして、犠牲金属5は、バランスウエイト3が軸部材2に溶接されることによって、バランスウエイト3と軸部材2とに挟み込まれるかたちで固定される。

[0097] なお、バランスウエイト3を軸部材2に溶接する際は、まず、犠牲金属5の係合孔5aに各突起部3aに係合させて、犠牲金属5がバランスウエイト3の内側に位置決めされる。そして、この位置決めがなされた状態で、一体化されたバランスウエイト3及び犠牲金属5が、各突起部3aを介して、軸部材2にプロジェクション溶接される。これにより、犠牲金属5及びウエイト本体33が、フランジ部34bとカシメ部34cにより挟み込まれ、リベット34を介して軸部材2に共締め固定される。

[0098] （本実施形態の作用効果）

以上のように、本実施形態に係るプロペラシャフト1は、鉄系金属からなる筒体である軸部材2と、軸部材2の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイト3と、を有する動力伝達軸であって、バランスウエイト3の少なくとも一部に、軸部材2を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい

犠牲金属（本実施形態では「亜鉛」）が設けられている。

[0099] このように、本実施形態では、バランスウエイト 3 の表面の少なくとも一部に、軸部材 2 を構成する鉄系金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲金属 5 が設けられている。このため、軸部材 2 よりも先に犠牲金属 5 が腐食し、前記第 1 実施形態と同様に、バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 側が陰極化する。これにより、当該バランスウエイト 3 の周域における軸部材 2 の局所的な腐食を抑制することができる。その結果、前記腐食の局所的な進行による軸部材 2 の薄肉化が軽減され、動力伝達時の動的ねじり応力の集中が抑制されることになり、プロペラシャフト 1 の長期の耐久性（特に耐ねじり疲労特性）を向上させることができる。

[0100] また、本実施形態では、バランスウエイト 3 は、板材によって形成され、犠牲金属 5 は、バランスウエイト 3 の表面に接触させて設けられている。

[0101] このように、犠牲金属 5 がバランスウエイト 3 の表面に接触させて設けられていることで、鉄系金属よりも先に犠牲金属 5（亜鉛）が溶出しやすく、前記犠牲防食効果によってプロペラシャフト 1 の耐久性を効果的に向上させることができる。

[0102] また、本実施形態では、板材であるバランスウエイト 3 は、突起部 3 a を有し、犠牲金属 5 は、突起部 3 a によって位置決めされている。

[0103] このように、犠牲金属 5 が、バランスウエイト 3 の突起部 3 a によって位置決めされていることで、犠牲金属 5 の取付作業性が向上し、プロペラシャフト 1 の製造コストの低減が図れる。

[0104] また、本実施形態では、犠牲金属 5 は、軸部材 2 とバランスウエイト 3 との間に設けられている。

[0105] このように、酸素濃度が低下しやすい軸部材 2 とバランスウエイト 3 の間に犠牲金属 5 が配置されることで、犠牲金属 5 のイオン化が促進され、前記犠牲防食効果をより効果的に発揮させることができる。

[0106] また、犠牲金属 5 が、軸部材 2 とバランスウエイト 3 との間に設けられることで、バランスウエイト 3 のうち比較的表面積の大きい範囲が、犠牲金属

5によって被覆されることになる。このため、前記犠牲防食効果をより長く持続させることが可能となり、プロペラシャフト1の耐久性を長期的に向上させることができる。

[0107] しかも、犠牲金属5が、軸部材2により近い、軸部材2とバランスウエイト3との間に設けられることで、犠牲金属5の溶出によって放出された電子が軸部材2側へ移動しやすく、前記犠牲防食効果をより効果的に発揮させることができる。

[0108] また、前記犠牲防食材は、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、又はこれらの金属を含む合金からなることが望ましく、本実施形態に係る犠牲防食材は、「亜鉛」により構成される。

[0109] 上述のように、犠牲防食材が、鉄よりも比較的大きなイオン化傾向を有する金属である亜鉛やマグネシウム、アルミニウム、又はこれらを含む合金により構成されることで、比較的大きな前記犠牲防食効果を得ることができる。また、これらの金属は、取り扱いが容易であるというメリットもある。

[0110] (変形例)

図16、図17は、本発明の第3実施形態の変形例を示す。当該変形例は、バランスウエイト3及び犠牲金属5がリベット34によって軸部材2に取り付けられたものであり、他の構成については前記第1実施形態と同様である。よって、前記第1実施形態と同じ構成については、第1実施形態と同一の符号を付すことで、具体的な説明を省略する。

[0111] 図16(a)は犠牲金属5がバランスウエイト3の内側面3cに接触させて設けられたプロペラシャフト1の横断面図示している。他方、図16(b)は犠牲金属5がバランスウエイト3の外側面3bに接触させて設けられたプロペラシャフト1の横断面図示している。

[0112] 図16(a)に示すように、本変形例では、前記第3実施形態に係る2つの突起部3aが廃止され、平面視ほぼ中央位置に貫通孔33aを有するウエイト本体33が、前記第2実施形態と同様に、リベット34を介して軸部材

2に固定されている。なお、リベット34は、前記第2実施形態と同様に、フランジ部34bを介して軸部材2に溶接されている。

[0113] また、本変形例では、前記第3実施形態に係る2つの係合孔5aが廃止され、代わりに、犠牲金属5の平面視ほぼ中央位置に、リベット34（リベット本体34a）が貫通する貫通孔5bが形成されている。すなわち、本変形例に係る犠牲金属5は、バランスウエイト32のウエイト本体33の内側に配置され、貫通孔5bを貫通したリベット34により、ウエイト本体33と一緒に共締め固定されている。

[0114] ここで、犠牲金属5は、図16（b）に示すように、バランスウエイト32のウエイト本体33の外側に配置され、リベット34によってカシメ固定されてもよい。

[0115] （プロペラシャフトの製造方法）

図17は、プロペラシャフト1の製造方法のうち、とりわけバランスウエイト32及び犠牲金属5の取付方法を表した、プロペラシャフト1（軸部材2）の横断面図を示している。なお、図17（a）は、リベット34を溶接する工程、図17（b）は、犠牲金属5をリベット34に挿入する工程、図17（c）は、ウエイト本体33をリベット34に挿入する工程、図17（d）は、リベット34をかしめる工程を示している。

[0116] 本変形例でも、前記第1実施形態と同様に、図9に示すフローチャートに沿って、バランスウエイト32が、軸部材2の外周面に取り付けられる。

[0117] 特に、バランスウエイト32の溶接工程では、図17（a）に示すように、軸部材2の外周面のうち、図9のステップS3の測定結果を基に特定された取付位置に、リベット34が、フランジ部34bを介して溶接される。続いて、図17（b）に示すように、この軸部材2の外周に溶接されたリベット34のリベット本体34aに対して、該リベット本体34aの他端側から犠牲金属5が挿入される。さらに、図17（c）に示すように、リベット本体34aの他端側から、前記測定結果を基に特定された重量のウエイト本体33が、犠牲金属5に重ねて挿入される。その後、図17（d）に示すよう

に、ウエイト本体 33 及び犠牲金属 5 の各貫通孔 33 a, 5 b を貫通するリベット本体 34 a の他端部が潰されて（カシメ加工されて）、カシメ部 34 c が形成される。これにより、犠牲金属 5 及びウエイト本体 33 が、フランジ部 34 b とカシメ部 34 c とによって挟み込まれ、リベット 34 を介して軸部材 2 に共締め固定される。

[0118] （本変形例の作用効果）

以上のように、本変形例に係るプロペラシャフト 1 では、バランスウエイト 32 は、鉄系金属からなるリベット 34 と、鉄系金属からなりリベット 34 が挿入される貫通孔 33 a が形成された錘であるウエイト本体 33 と、を有し、犠牲金属 5 には、リベット 34 が挿入される貫通孔 5 b が形成され、バランスウエイト本体 33 及び犠牲金属 5 が、リベット 34 を介して筒体である軸部材 2 に固定されている。

[0119] このように、本変形例では、犠牲金属 5 が、リベット 34 を介してバランスウエイト 32 のウエイト本体 33 と一緒に共締め固定されている。このため、犠牲金属 5 及びウエイト本体 33 に対する溶接の熱的影響を抑制しつつ、犠牲金属 5 及びウエイト本体 33 を容易かつ強固に固定することができる。

[0120] また、本変形例では、犠牲金属 5 は、バランスウエイト 32 のウエイト本体 33 とリベット 34 との間に設けられている。

[0121] このように、犠牲金属 5 が、バランスウエイト 32 を構成するウエイト本体 33 とリベット 34 との間に設けられることで、当該犠牲金属 5 を、リベット 34 によって共締め固定することができる。これにより、犠牲金属 5 を容易に取り付けることができ、プロペラシャフト 1 の製造コストを低減することができる。

[0122] [参考例]

図 18 は、本発明に係る動力伝達軸の参考例を示している。なお、本参考例では、バランスウエイト 35 自体が前記犠牲金属 5 により形成されたもので、他の構成については前記第 2 実施形態と同様である。よって、前記第 1

実施形態と同じ構成については、同一の符号を付すことで、その説明を省略する。

[0123] (バランスウエイトの構成)

図18は、バランスウエイト35の取付態様を表したプロペラシャフト1の横断面図を示している。

[0124] 図18に示すように、本参考例では、バランスウエイト35が、軸部材2を構成する金属（本実施形態では「鉄系金属」）よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲金属材によって形成されている。ここで、前記犠牲金属材としては、例えば亜鉛、マグネシウム、アルミニウム又はこれらの金属を含む合金が該当し、本参考例では「亜鉛」を採用している。

[0125] (本実施形態の作用効果)

以上、本参考例のように、バランスウエイト35自体が前記犠牲防食材で形成されることによっても、前記第2実施形態と同様の犠牲防食効果が得られ、プロペラシャフト1の耐久性を向上させることができる。

[0126] 本発明は、前記実施形態等で例示した構成や態様に限定されるものではなく、例えばバランスウエイト3等の形状、並びに犠牲金属被膜4及び犠牲金属5の形状及び配置（範囲）については、前述した本発明の作用効果を奏し得るような形態であれば、適用対象の仕様やコスト等に応じて自由に変更可能である。

[0127] 以上説明した実施形態等に基づく動力伝達軸としては、例えば以下に述べる態様のものが考えられる。

[0128] すなわち、当該動力伝達軸は、その1つの態様において、鉄系金属からなる筒体と、前記筒体の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイトと、を有する動力伝達軸であって、前記バランスウエイトの少なくとも一部が、前記筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材によって被覆されている。

[0129] 前記動力伝達軸の好ましい態様において、前記バランスウエイトは、板材によって形成され、前記犠牲防食材は、前記バランスウエイトの表面を被覆

している。

[0130] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記犠牲防食材は、少なくとも前記バランスウエイトのうち、前記筒体側の側面、又は前記筒体とは反対側の側面を被覆している。

[0131] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記犠牲防食材は、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、又はこれらの金属を含む合金からなる。

[0132] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記バランスウエイトは、鉄系金属からなるリベットと、鉄系金属からなり前記リベットが挿入される貫通孔が形成された錘と、を有し、前記リベットと前記錘の少なくともどちらか一方が、前記犠牲防食材により被覆されている。

[0133] また、別の観点から、前述した実施形態に基づく動力伝達軸は、その一態様として、鉄系金属からなる筒体と、前記筒体の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイトと、を有する動力伝達軸であって、前記バランスウエイトの少なくとも一部に、前記筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい犠牲金属が設けられている。

[0134] 前記動力伝達軸の好ましい態様において、前記バランスウエイトは、板材によって形成され、前記犠牲金属は、前記バランスウエイトの表面に接触させて設けられている。

[0135] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記板材は、突起部を有し、前記犠牲金属は、前記突起部によって位置決めされている。

[0136] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記犠牲金属は、前記筒体と前記バランスウエイトとの間に設けられている。

[0137] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記犠牲金属は、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、又はこれらの金属

を含む合金からなる。

[0138] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記バランスウエイトは、鉄系金属からなるリベットと、鉄系金属からなり前記リベットが挿入される貫通孔が形成された錘と、を有し、前記犠牲金属には、前記リベットが挿入される貫通孔が形成され、前記バランスウエイト及び前記犠牲金属は前記リベットを介して前記筒体に固定されている。

[0139] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の態様のいずれかにおいて、前記犠牲金属は、前記バランスウエイトと前記リベットとの間に設けられている。

[0140] また、前述した実施形態等に基づく動力伝達軸の製造方法としては、例えば以下に述べる態様のものが考えられる。

[0141] すなわち、当該動力伝達軸の製造方法は、その1つの態様において、鉄系金属からなる筒体と、鉄系金属からなり前記筒体の外周面に取り付けられるバランスウエイトと、を有する動力伝達軸の製造方法であって、少なくとも一部が前記筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材によって被覆された、重さの異なる複数の前記バランスウエイトを準備する工程と、前記動力伝達軸の回転アンバランスに応じて前記筒体に取り付ける前記バランスウエイトの取付位置及び重量を特定する工程と、前記特定されたバランスウエイトを前記筒体に溶接する工程と、前記バランスウエイトを含め、前記筒体を塗装する工程と、を備える。

[0142] 前記動力伝達軸の製造方法の好ましい態様において、前記バランスウエイトは、板材によって形成され、前記犠牲防食材は、前記バランスウエイトの前記筒体との溶接面を被覆している。

[0143] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の製造方法の態様のいずれかにおいて、前記バランスウエイトは、前記筒体の外周面の曲率に対応する曲率をもって湾曲形成されると共に、前記筒体との接触面に溶接用突起が形成されている。

[0144] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の製造方法の態様のいずれ

かにおいて、前記バランスウエイトは、前記犠牲防食材をめっきした帯状部材をプレスで打ち抜くことによって形成される。

[0145] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の製造方法の態様のいずれかにおいて、前記バランスウエイトは、帯状部材をプレスによって打ち抜いた後、前記犠牲防食材が被覆される。

[0146] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の製造方法の態様のいずれかにおいて、前記バランスウエイトの全体に、前記犠牲防食材が被覆されている。

[0147] さらに別の好ましい態様では、前記動力伝達軸の製造方法の態様のいずれかにおいて、前記バランスウエイトは、鉄系金属からなるリベットと、鉄系金属からなり前記リベットが挿入される貫通孔が形成された錘と、を有し、前記リベットと前記錘の少なくともどちらか一方が、前記犠牲防食材により被覆され、前記リベットを溶接することにより、前記錘が前記筒体に固定される。

## 請求の範囲

- [請求項1]           鉄系金属からなる筒体と、  
                    前記筒体の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイトと、  
                    を有する動力伝達軸であって、  
                    前記バランスウエイトの少なくとも一部が、前記筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材によって被覆されていることを特徴とする動力伝達軸。
- [請求項2]           前記バランスウエイトは、板材によって形成され、  
                    前記犠牲防食材は、前記バランスウエイトの表面を被覆していることを特徴とする請求項1に記載の動力伝達軸。
- [請求項3]           前記犠牲防食材は、少なくとも前記バランスウエイトのうち、前記筒体側の側面、又は前記筒体とは反対側の側面を被覆していることを特徴とする請求項2に記載の動力伝達軸。
- [請求項4]           前記犠牲防食材は、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、又はこれらの金属を含む合金からなることを特徴とする請求項1に記載の動力伝達軸。
- [請求項5]           前記バランスウエイトは、  
                    鉄系金属からなるリベットと、  
                    鉄系金属からなり前記リベットが挿入される貫通孔が形成された錘と、  
                    を有し、  
                    前記リベットと前記錘の少なくともどちらか一方が、前記犠牲防食材により被覆されていることを特徴とする請求項1に記載の動力伝達軸。
- [請求項6]           鉄系金属からなる筒体と、  
                    前記筒体の外周面に溶接される鉄系金属からなるバランスウエイトと、

を有する動力伝達軸であって、

前記バランスウエイトの少なくとも一部に、前記筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい犠牲金属が設けられていることを特徴とする動力伝達軸。

[請求項7] 前記バランスウエイトは、板材によって形成され、

前記犠牲金属は、前記バランスウエイトの表面に接触させて設けられていることを特徴とする請求項6に記載の動力伝達軸。

[請求項8] 前記板材は、突起部を有し、

前記犠牲金属は、前記突起部によって位置決めされていることを特徴とする請求項7に記載の動力伝達軸。

[請求項9] 前記犠牲金属は、前記筒体と前記バランスウエイトとの間に設けられていることを特徴とする請求項7に記載の動力伝達軸。

[請求項10] 前記犠牲金属は、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、又はこれらの金属を含む合金からなることを特徴とする請求項6に記載の動力伝達軸。

[請求項11] 前記バランスウエイトは、

鉄系金属からなるリベットと、

鉄系金属からなり前記リベットが挿入される貫通孔が形成された錘と、

を有し、

前記犠牲金属には、前記リベットが挿入される貫通孔が形成され、

前記バランスウエイト及び前記犠牲金属は前記リベットを介して前記筒体に固定されていることを特徴とする請求項6に記載の動力伝達軸。

[請求項12] 前記犠牲金属は、前記バランスウエイトと前記リベットとの間に設けられていることを特徴とする請求項11に記載の動力伝達軸。

[請求項13] 鉄系金属からなる筒体と、鉄系金属からなり前記筒体の外周面に取り付けられるバランスウエイトと、を有する動力伝達軸の製造方法で

あって、

少なくとも一部が前記筒体を構成する金属よりもイオン化傾向の大きい金属を含有する犠牲防食材によって被覆された、重さの異なる複数の前記バランスウエイトを準備する工程と、

前記動力伝達軸の回転アンバランスに応じて前記筒体に取り付ける前記バランスウエイトの取付位置及び重量を特定する工程と、

前記特定されたバランスウエイトを前記筒体に溶接する工程と、

前記バランスウエイトを含め、前記筒体を塗装する工程と、

を備えることを特徴とする動力伝達軸の製造方法。

[請求項14]

前記バランスウエイトは、板材によって形成され、

前記犠牲防食材は、前記バランスウエイトの前記筒体との溶接面を被覆していることを特徴とする請求項13に記載の動力伝達軸の製造方法。

[請求項15]

前記バランスウエイトは、前記筒体の外周面の曲率に対応する曲率をもって湾曲形成されると共に、前記筒体との接触面に溶接用突起が形成されていることを特徴とする請求項14に記載の動力伝達軸の製造方法。

[請求項16]

前記バランスウエイトは、前記犠牲防食材をめっきした帯状部材をプレスで打ち抜くことによって形成されることを特徴とする請求項14に記載の動力伝達軸の製造方法。

[請求項17]

前記バランスウエイトは、帯状部材をプレスによって打ち抜いた後、前記犠牲防食材が被覆されることを特徴とする請求項14に記載の動力伝達軸の製造方法。

[請求項18]

前記バランスウエイトの全体に、前記犠牲防食材が被覆されていることを特徴とする請求項17に記載の動力伝達軸の製造方法。

[請求項19]

前記バランスウエイトは、

鉄系金属からなるリベットと、

鉄系金属からなり前記リベットが挿入される貫通孔が形成された錘

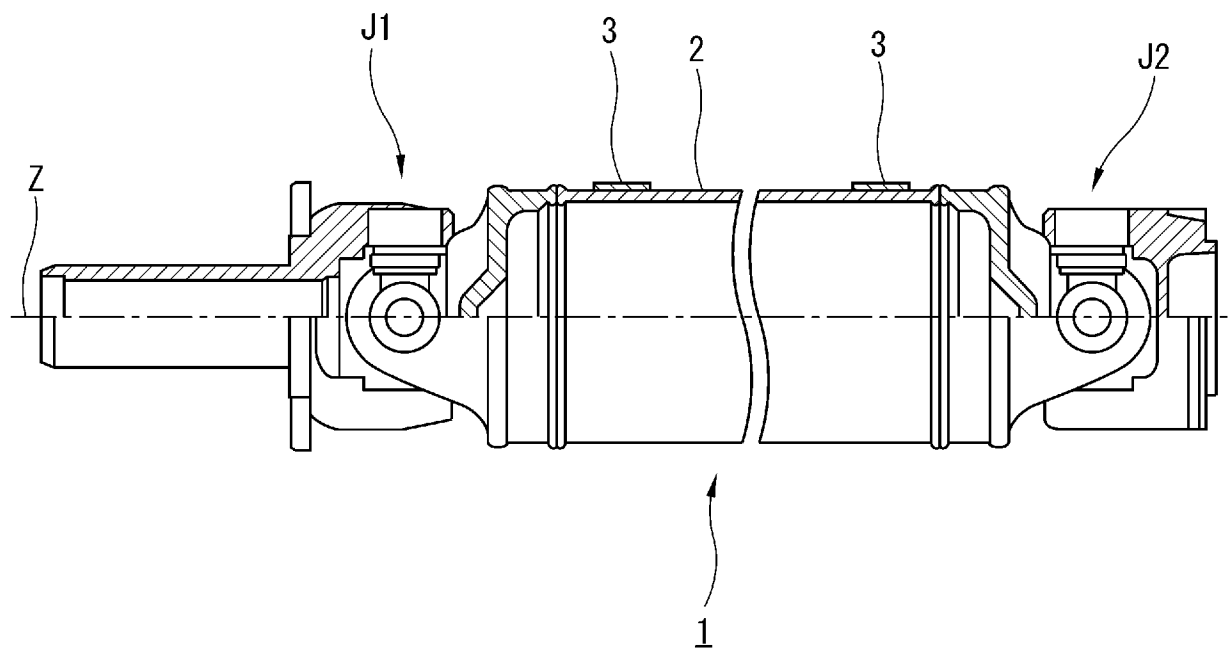
と、

を有し、

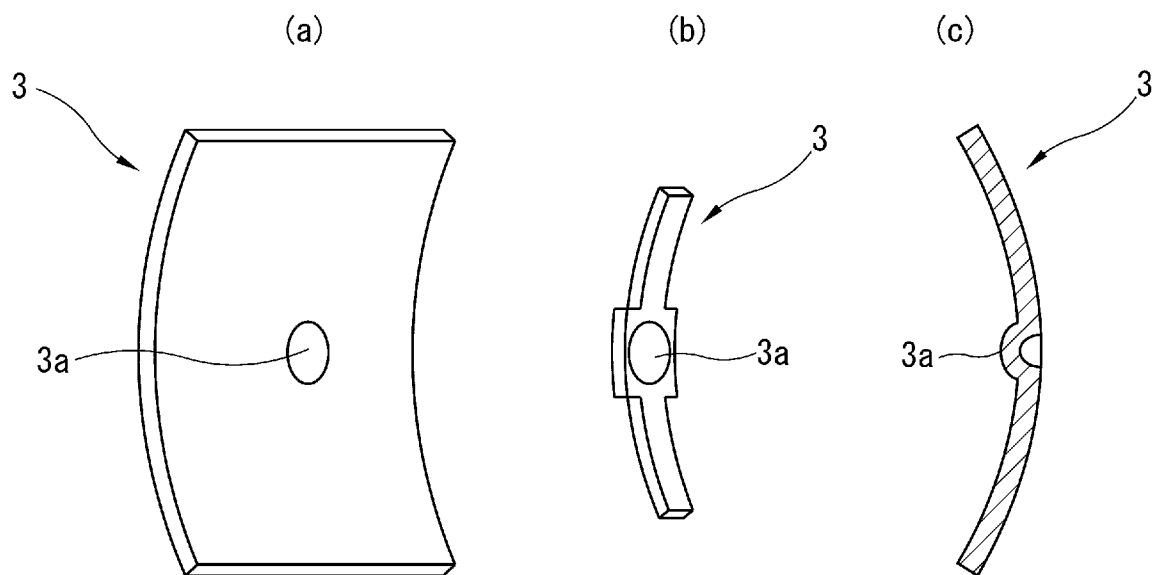
前記リベットと前記錘の少なくともどちらか一方が、前記犠牲防食材により被覆され、

前記リベットを溶接することにより、前記錘が前記筒体に固定されることを特徴とする請求項 1 3 に記載の動力伝達軸の製造方法。

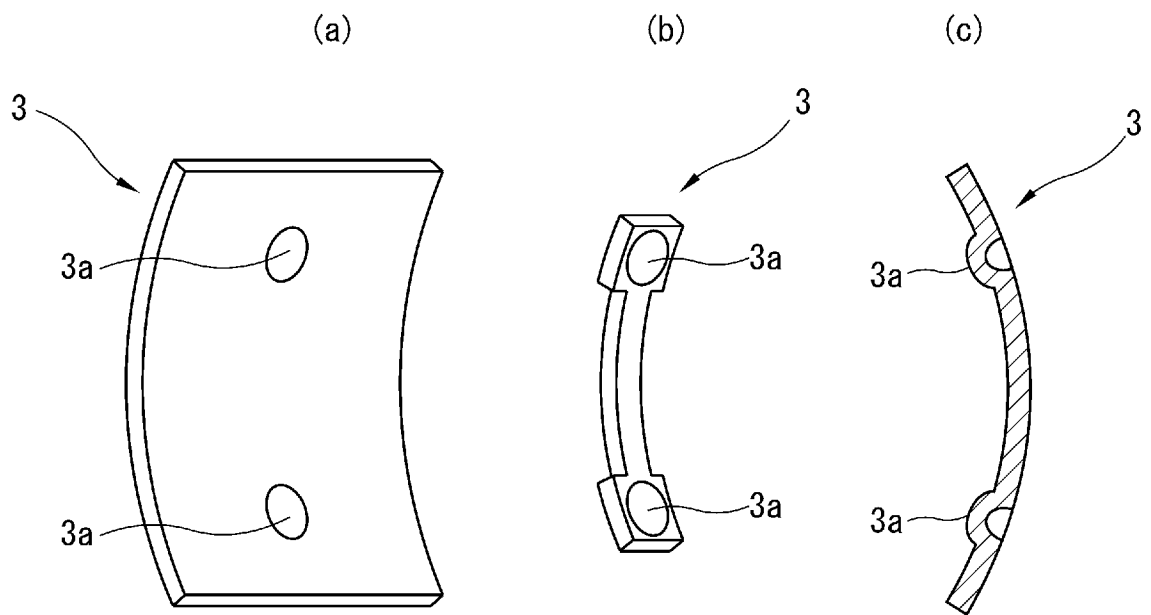
[図1]



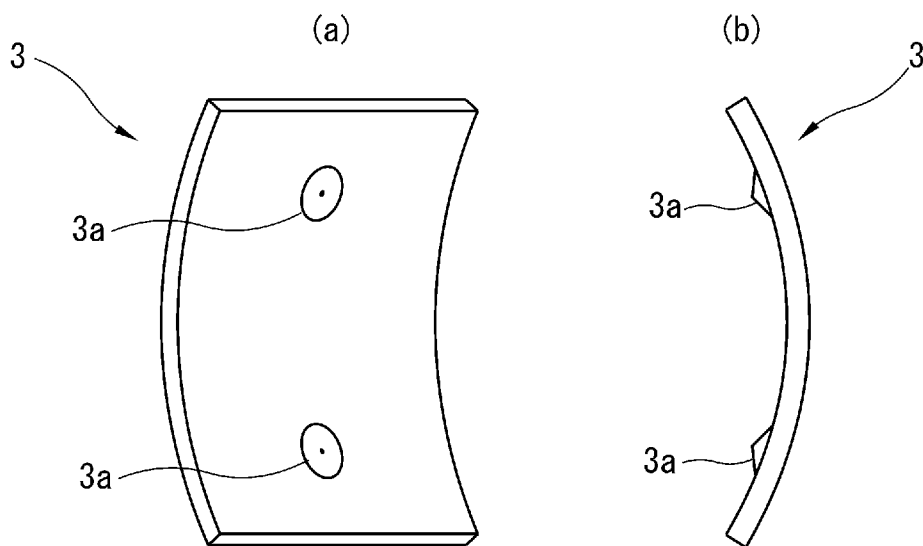
[図2]



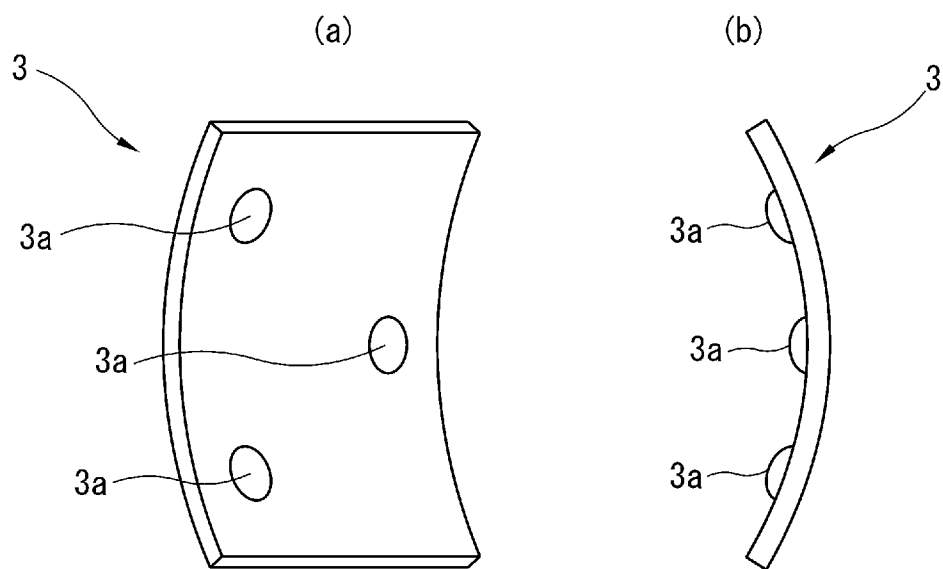
[図3]



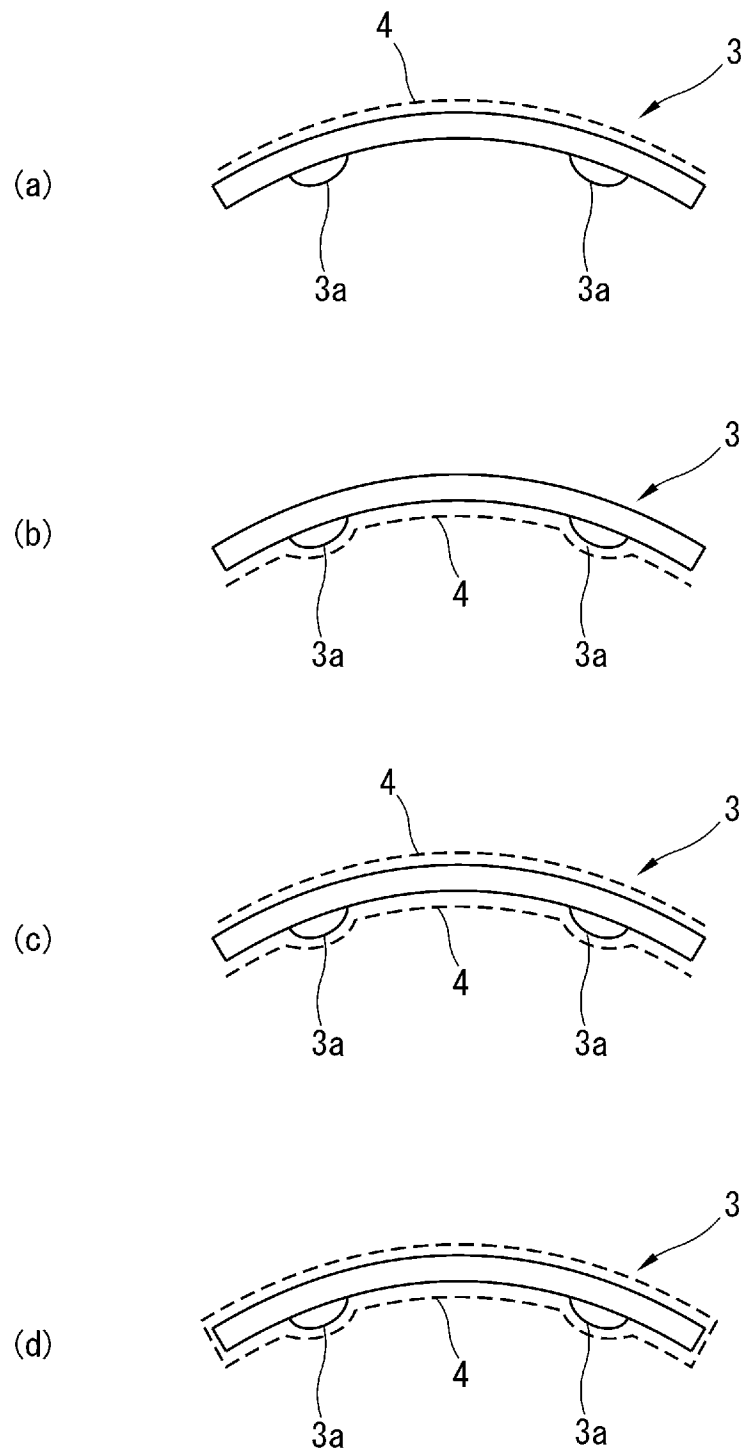
[図4]



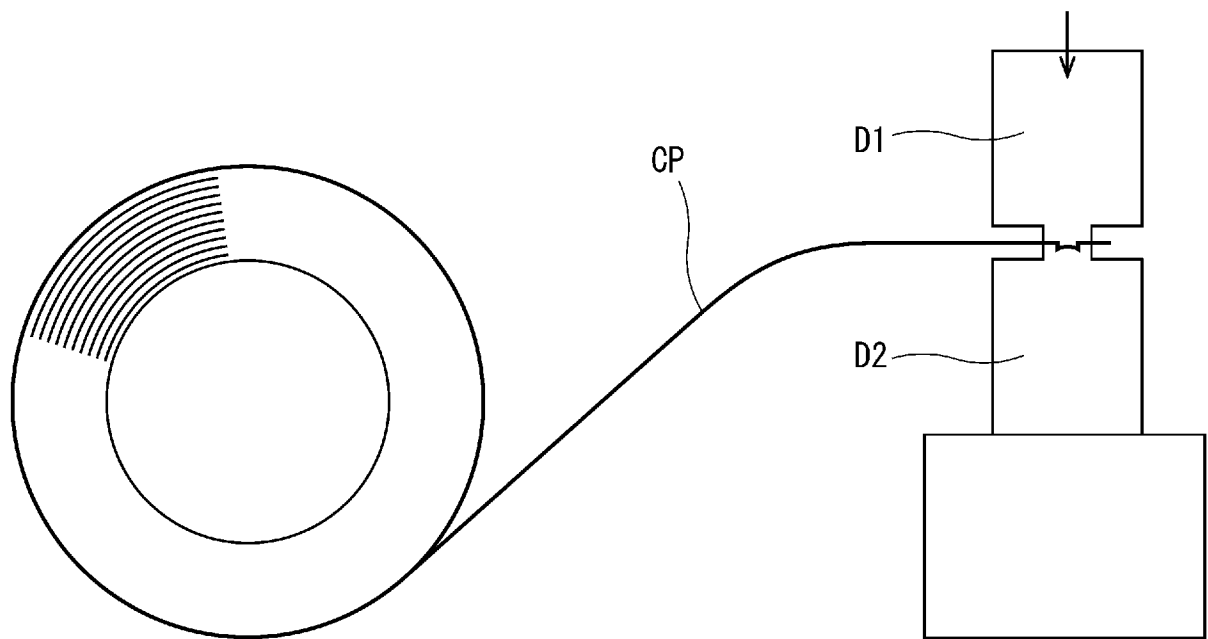
[図5]



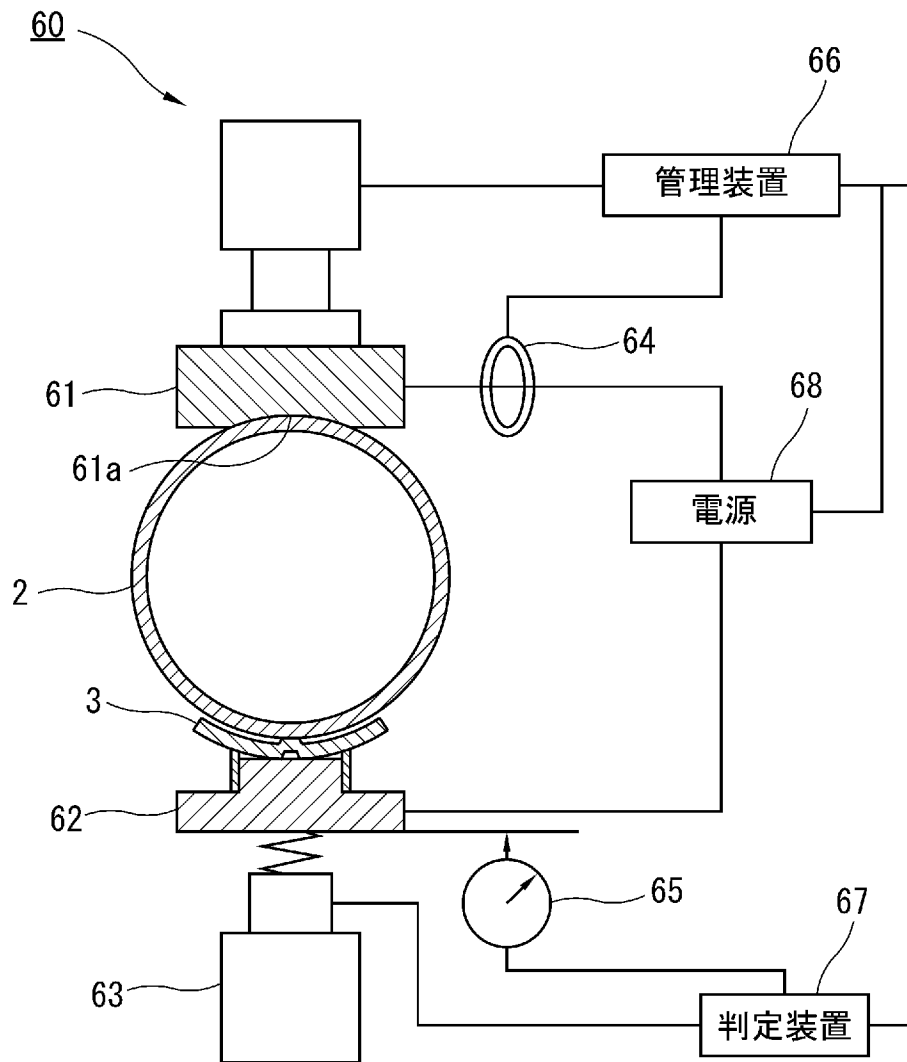
[図6]



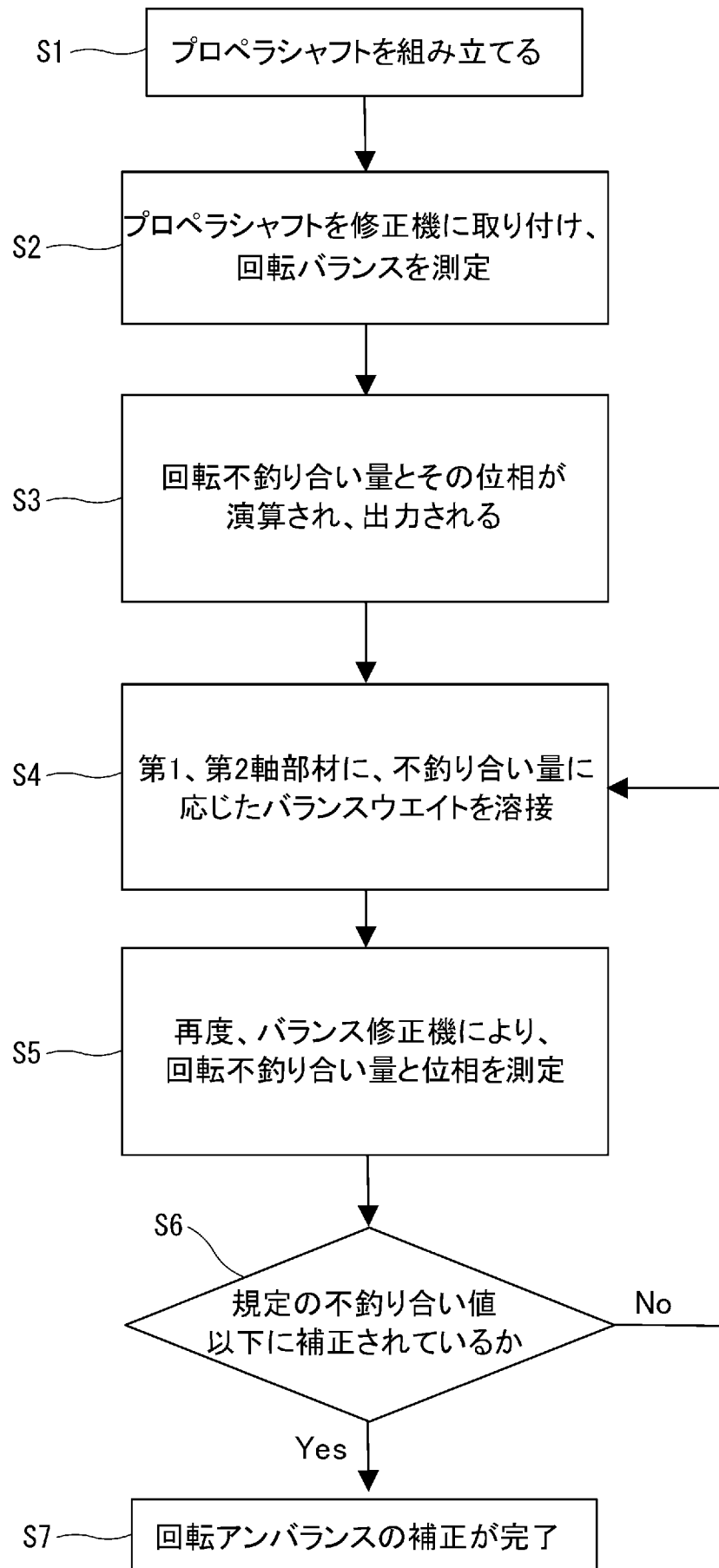
[図7]



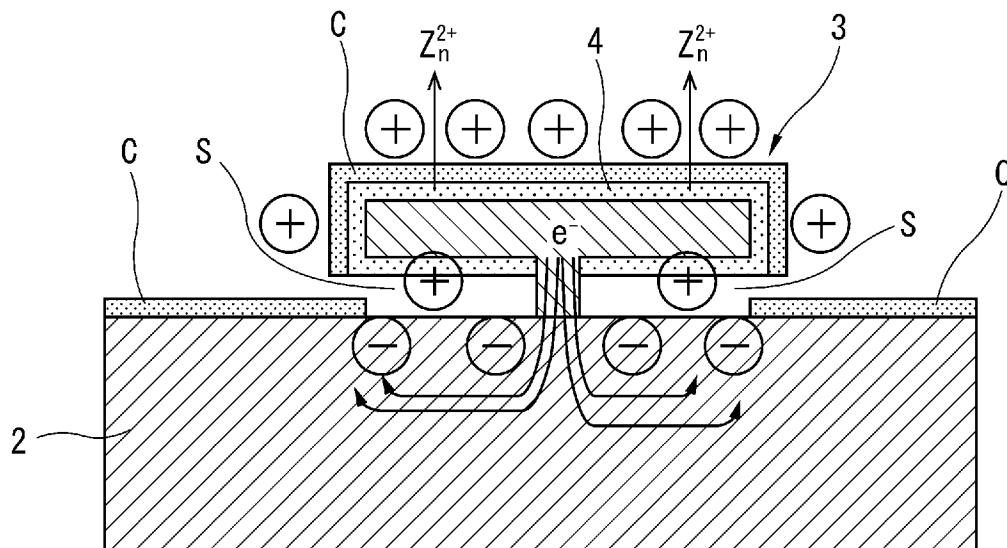
[図8]



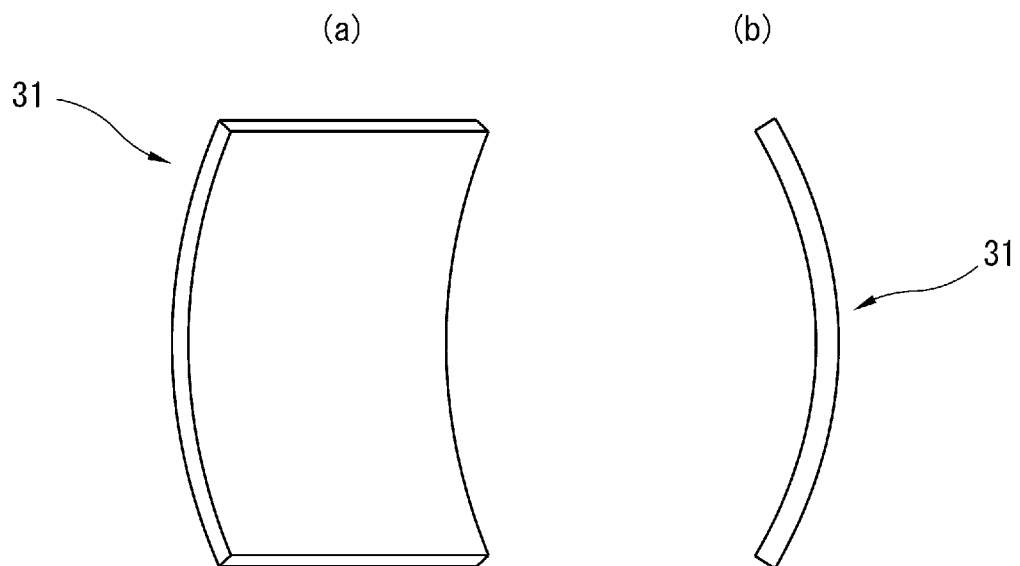
[図9]



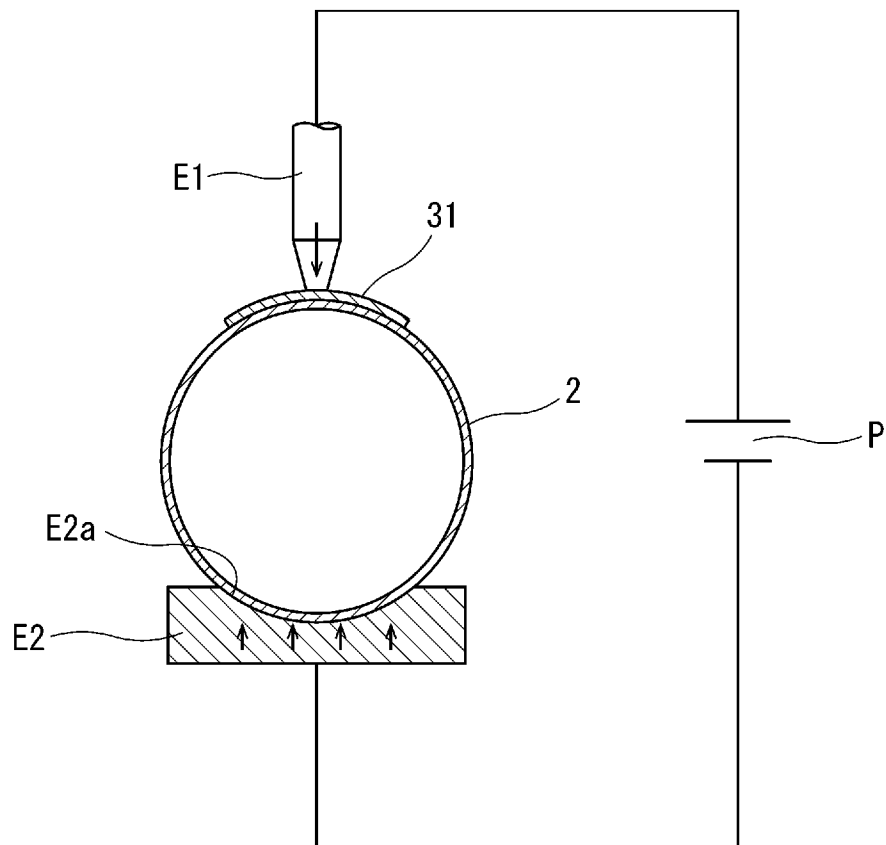
[図10]



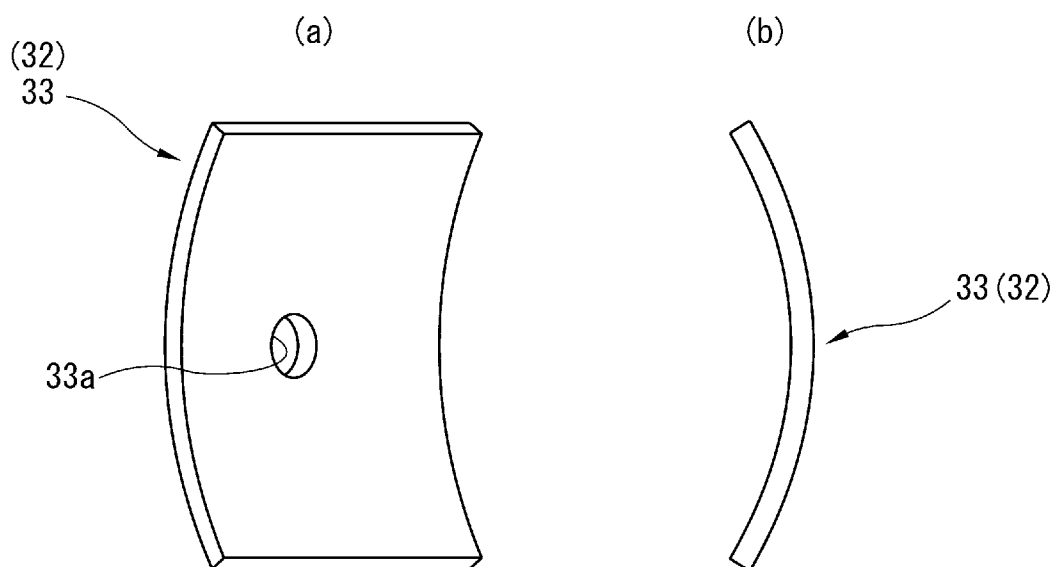
[図11]



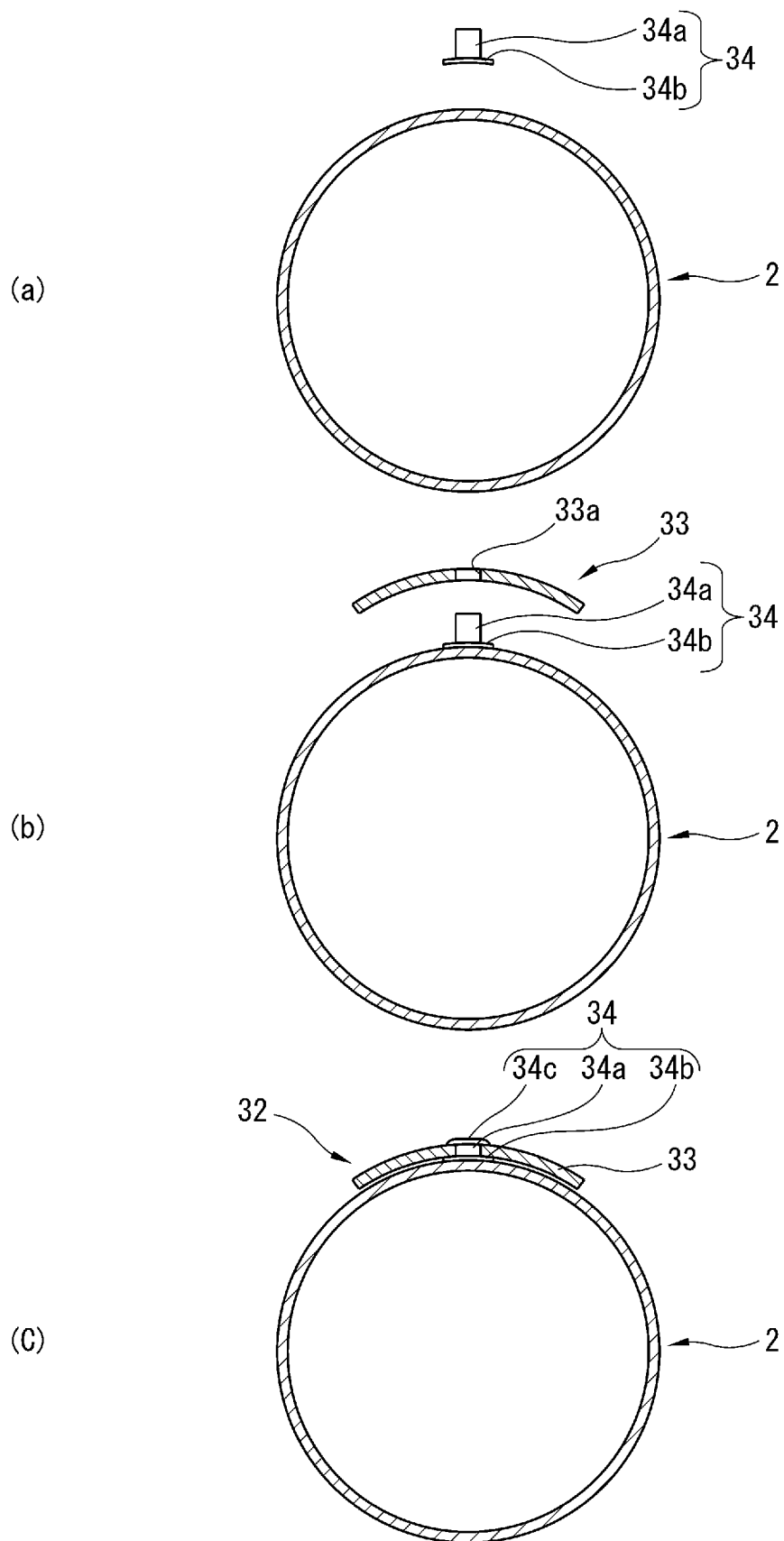
[図12]



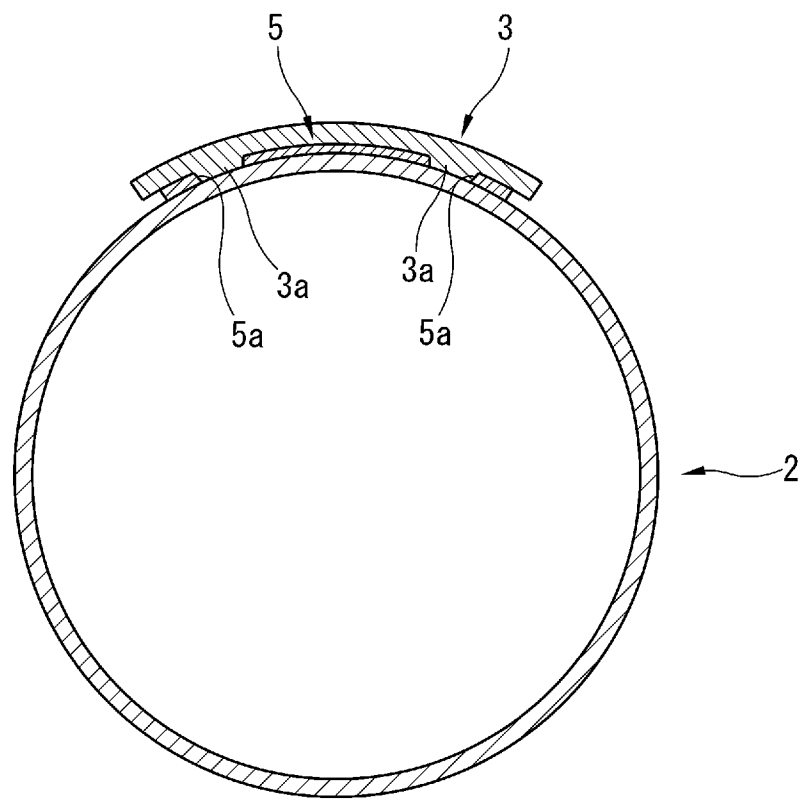
[図13]



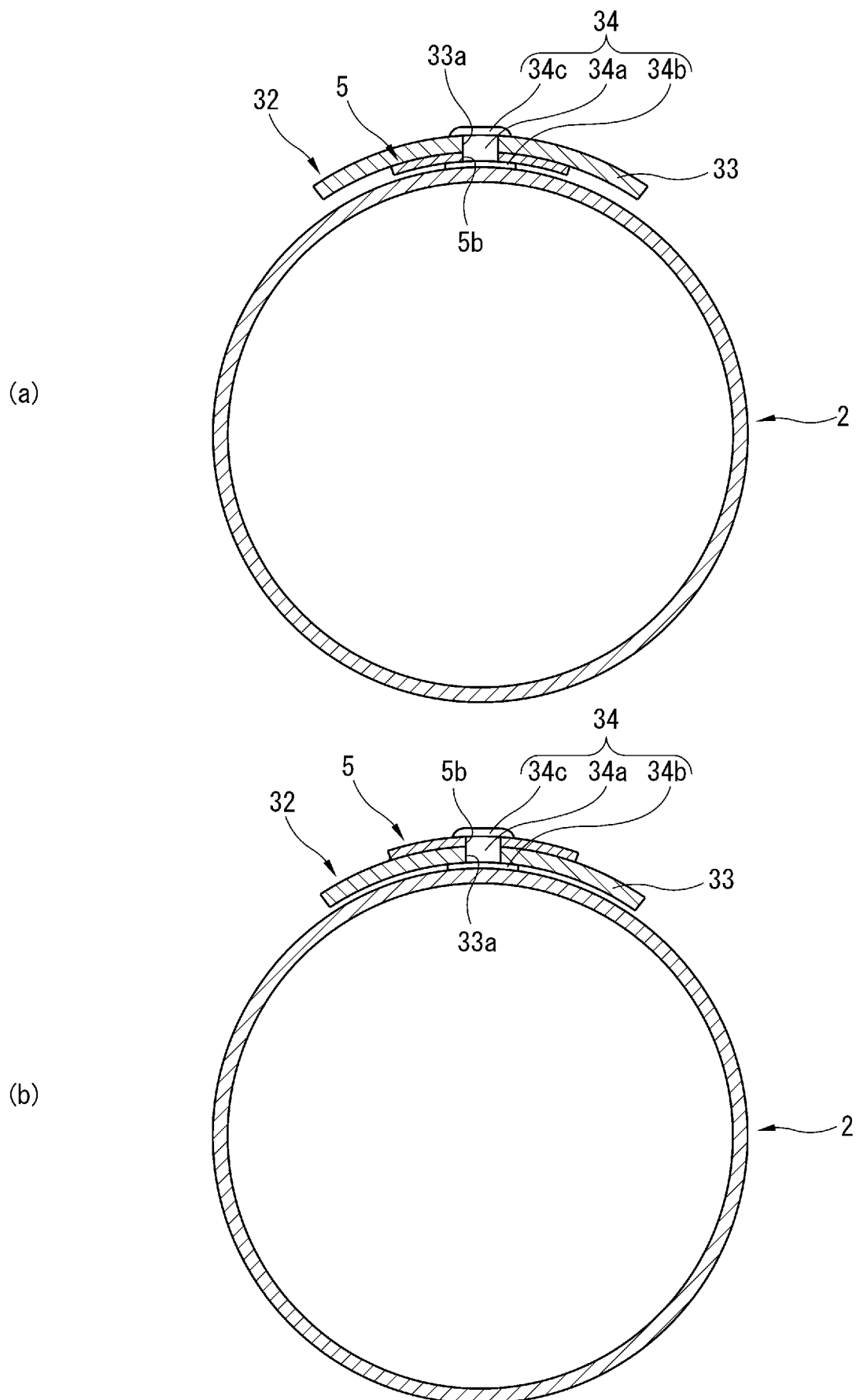
[図14]



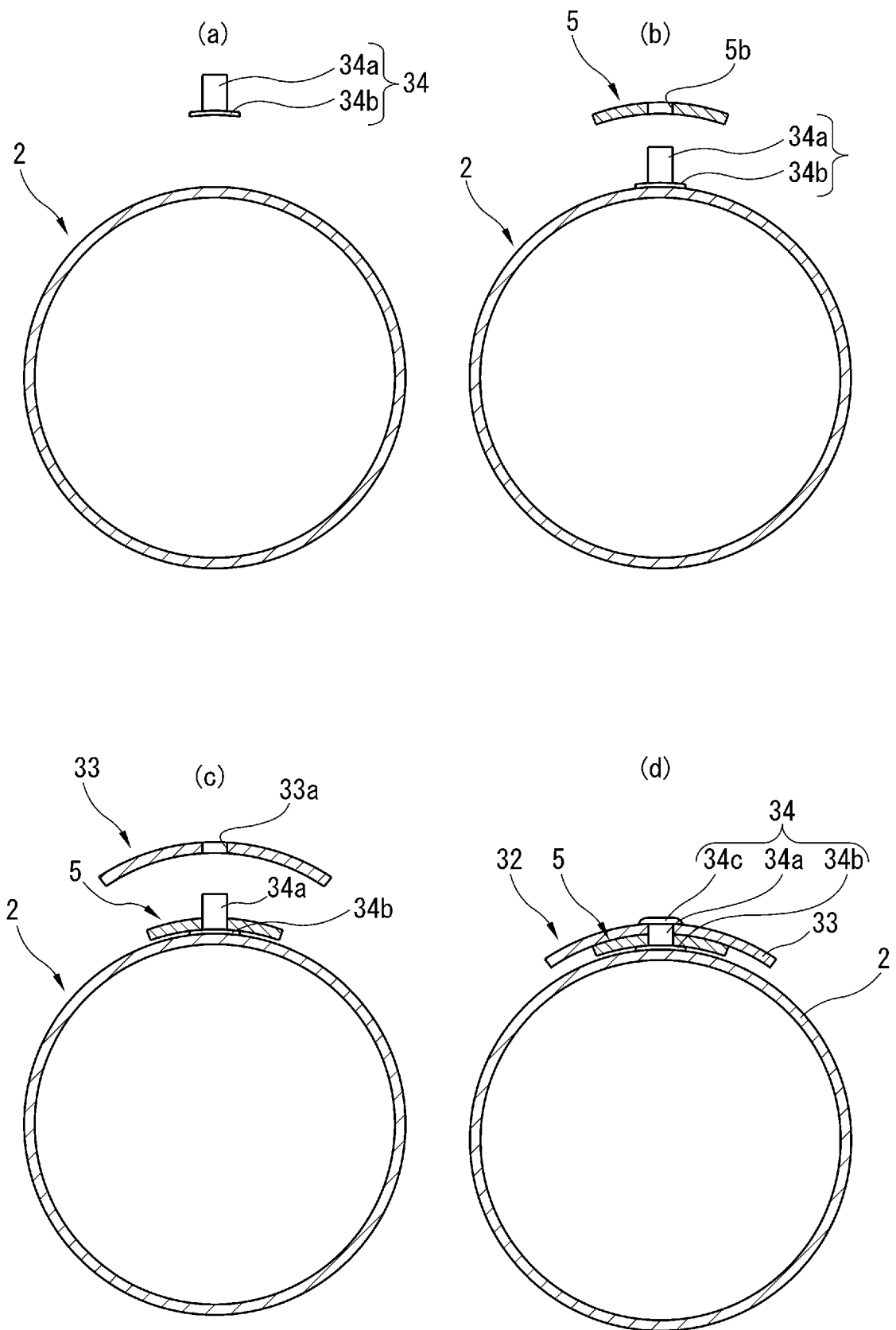
[図15]



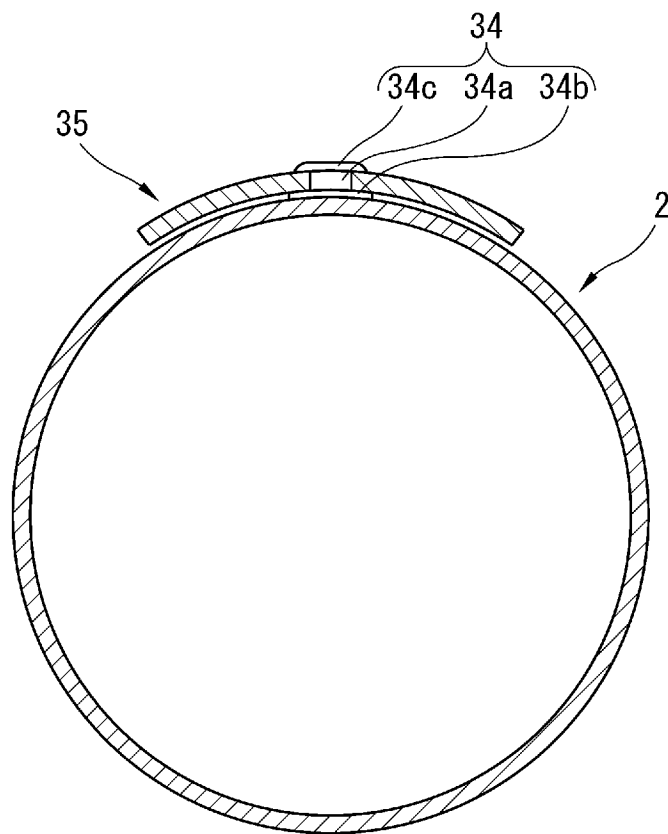
[図16]



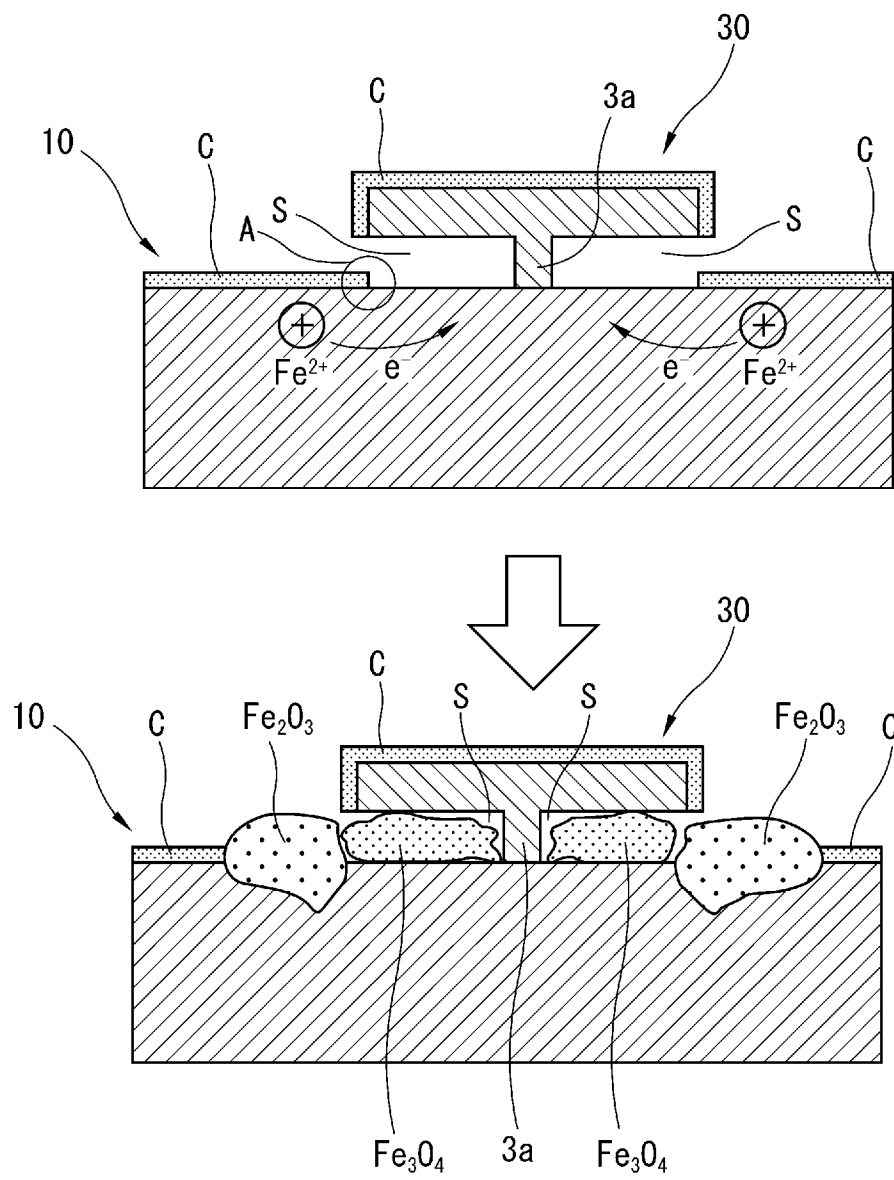
[図17]



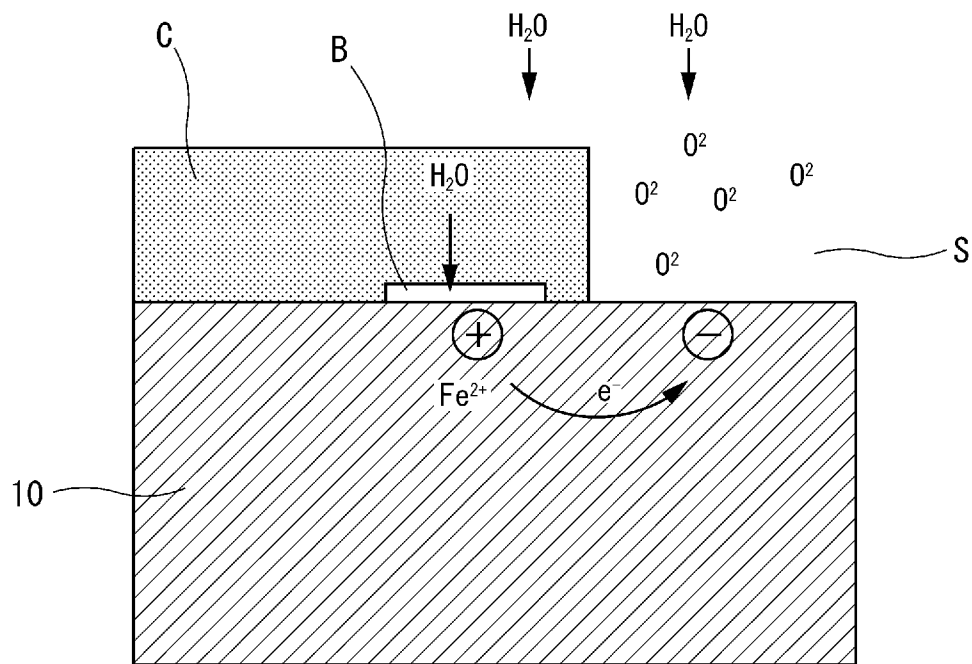
[図18]



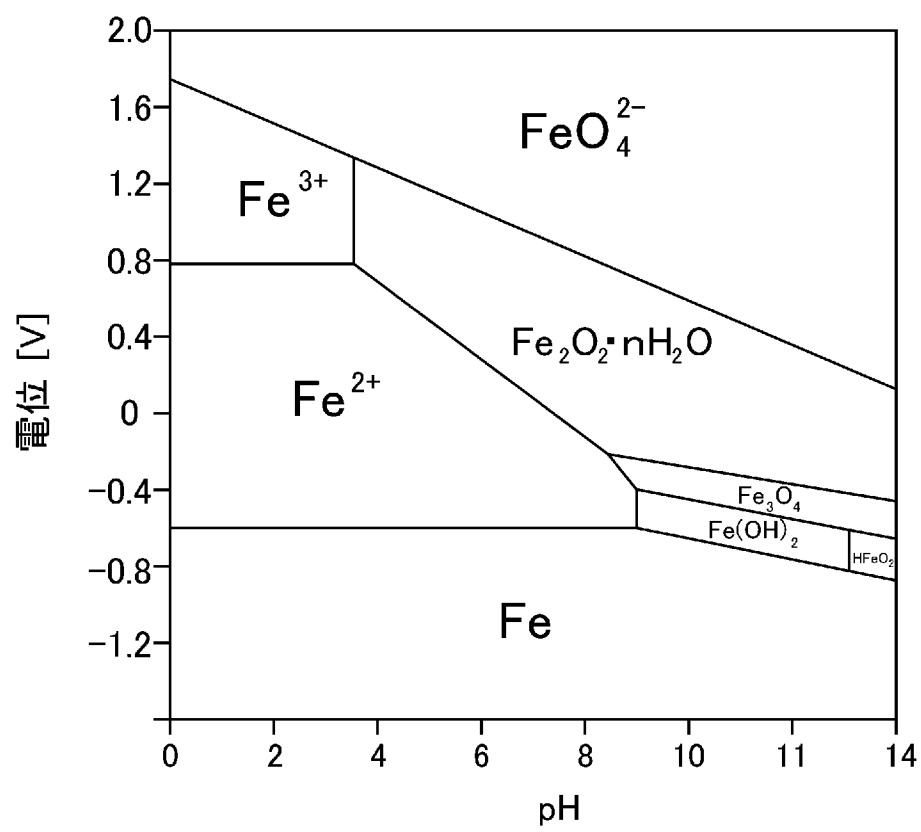
[図19]



[図20]



[図21]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019227

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B60K17/22 (2006.01) i, F16C3/02 (2006.01) i, F16F15/12 (2006.01) i,  
F16F15/32 (2006.01) i

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)

Int.Cl. B60K17/22, F16C3/02, F16F15/12, F16F15/32

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

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| Published examined utility model applications of Japan   | 1922-1996 |
| Published unexamined utility model applications of Japan | 1971-2018 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2018 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2018 |

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<br>Y    | WO 2016/154239 A1 (DANA AUTOMOTIVE SYSTEMS GROUP, LLC) 29 September 2016, page 3, line 15 to page 6, line 9, fig. 1-5 & US 2018/0051771 A1 & EP 3274607 A1 & CN 107429792 A & JP 2018-515751 A | 6, 10<br>1-5, 7-9,<br>11-19 |
| Y         | JP 2011-12775 A (TOHO KOGYO., LTD.) 20 January 2011, paragraphs [0019]-[0038], fig. 1-3 (Family: none)                                                                                         | 1-5, 7-9,<br>11-19          |

☒ 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

30 July 2018 (30.07.2018)

Date of mailing of the international search report

07 August 2018 (07.08.2018)

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/JP2018/019227

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                               | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2001-193795 A (NIPPON STUD WELDING CO., LTD.) 17 July 2001, paragraphs [0011]-[0015], fig. 1-6 (Family: none) | 5, 11-12, 19          |
| Y         | JP 2015-135144 A (SHOWA CORPORATION) 27 July 2015, paragraphs [0017]-[0040], fig. 1-2 (Family: none)             | 13-19                 |
| Y         | JP 2015-113964 A (TAIHO KOGYO CO., LTD.) 22 June 2015, paragraphs [0030]-[0048], fig. 1-6 (Family: none)         | 16-18                 |
| A         | JP 2002-88806 A (KOMATSU LTD.) 27 March 2002, paragraphs [0005]-[0009], fig. 1-3 (Family: none)                  | 1-19                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B60K17/22(2006.01)i, F16C3/02(2006.01)i, F16F15/12(2006.01)i, F16F15/32(2006.01)i

## 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（IPC））

Int.Cl. B60K17/22, F16C3/02, F16F15/12, F16F15/32

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   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2018年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2018年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2018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<br>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<br>請求項の番号              |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| X<br>Y          | WO 2016/154239 A1 (DANA AUTOMOTIVE SYSTEMS GROUP, LLC)<br>2016.09.29, 第3ページ第15行-第6ページ第9行, 第1-5図 & US<br>2018/0051771 A1 & EP 3274607 A1 & CN 107429792 A & JP2018-515751<br>A | 6, 10<br>1-5, 7-9,<br>11-19 |
| Y               | JP 2011-12775 A (東豊工業株式会社) 2011.01.20, 段落<br>[0019]-[0038], 第1-3図 (ファミリーなし)                                                                                                   | 1-5, 7-9,<br>11-19          |

☒ 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

30.07.2018

国際調査報告の発送日

07.08.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

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）

川口 真一

3 J

9822

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                      |                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 2001-193795 A (日本スタッドウェルディング株式会社)<br>2001.07.17, 段落[0011]-[0015], 第1-6図 (ファミリーなし) | 5, 11-12, 19   |
| Y                     | JP 2015-135144 A (株式会社ショーワ) 2015.07.27, 段落<br>[0017]-[0040], 第1-2図 (ファミリーなし)         | 13-19          |
| Y                     | JP 2015-113964 A (大豊工業株式会社) 2015.06.22, 段落<br>[0030]-[0048], 第1-6図 (ファミリーなし)         | 16-18          |
| A                     | JP 2002-88806 A (株式会社小松製作所) 2002.03.27, 段落<br>[0005]-[0009], 第1-3図 (ファミリーなし)         | 1-19           |