

(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9月22日(22.09.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/147925 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 33/14 (2006.01) *F16C 33/10* (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01) *F16C 33/12* (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056931
- (22) 国際出願日: 2016年3月7日(07.03.2016)
- (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 2015-053300 2015年3月17日(17.03.2015) JP
特願 2015-053307 2015年3月17日(17.03.2015) JP
特願 2015-053308 2015年3月17日(17.03.2015) JP
- (71) 出願人: N T N 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: 山下 智典 (YAMASHITA Tomonori); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N アドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP). 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 N T N アドバンストマテリアルズ株式会社内 Aichi (JP). 山口 貴

嗣 (YAMAGUCHI Takashi); 〒4978541 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101番地 N T N 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 Kunihiko 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).

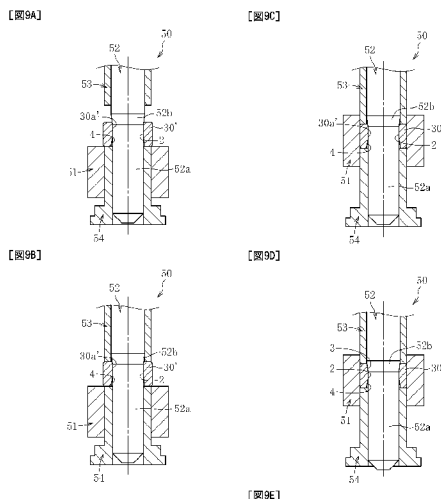
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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),

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SINTERED BEARING, AND SINTERED BEARING

(54) 発明の名称: 焼結軸受の製造方法および焼結軸受



(57) Abstract: Provided is a method for manufacturing a sintered bearing (1) in which a cylindrical part (2) of fixed diameter and a one-side-enlarged-diameter part (an enlarged-diameter part) (3) that gradually increases in diameter toward one axial side are provided so as to be axially joined in the inner peripheral surface, wherein: a cylindrical-part-molding surface (52a) provided to a core (52) is press-fitted into the inner peripheral surface of a sintered body (30') from one axial side when a tubular sintered body (30') is sized; and a one-side-enlarged-diameter-surface-molding surface (52b), which is provided so as to be axially joined with the cylindrical-part-molding surface (52a), is then pressed against the inner peripheral surface (30a') of the sintered body (30') while the outer peripheral surface of the sintered body (30') is restrained by a die (51), whereby the cylindrical part (2) and the one-side-enlarged-diameter part (3) are molded in the inner peripheral surface of the sintered body (30').

(57) 要約: 内周面に、径一定の円筒部(2)と、軸方向一方側へ向けて徐々に拡張した一方側拡張部(拡張部)(3)とが軸方向に連ねて設けられた焼結軸受(1)の製造方法であって、筒状の焼結体(30')をサイジングするに際し、コア(52)に設けた円筒部成形面(52a)を軸方向一方側から焼結体(30')の内周面に圧入し、その後、焼結体(30')の外周面をダイ(51)により拘束した状態で円筒部成形面(52a)と軸方向に連ねて設けた一方側拡張面成形面(52b)を焼結体(30')の内周面(30a')に押し付けることにより、焼結体(30')の内周面に円筒部(2)および一方側拡張部(3)を成形する。

WO 2016/147925 A1

WO 2016/147925 A1



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))

明 細 書

発明の名称： 焼結軸受の製造方法および焼結軸受

技術分野

[0001] 本発明は、焼結軸受の製造方法および焼結軸受に関する。

背景技術

[0002] 焼結軸受は、通常、その内部気孔に潤滑油を含浸させた状態で使用され、この場合、内周に挿入された軸との相対回転に伴って、内部気孔に含浸させた潤滑油が軸との摺動部に滲み出す。そして、滲み出した潤滑油が油膜を形成し、この油膜によって軸が相対回転自在に支持される。このような焼結軸受（焼結含油軸受）は、例えば、車両のウィンドガラスを開閉するためのパワーウィンド用動力伝達機構に組み込まれて使用される。

[0003] パワーウィンド用動力伝達機構は、例えば図 2 4 に示すように、モータ 2 6 1 と、モータ 2 6 1 で回転される軸 2 6 2 と、軸 2 6 2 に設けられたウォームギア 2 6 3 と、ウォームギア 2 6 3 と噛み合うホイールギア 2 6 4 とを主に備え、モータ 2 6 1 から軸 2 6 2 に入力された回転動力を、ウォームギア 2 6 3 を介してホイールギア 2 6 4 に減速した状態で伝達し、さらに図示しないウィンドガラスの開閉機構へと伝達する。軸 2 6 2 は、軸方向に離間して配置された複数の軸受 2 6 5 によりハウジング 2 6 6 に対して回転自在に支持されている。このような軸 2 6 2 を支持する軸受 2 6 5 として、焼結軸受（焼結含油軸受）が好適に使用される。

[0004] 図 2 4 に示す動力伝達機構においては、ウォームギア 2 6 3 とホイールギア 2 6 4 との噛み合いにより軸 2 6 2 の一部（長手方向の一部）に軸直交方向の荷重 F が加わるため、軸 2 6 2 にたわみが生じる。この場合、軸 2 6 2 の一部は、軸線に対して傾斜した状態で軸受 2 6 5 に対して相対回転するため、軸 2 6 2 の外周面が軸受 2 6 5 の内周面（軸受面）に局所的に摺動し、軸受面の摩耗や異常音の発生などの不具合が生じる恐れがある。

[0005] そこで、上記のような動力伝達機構においては、例えば下記の特許文献 1

、 2 に開示されているような焼結軸受、具体的には、内周面に、円筒部と、円筒部の軸方向一方側に隣接して設けられ、軸方向一方側に向けて徐々に拡張した拡張部（一方側拡張部）とを有する焼結軸受を使用することが検討されている。つまり、拡張部をウォームギア 2 6 3 に近い側に配置するようにして上記の焼結軸受を動力伝達機構に組み込めば、軸 2 6 2 の一部にたわみが生じた場合でも、軸 2 6 2 の外周面を焼結軸受の拡張部で支持することができる。そのため、焼結軸受の内周面における応力集中を緩和することができ、上記の各種不具合の発生を可及的に防止できる。

[0006] 内周面に円筒部および拡張部を有する上記の焼結軸受は、例えば下記の特許文献 3 に記載されているように、円筒状の焼結体の内周面にサイジングを施すことで得ることができる。具体的には、まず、第 1 コアロッドに設けた円筒部の形状に対応する円筒部成形面を、焼結体の内周面（内周面のうち円筒部の成形予定領域）に押し付けることにより円筒部を成形し、その後、第 2 コアロッドに設けた拡張部の形状に対応する拡張部成形面を、焼結体の内周面のうち拡張部の成形予定領域に押し付ける（徐々に押し込む）ことにより拡張部を成形する。

[0007] また、特許文献 2 に記載の焼結軸受では、拡張部の密度を高めて表面開孔率を小さくすることにより、拡張部から内部気孔への潤滑油の侵入を抑制し、軸を支持する機能を高めている。焼結軸受の内周面（円筒部および拡張部）の密度の調整は、サイジング工程における圧縮量を加減することにより行っている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献 1：実開平 3－7 3 7 2 1 号公報

特許文献 2：特公平 8－1 9 9 4 1 号公報

特許文献 3：特開 2 0 0 4－3 0 8 6 8 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 上記のように、（長手方向の一部が）軸線に対して傾斜した状態で相対回転する場合がある軸 2 6 2 を精度良く支持するには、上記の焼結軸受のうち、内周面に設けた円筒部および拡径部のそれぞれを精度良く形成し、かつ円筒部と拡径部の境界部も高精度に形成する必要がある。また、焼結軸受は量産部品であることから、極力安価に製造可能であることが望まれる。

[0010] しかしながら、特許文献 3 のように、円筒部および拡径部を個別に成形した場合、特に、第 2 コアロッドの拡径部成形面を焼結体の内周面に徐々に押し込むのに伴って、焼結体の肉が焼結体の軸方向中央側（第 2 コアロッドの移動方向前方側）に向けて移動し、最終的には、円筒部のうち拡径部との境界部付近に、凸状の隆起部が形成され易くなる。この場合、両部の境界部の位置が一定とならない（個体間でばらつく）、円筒部の真円度（円筒度）に狂いが生じる、などといった不都合が生じるため、軸 2 6 2 の支持精度が低下する。そのため、軸 2 6 2 を高精度に支持可能とするには、焼結体の内周面を高精度に仕上げるための追加工が必要となるため、製造コストが増大する。

[0011] また、特許文献 2 のように、内周面の拡径部の密度を高めるだけでは、軸の回転精度が十分に高められない場合がある。このような問題は、焼結軸受を固定して軸が回転する場合だけでなく、軸を固定して焼結軸受が回転する場合にも同様に生じ得る。

[0012] 以上の事情に鑑み、本発明の第 1 の課題は、軸線に対して傾斜した状態で相対回転する場合がある軸を長期間に亘って精度良く支持することのできる焼結軸受を低コストに提供することにある。

[0013] また、本発明の第 2 の課題は、焼結軸受の内周に挿入される軸の相対回転精度を十分に高めることにある。

課題を解決するための手段

[0014] 上記の第 1 の課題を解決するために創案された第 1 発明に係る焼結軸受の製造方法は、内周面に、径一定の円筒部と、該円筒部の軸方向一方側に隣接

配置され、軸方向一方側へ向けて徐々に拡径した拡径部とを備えた焼結軸受の製造方法であって、筒状の焼結体をサイジングするに際し、円筒部の形状に対応する円筒部成形面と、拡径部の形状に対応する拡径部成形面とを軸方向に連ねて設けたサイジングコアの円筒部成形面を軸方向一方側から焼結体の内周面に圧入し、その後、焼結体の外周面を筒状のダイにより拘束した状態でサイジングコアの拡径部成形面を焼結体の内周面に押し付けることにより、焼結体の内周面に円筒部および拡径部を成形することを特徴とする。

[0015] このような製造方法によれば、焼結軸受の内周面に設けるべき円筒部および拡径部が、これらの形状に対応する円筒部成形面および拡径部成形面が軸方向に連ねて設けられたサイジングコアを用いて成形され、しかも、拡径部は、焼結体の外周面がダイにより拘束されると共に、焼結体の内周面（内周面のうち円筒部の成形領域）がサイジングコアの円筒部成形面により拘束された状態で成形される。この場合、サイジングコアの拡径部成形面の押し込み（押し付け）に伴って焼結体内周部で肉の移動が生じても、肉は、サイジングコアの移動方向前方側（円筒部の側）ではなく、主に焼結体の径方向（厚さ方向）の中心側に向けて移動する。このため、円筒部および拡径部、さらには両部の境界部（要するに、焼結軸受の内周面のうち、軸の支持に関与する領域全体）を一工程で狙い形状に仕上げることができる。従って、軸が軸線に対して傾斜しているか否かに関わらず、当該軸を長期間に亘って精度良く支持することのできる焼結軸受を低コストに得ることができる。

[0016] 上記構成において、焼結体の内周面のうち、サイジングコアの円筒部成形面の圧入に伴って円筒部成形面が摺動した領域に、サイジングコアの拡径部成形面を押し付けるのが好ましい。このようにすれば、拡径部は、焼結体の内周面のうち、サイジングコアとの摺動に伴って目潰しがなされた領域に加圧成形（圧縮成形）されるため、拡径部の表面開孔率が、円筒部の表面開孔率よりも小さくなった焼結軸受を容易に得ることができる。この場合、拡径部と支持すべき軸の外周面との間に形成される油膜の圧力（剛性）を高めることができるため、軸線に対して傾斜した状態で相対回転する軸を精度良く

支持可能となる。

[0017] ダイによる焼結体の外周面の拘束は、例えば、サイジングコアの円筒部成形面を焼結体の内周面に圧入した後、焼結体（の外周面）をダイに対して圧入することにより行うことができる。このようにすれば、外周面の表面開孔率が小さくなった焼結軸受を容易に得ることができる。このような手順以外にも、例えば、サイジングコアの円筒部成形面を焼結体の内周面に圧入すると同時に、焼結体をダイに対して圧入することにより、焼結体の外周面をダイにより拘束することができる。

[0018] 上記の第1の課題は、内周面に、径一定の円筒部と、円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、軸方向一方側に向けて徐々に拡張する一方側拡張部と、円筒部の軸方向他方側に隣接配置され、軸方向他方側に向けて徐々に拡張する他方側拡張部とを備えた焼結軸受の製造方法であって、筒状の焼結体をサイジングするに際し、焼結体の外周面を筒状の第1ダイにより拘束した状態で、他方側拡張部の形状に対応する他方側拡張部成形面を備えた第1サイジングコアの上記他方側拡張部成形面を焼結体の内周面に押し付けることにより、焼結体の内周面に他方側拡張部を成形する一次サイジングを行い、次いで、円筒部の形状に対応する円筒部成形面と、一方側拡張部の形状に対応する一方側拡張部成形面とを軸方向に連ねて設けた第2サイジングコアの円筒部成形面を軸方向一方側から焼結体の内周面に圧入し、その後、焼結体の外周面を筒状の第2ダイにより拘束した状態で第2サイジングコアの一方側拡張部成形面を焼結体の内周面に押し付けることにより、焼結体の内周面に円筒部および一方側拡張部を成形する二次サイジングを行うことを特徴とする焼結軸受の製造方法、によっても解決することができる。

[0019] すなわち、二次サイジングを上記態様で実施すれば、二次サイジングで成形される円筒部および一方側拡張部、さらには両部の境界部については、二次サイジングのみで狙い形状に仕上げるることができる。

[0020] 二次サイジングでは、焼結体の内周面のうち、第2サイジングコアの円筒部成形面の圧入に伴って円筒部成形面が摺動した領域に、第2サイジングコ

アの一方側拡張部成形面を押し付けることができる。このようにすれば、一方側拡張部は、焼結体の内周面のうち、第2サイジングコアの一方側成形面との摺動により目潰しされた領域に加圧成形されるため、一方側拡張部の表面開孔率が、円筒部の表面開孔率よりも小さくなった焼結軸受を容易に得ることができる。

[0021] 一次サイジングの実行中、焼結体の内周面のうち、円筒部および一方側拡張部の成形予定領域と、第1サイジングコアとを非接触の状態に保持することができる。このようにすれば、二次サイジングで成形される円筒部および一方側拡張部の表面開孔率が極端に小さくなり、円筒部および一方側拡張部の表面開孔から滲み出す潤滑油量が極端に少なくなるのを可及的に防止することができる。

[0022] 第1ダイによる焼結体の外周面の拘束力を相対的に小さくし、第2ダイによる焼結体の外周面の拘束力を相対的に大きくすれば、一方側拡張部と他方側拡張部との間で表面開孔率に差がある焼結軸受を容易に得ることができる。

[0023] 内周面に、円筒部、一方側拡張部および他方側拡張部を備えた焼結軸受を得るためにサイジングに供される焼結体としては、内周面のうち、円筒部、一方側拡張部および他方側拡張部の成形予定領域が径一定の円筒面に形成されたものを使用しても良いし、内周面のうち、円筒部および一方側拡張部の成形予定領域が径一定の円筒面に形成されると共に、他方側拡張部の成形予定領域が軸方向他方側に向けて徐々に拡張したテーパ面に形成されたものを使用しても良い。

[0024] また、上記の第1の課題を解決するため、本願では、内周面に、径一定の円筒部と、円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、軸方向一方側に向けて徐々に拡張する拡張部とを備え、円筒部および拡張部が筒状の焼結体にサイジングを施すことで成形された焼結軸受において、円筒部を、サイジングコアでしごいて成形した面とし、拡張部を、サイジングコアによるしごきを経て圧縮成形された面としたことを特徴とする焼結軸受を提供する。

[0025] また、上記の第1の課題を解決するため、本願では、内周面に、径一定の円筒部と、円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、軸方向一方側に向けて徐々に拡径する一方側拡径部と、円筒部の軸方向他方側に隣接配置され、軸方向他方側に向けて徐々に拡径する他方側拡径部とを備え、円筒部、一方側拡径部および他方側拡径部が筒状の焼結体にサイジングを施すことで成形された焼結軸受において、他方側拡径部を、サイジングコアによるしごきを経ずに圧縮成形した面とし、円筒部を、サイジングコアでしごいて成形した面とし、一方側拡径部を、サイジングコアによるしごきを経て圧縮成形した面としたことを特徴とする焼結軸受を提供する。

[0026] 上記の第2の課題を解決するために創案された第2発明に係る焼結軸受は、筒状の焼結体からなり、内部空孔に潤滑油が含浸された焼結軸受であって、内周面に、円筒部と、円筒部の軸方向一方側に隣接して設けられ、軸方向一方側に向けて徐々に拡径し、円筒部よりも密度の高い拡径部とを有し、外周面のうち、拡径部の軸方向領域に、他の領域よりも密度の高い高密度部を設けたことを特徴とする。

[0027] このように、内周面の拡径部を高密度化して表面開孔率を小さくするだけでなく、焼結体のうち、拡径部の軸方向領域を外周側から高密度化すれば、拡径部の軸方向領域における焼結体の密度がさらに高められ、拡径部の表面開孔から焼結体の内部に潤滑油が一層侵入しにくくなる。これにより、拡径部と軸との間に介在する油膜の圧力が一層高められる。

[0028] 高密度部は、軸方向一方側へ向けて徐々に縮径したテーパ面とすることができる。また、焼結軸受の外周面は、ストレートな円筒面とすることができる。また、拡径部は、サイジングにより圧縮された成形面とすることができる。

[0029] 上記の第2の課題を解決するために創案された第2発明に係る焼結軸受は、例えば、原料粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧縮成形工程と、圧粉体を焼結して焼結体を得る焼結工程と、焼結体を圧縮成形するサイジング工程と、焼結体の内部空孔に潤滑油を含浸させる含油工程とを有する焼結軸受の製

造方法であって、サイジング工程で、焼結体の内周面に、円筒部と、円筒部の軸方向一方側に隣接して設けられ、軸方向一方側へ向けて徐々に拡張し、円筒部よりも密度の高い拡張部とを成形すると共に、焼結体の外周面のうち、拡張部の軸方向領域に、他の領域よりも密度の高い高密度部を成形する焼結軸受の製造方法により製造することができる。

[0030] この場合、圧縮成形工程で、圧粉体の外周面をストレートな円筒面に成形し、サイジング工程で、焼結体の外周面を圧縮することにより、他の領域よりも小径な高密度部を成形することができる。この場合、サイジング工程は、焼結体の外周面に高密度部を成形する一次サイジング工程と、焼結体の内周面に円筒部および拡張部を成形する二次サイジング工程とを有するものとすることができる。

[0031] 上記構成において、圧縮成形工程で圧粉体の外周面に大径部および小径部を設け、焼結工程で圧粉体を焼結することにより、外周面に大径部および小径部を有する焼結体を得、サイジング工程で、焼結体の外周面をストレートな円筒面状に成形しても良い。

発明の効果

[0032] 以上のように、本願の第1発明によれば、軸が軸線に対して平行な状態で相対回転するか、もしくは軸が軸線に対して傾斜した状態で相対回転するかに関わらず、当該軸を、長期間に亘って精度良く支持することのできる焼結軸受を低コストに得ることができる。

[0033] また、本願の第2発明によれば、焼結軸受の軸心に対して軸が傾斜した場合でも、焼結軸受の内周面の拡張部と軸との間に形成される油膜が高い圧力で維持されるため、焼結軸受の拡張部による軸の支持機能が高められ、軸の相対回転精度を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]第1発明の一実施形態に係る焼結軸受の概略断面図である。

[図2]部分拡散合金粉を模式的に示す図である。

[図3]上段は扁平銅粉の側面図、下段は同平面図である。

[図4]圧粉体の概略断面図である。

[図5]圧粉体の成形中における成形金型の部分拡大断面図である。

[図6]一次サイジング工程で使用する一次サイジング金型の概略断面図である。

。

[図7A]一次サイジングの開始直後の段階を示す概略断面図である。

[図7B]一次サイジングの途中段階を示す概略断面図である。

[図7C]一次サイジングの途中段階を示す概略断面図である。

[図7D]一次サイジングの途中段階を示す概略断面図である。

[図7E]一次サイジングの完了段階を示す概略断面図である。

[図8]二次サイジング工程で使用する二次サイジング金型の概略断面図である。

。

[図9A]二次サイジングの開始直後の段階を示す概略断面図である。

[図9B]二次サイジングの途中段階を示す概略断面図である。

[図9C]二次サイジングの途中段階を示す概略断面図である。

[図9D]二次サイジングの途中段階を示す概略断面図である。

[図9E]二次サイジングの完了段階を示す概略断面図である。

[図10A]サイジング前の焼結体の表層部を模式的に示す拡大図である。

[図10B]円筒部の表面を模式的に示す拡大図である。

[図10C]一方側拡径部の表面を模式的に示す拡大図である。

[図10D]他方側拡径部の表面を模式的に示す拡大図である。

[図11]第1発明の他の実施形態に係る圧粉体の概略断面図である。

[図12]第1発明の他の実施形態に係る焼結軸受の概略断面図である。

[図13]第2発明の一実施形態に係る焼結軸受の断面図である。

[図14]上段は扁平銅粉の側面図、下段は同平面図である。

[図15]図13に示す焼結軸受の前駆体である圧粉体の断面図である。

[図16A]一次サイジング工程の初期段階を示す断面図である。

[図16B]一次サイジング工程の途中段階を示す断面図である。

[図16C]一次サイジング工程の途中段階を示す断面図である。

[図17A]二次サイジング工程の初期段階を示す断面図である。

[図17B]二次サイジング工程の途中段階を示す断面図である。

[図17C]二次サイジング工程の途中段階を示す断面図である。

[図18]第2発明の他の実施形態に係る焼結軸受の断面図である。

[図19]焼結軸受のハウジングへの固定方法の一例を示す断面図である。

[図20]第2発明の他の実施形態に係る圧粉体の断面図である。

[図21A]他の実施形態に係る一次サイジング工程の初期段階を示す断面図である。

[図21B]他の実施形態に係る一次サイジング工程の途中段階を示す断面図である。

[図22A]他の実施形態に係る二次サイジング工程の初期段階を示す断面図である。

[図22B]他の実施形態に係る二次サイジング工程の途中段階を示す断面図である。

[図23]図21の一次サイジング工程及び図22の二次サイジング工程を経て製造された焼結軸受の断面図である。

[図24]パワーウィンド用動力伝達機構の概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[0036] 図1に、本願の第1発明の一実施形態に係る焼結軸受1を示す。この焼結軸受1は、例えば図24に示すパワーウィンド用動力伝達機構において軸262を支持するために使用される軸受であって、詳細には、軸262のうち、ウォームギア263の軸方向両側の部分を支持する一対の軸受265、265として使用されるものである。なお、以下の焼結軸受1の説明では、軸方向で相対的にウォームギア263に近い側を「軸方向一方側」と言い、その反対側を「軸方向他方側」と言う。

[0037] 焼結軸受1は、円筒状の焼結体からなり、内部気孔に潤滑油を含浸させた状態で使用される。潤滑油としては、例えばエステル系潤滑油が使用され、

その中でも、動粘度が $30\text{ mm}^2/\text{sec}$ 以上 $200\text{ mm}^2/\text{sec}$ 以下のものが好ましく使用される。焼結軸受1を構成する焼結体は、例えば、銅系、鉄系、あるいは銅鉄系の焼結体とされ、本実施形態では銅および鉄を主成分とした銅鉄系の焼結体とされる。

[0038] 焼結軸受1は、内周面に、円筒部2と、円筒部2の軸方向一方側（図1において右側）に隣接配置され、軸方向一方側へ向けて徐々に拡径した一方側拡径部3と、円筒部2の軸方向他方側（図1において左側）に隣接配置され、軸方向他方側に向けて徐々に拡径した他方側拡径部4とを有する。この焼結軸受1を図24に示すパワーウィンド用動力伝達機構で使用する場合、円筒部2は、たわみがない状態（軸線と平行な状態）で回転する軸262（図1中の実線参照）を支持する軸受面として機能し、一方側拡径部3は、ウォームギア263がウォームホイール264から力F（図24参照）を受けることにより、たわみが生じた状態（軸線に対して傾斜した状態）で回転する軸262（図1中の二点鎖線参照）を支持する軸受面として機能する。これに対し、他方側拡径部4は、軸262のたわみの有無に関わらず軸受面として機能しない。要するに、焼結軸受1の他方側拡径部4に対して軸262は摺動しない。

[0039] 本実施形態において、一方側拡径部3および他方側拡径部4は、軸線に対して同じ角度で傾斜しており、その傾斜角は例えば $0.5^\circ \sim 3^\circ$ 、好ましくは $1^\circ \sim 2^\circ$ 程度とされる。なお、図1では理解の容易化のために両拡径部3、4の傾斜角を誇張して示している。

[0040] 焼結軸受1の内周面に設けた円筒部2、一方側拡径部3および他方側拡径部4はそれぞれ表面開孔率が異なる。ここでは、一方側拡径部3の表面開孔率（B）が円筒部2の表面開孔率（A）よりも小さく（ $B < A$ ）、円筒部2の表面開孔率（A）が他方側拡径部4の表面開孔率（C）よりも小さい（ $A < C$ ）。すなわち、焼結軸受1の内周面に設けた各部2～4の表面開孔率A～Cは、 $C > A > B$ の関係となっている。また、焼結軸受1の外周面は径一定の円筒面に形成されており、外周面の表面開孔率は円筒部2の表面開孔率

(A)と同程度である。詳細は後述するが、焼結軸受1の内周面に設けた円筒部2、一方側拵径部3および他方側拵径部4、並びに焼結軸受1の外周面は、何れも、筒状の焼結体にサイジングを施すことで所定の形状および表面開孔率に仕上げられている。

[0041] 以上の構成において、モータ261（図24参照）を駆動して軸262が回転すると、これに伴って、焼結軸受1の内部気孔に含浸させた潤滑油が焼結軸受1の内周面と軸262の外周面との間（の軸受隙間）に滲み出す。そして、軸262のたわみが小さい状態では、焼結軸受1の円筒部2と軸262の外周面との間に油膜が形成され、この油膜を介して軸262が回転自在に支持される。一方、軸262のたわみが大きくなると、焼結軸受1の一方側拵径部3と軸262の外周面との間に形成される油膜を介して軸262が回転自在に支持される。

[0042] また、焼結軸受1の他方側拵径部4とこれに対向する軸262の外周面との間には、潤滑油の油面を保持可能なシール部（テーパシール部）を形成することができる。そのため、焼結軸受1の内周面と軸262の外周面との間に介在する潤滑油が焼結軸受1の軸方向他方側の開口部を介して軸受外部に流出するのを効果的に防止することができる。

[0043] また、上記のとおり、他方側拵径部4の表面開孔率（C）が円筒部2および一方側拵径部3の表面開孔率（A，B）よりも大きいことから、軸262の回転時には、他方側拵径部4が面する領域に介在する潤滑油を他方側拵径部4の表面開孔を介して焼結軸受1の内部気孔に引き込むことができる。内部気孔に引き込まれた潤滑油は、軸262の回転時に、円筒部2や一方側拵径部3の表面開孔を介して軸262との摺動部（軸受隙間）に再度滲み出す。このように、本実施形態の焼結軸受1では、その内部気孔と軸受隙間との間で潤滑油を行き来させる（流動循環させる）ことができるので、潤滑油の特性変化を可及的に防止し、軸262を長期間に亘って安定的に支持することができる。

[0044] 上記の構成を有する焼結軸受1は、混合工程、圧縮成形工程、焼結工程、

サイジング工程および含油工程を順に経て製造される。以下、各工程について詳述する。

[0045] [混合工程]

混合工程は、複数種の粉末を混合することにより、圧粉体の成形用粉末（原料粉末）を得る工程であり、本実施形態では、主原料粉、低融点金属粉、および固体潤滑剤粉を混合することで原料粉末を得る。原料粉末には、必要に応じて各種成形助剤、例えば離型性向上のための潤滑剤が添加される。なお、以下で説明する原料粉末はあくまでも一例であり、原料粉末に含める粉末の種類や配合比は、焼結軸受 1 に対する要求特性等に応じて適宜変更される。

[0046] 主原料粉は、銅および鉄を含む金属粉末であり、本実施形態では、主原料粉として、部分拡散合金粉と扁平銅粉を混合したものが使用される。図 2 に示すように、部分拡散合金粉 1 1 としては、例えば、鉄粉 1 2 の表面に多数の銅粉 1 3 を部分拡散させた Fe-Cu 部分拡散合金粉が使用される。この部分拡散合金粉 1 1 の拡散部分では Fe-Cu 合金が形成されており、この合金部分は鉄原子 1 2 a と銅原子 1 3 a とが相互に結合し、配列した結晶構造を有する（図 2 中の拡大図を参照）。

[0047] 部分拡散合金粉 1 1 を構成する鉄粉 1 2 としては、還元鉄粉やアトマイズ鉄粉等、公知の鉄粉を使用することができ、本実施形態では、内部気孔を有する海綿状（多孔質状）をなし、含油性に優れた還元鉄粉を使用する。また、銅粉 1 3 としては、例えば、電解銅粉やアトマイズ銅粉等を使用することができ、本実施形態では、表面に多数の凹凸を有すると共に粒子全体として球形に近似した不規則形状をなし、成形性に優れたアトマイズ銅粉を使用する。銅粉 1 3 には、鉄粉 1 2 よりも小粒径のものが使用される。なお、部分拡散合金粉 1 1 における銅の割合は、例えば 10～30 wt %（好ましくは 22～26 wt %）とする。

[0048] 扁平銅粉は、水アトマイズ粉等からなる原料銅粉を搗碎（Stamping）することで扁平化させたものである。図 3 に示すように、扁平銅粉 1 4

としては、各粒子の長さ L が $20 \sim 80 \mu\text{m}$ 、厚さ t が $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ （アスペクト比 $L/t = 13.3 \sim 160$ ）のものが主に用いられる。ここで言う「長さ」および「厚さ」は、扁平銅粉14の各粒子の幾何学的な最大寸法を言う。扁平銅粉14の見かけ密度は 1.0 g/cm^3 以下とする。扁平銅粉14には、成形金型の成形面（キャビティの画成面）への付着性を高めるため、予め流体潤滑剤を付着させておくことが好ましい。流体潤滑剤は、原料粉末を金型に充填する前に扁平銅粉14に付着させていれば良く、好ましくは扁平銅粉14をその他の粉末と混合する前、より好ましくは原料銅粉を搗碎する段階で原料銅粉に付着させる。流体潤滑剤としては、脂肪酸、特に直鎖飽和脂肪酸、具体的にはステアリン酸を使用することができる。

[0049] 低融点金属粉15（図5参照）としては、例えば錫、亜鉛、リン等、銅よりも低融点の金属の粉末が使用され、この中でも、焼結時の蒸散が少ない錫が好ましい。低融点金属粉15としては、部分拡散合金粉11よりも小粒径のものが使用される。これら低融点金属粉15は、銅に対して高いぬれ性を持つので、後述する焼結工程の実行時には、まず低融点金属（本実施形態では錫）が溶融して銅粉の表面をぬらし、銅に拡散して銅を溶融させる。そして、溶融した銅と低融点金属の合金化により液相焼結が進行するため、鉄粒子相互間、鉄粒子と銅粒子の間、および銅粒子相互間の結合強度が強化される。

[0050] 固体潤滑剤粉は、主に、軸62と焼結軸受1の摩擦力を低減するために添加され、例えば黒鉛粉が使用される。黒鉛粉としては、扁平銅粉14に対する付着性が良好な鱗片状黒鉛粉を使用するのが好ましい。固体潤滑剤粉としては、黒鉛粉以外にも、例えば二硫化モリブデン粉を使用できる。なお、固体潤滑剤粉を添加しておけば、原料粉末を構成する粒子同士の摩擦力や、原料粉末と成形金型との摩擦力も低減されるので、圧粉体の成形性が向上する。

[0051] 上記原料粉末における各粉末の配合比は、例えば、Fe-Cu部分拡散合金粉11を $75 \sim 90 \text{ wt}\%$ 、扁平銅粉14を $8 \sim 20 \text{ wt}\%$ 、低融点金属

粉 1 5 としての錫粉を 0. 8 ~ 6. 0 w t %、黒鉛粉を 0. 5 ~ 2. 0 w t %とすることができる。

[0052] [圧縮成形工程]

圧縮成形工程では、上記の混合工程で得られた原料粉末を成形金型のキャビティに充填して圧縮することで、図 4 に示す圧粉体 2 0 を得る。本実施形態において、圧粉体 2 0 の内周面は径一定の円筒面に形成され、また、圧粉体 2 0 の外周面は、圧粉体 2 0 の両端外周縁部に形成される面取り部を除いて径一定の円筒面に形成される。

[0053] ここで、本実施形態で使用する原料粉末に含まれる金属粉の中では、扁平銅粉 1 4 の見かけ密度が最も小さい。また、扁平銅粉 1 4 は、図 3 に示したような薄板状で、かつ単位重量あたりの幅広面の面積が大きい。そのため、原料粉末を成形金型のキャビティに充填すると、扁平銅粉 1 4 は、その表面に付着させた流体潤滑剤による付着力、さらにはクーロン力等の影響を受けて成形金型の成形面に付着する。より詳細に述べると、扁平銅粉 1 4 は、図 5 に示すように、その幅広面 1 4 a を成形金型 2 3 の成形面 2 4 に向け、かつ層状に重なった状態で成形面 2 4 の全域に付着する。その一方、扁平銅粉 1 4 の層状組織よりも内側の領域（キャビティの中心側となる領域）では、部分拡散合金粉 1 1、扁平銅粉 1 4、低融点金属粉（錫粉） 1 5、および図示しない黒鉛粉の分散状態が全体で均一化している。そして、成形後の圧粉体 2 0 は、上記したような各粉末の分布状態をほぼそのまま保持する。

[0054] [焼結工程]

焼結工程では、圧粉体 2 0 を焼結することにより、隣接する金属粉末（粒子）同士が結合した焼結体 3 0（図 6 参照）を得る。本実施形態では、焼結体 3 0 にサイジングを施すことで得られる焼結軸受 1 の内周面を銅組織が支配的な（銅の面積比が最大の）銅リッチ面に形成することができ、かつ焼結体 3 0 の鉄組織がフェライト相とパーライト相の二相組織となるように焼結条件が設定される。上記のように、軸受面を銅リッチ面に形成すれば、軸 6 2 との摺動性に優れた焼結軸受 1 を得ることができ、また、鉄組織をフェラ

イト相とパーライト相の二相組織とすれば、硬質のパーライト相が焼結軸受 1 の軸受面の耐摩耗性向上に寄与するので、焼結軸受 1 の耐久寿命を向上させることができる。但し、鉄組織に占めるパーライト相の割合が過剰になると、パーライト相による軸 6 2 に対する攻撃性が増すため、軸 6 2 が摩耗し易くなる。そのため、パーライト相は、フェライト相の粒界に点在する程度に抑えるのが好ましい。

[0055] ここで、焼結温度（焼結炉の炉内雰囲気温度）を、例えば 900℃を超える温度に設定すると、圧粉体 20 に含まれる黒鉛粉中の炭素が鉄と反応し、パーライト相が必要以上に形成される。ましてや、焼結温度を、銅鉄系の焼結体を得る際に一般的に採用されるような高温（概ね 1100℃以上）に設定すると、焼結に伴って圧粉体 20 の表層部に存在する扁平銅粉 14 が溶融し、銅が圧粉体 20（焼結体 30）の内部に引き込まれるため、銅リッチの軸受面を得ることが難しくなる。一方、前述したように、本実施形態では、圧粉体 20 に含まれる低融点金属粉 15 を溶融させて液相焼結を進行させることにより、粒子相互間の結合強度を確保するため、焼結温度の下限は低融点金属の融点よりも高い温度に設定する必要がある。

[0056] 以上に鑑み、本実施形態では、焼結温度を、820℃～900℃程度とし、かつ炉内雰囲気として炭素を含むガス（例えば、天然ガスやRXガス）雰囲気で圧粉体 20 を焼結する。このような焼結条件で圧粉体 20 を焼結すれば、まずは、焼結温度が銅の融点よりも十分に低いことに由来して、銅リッチの軸受面を備えた焼結体 30（焼結軸受 1）を得ることができ、また、焼結時に使用するガスに含まれる炭素が鉄に拡散してパーライト相を形成することに由来して、パーライト相を適度に含む鉄組織を備えた焼結体 30 を得ることができる。

[0057] [サイジング工程]

このサイジング工程では、焼結体 30 の内周面および外周面を所定形状（完成品形状）に仕上げるためのサイジングを焼結体 30 に施す。本実施形態では、サイジング工程が、一次サイジング工程と二次サイジング工程の二段

階に分けて実行される。以下、各サイジング工程について図面を参照しながら詳細に説明する。

- [0058] 一次サイジング工程では、焼結体 30 の内周面 30 a に他方側拡張部 4 を圧縮成形する。この工程で使用される一次サイジング金型 40 は、図 6 に示すように、同軸配置された第 1 ダイとしてのダイ 41、第 1 サイジングコアとしてのコア 42、上パンチ 43 および下パンチ 44 を有し、コア 42、上パンチ 43 および下パンチ 44 は、図示しない駆動機構により昇降移動可能とされている。
- [0059] ダイ 41 の内周面は径一定の円筒面に形成されている。ダイ 41 の内径寸法 d_4 は、焼結体 30 をダイ 41 の内周に滑らかに導入できる一方で、他方側拡張部 4 の圧縮成形時（図 7 D 参照）には焼結体 30 の外周面を拘束可能な寸法に設定される。これを実現するため、ダイ 41 の内径寸法 d_4 は、焼結体 30 の外径寸法 d_2 と同じか、あるいは僅かに大きく設定される。具体的には、ダイ 41 の内径寸法 d_4 と焼結体 30 の外径寸法 d_2 の寸法差を、例えば $10\ \mu\text{m}$ 以下 ($0\ \mu\text{m} \leq d_4 - d_2 \leq 10\ \mu\text{m}$) 程度に設定する。
- [0060] コア 42 は、他方側拡張部 4 の形状に対応した他方側拡張部成形面 42 a（以下、単に「成形面 42 a」ともいう）と、この成形面 42 a の下方に連設された径一定の円筒面 42 b とを有する。円筒面 42 b の外径寸法 d_3 は、他方側拡張部 4 の圧縮成形時（図 7 D 参照）においても、焼結体 30 の内周面 30 a と接触しない寸法に設定されている。つまり、コア 42 の円筒面 42 b の外径寸法 d_3 は、焼結体 30 の内径寸法 d_1 よりも十分に小さく設定されている。
- [0061] 以上の構成を有する一次サイジング金型 40 において、まず、図 6 に示すように、ダイ 41 の上端面と同一面上にある下パンチ 44 の上端面に焼結体 30 を載置し、その後、図 7 A に示すようにコア 42 および上パンチ 43 を下降移動させ、焼結体 30 の内周にコア 42 の円筒面 42 b を挿入する。このとき、上述した寸法関係から、焼結体 30 の内周面 30 a とコア 42 の円筒面 42 b とは径方向の隙間を介して対向する。

[0062] 次いで、図 7 B に示すように、上パンチ 4 3 を下降移動させ、上パンチ 4 3 と下パンチ 4 4 とで焼結体 3 0 を軸方向に挟持してから（焼結体 3 0 の軸方向の伸長変形を規制可能な状態にしてから）、図 7 C に示すように、コア 4 2、上パンチ 4 3 および下パンチ 4 4 を一体的に下降移動させてダイ 4 1 の内周に焼結体 3 0 を導入する。ダイ 4 1 の内周に焼結体 3 0 が導入された後、図 7 D に示すように、コア 4 2 をさらに下降移動させ、焼結体 3 0 の内周に成形面 4 2 a を徐々に押し込む。これに伴い、焼結体 3 0 が径方向に膨張変形し、焼結体 3 0 の外周面がダイ 4 1 の内周面で拘束されると共に、焼結体 3 0 の内周面 3 0 a の一部円筒領域がコア 4 2 の成形面 4 2 a に押し付けられる。これにより、焼結体 3 0 の内周面 3 0 a の一部円筒領域が成形面 4 2 a に倣って変形し、他方側拡張部 4 が成形される。焼結体 3 0 の内周面 3 0 a に他方側拡張部 4 を圧縮成形している間も、焼結体 3 0 の内周面 3 0 a の残りの円筒領域（円筒部 2 および一方側拡張部 3 の成形予定領域）とコア 4 2 の円筒面 4 2 b とは非接触の状態に保持される。従って、一次サイジング工程では、焼結体 3 0 の内周面 3 0 a に他方側拡張部 4 のみが圧縮成形される。

[0063] 以上のようにして内周面に他方側拡張部 4 が成形された焼結体 3 0 は、図 7 E に示すように、一次サイジング金型 4 0 から離型される。焼結体 3 0 の離型は、例えば、コア 4 2、上パンチ 4 3 および下パンチ 4 4 を一体的に上昇移動させることで焼結体 3 0 をダイ 4 1 から排出した後、コア 4 2 および上パンチ 4 3 をさらに上昇移動させることにより行う。これに伴い、焼結体 3 0 の内径寸法および外径寸法はスプリングバックにより拡大するため、コア 4 2 はスムーズに抜き取られる。

[0064] 以上で説明したように、一次サイジング工程では、焼結体 3 0 の内周面 3 0 a に他方側拡張部 4 のみが成形される。そのため、一次サイジングが施された焼結体（以下、この焼結体を「焼結体 3 0' 」ともいう）内周面の表面開孔率は、他方側拡張部 4 が成形された領域で相対的に小さく、他の円筒領域（円筒部 2 および一方側拡張部 3 の成形予定領域）で相対的に大きくなる

。なお、他方側拡径部4は、円筒状をなした焼結体30の内周面30aにテーパ状をなした他方側拡径部成形面42aを押し付けることで成形されるので、他方側拡径部4の軸方向範囲内における表面開孔率は、軸方向他方側（円筒部2から離反した側）の端部で最も小さくなり、軸方向一方側に向かうにつれて徐々に大きくなる。また、以上で述べた一次サイジングの実施態様から、他方側拡径部4は、コア42によってしごかれずに（コア42との摺動を伴わずに）圧縮成形された面となる。

[0065] 二次サイジング工程では、焼結体30'の内周面に円筒部2および一方側拡径部3を成形する。この工程で使用される二次サイジング金型50は、図8に示すように、同軸配置された第2ダイとしてダイ51、第2サイジングコアとしてのコア52、上パンチ53および下パンチ54を有し、コア52、上パンチ53および下パンチ54は、図示しない駆動機構により昇降移動可能とされている。

[0066] ダイ51の内周面は径一定の円筒面に形成されている。ダイ51の内径寸法 d_{14} は、焼結体30'の外径寸法 d_{12} よりも十分に小さく設定されており、両者の寸法差（ $d_{12} - d_{14}$ ）は、例えば50～60 μm 程度とされる。

[0067] コア52は、円筒部2の形状に対応した円筒部成形面52aと、円筒部成形面52aの上方に連設され、一方側拡径部3の形状に対応した一方側拡径部成形面52bとを有する。円筒部成形面52aの外径寸法 d_{13} は、焼結体30'の円筒状内周面（円筒部2および一方側拡径部3の成形予定領域）30a'の内径寸法 d_{11} よりも大きく設定されており、両者の寸法差（ $d_{13} - d_{11}$ ）は、例えば20 μm 程度とされる。

[0068] 以上の構成を有する二次サイジング金型50において、まず、図8に示すように、ダイ51の上端面と同一面上にある下パンチ54の上端面に焼結体30'を載置する。このとき、焼結体30'は、一次サイジング工程で成形された他方側拡径部4を下側にした起立姿勢で二次サイジング金型50に配される。すなわち、焼結体30'は、一次サイジング金型40に配した焼結体30とは上下を逆にして二次サイジング金型50に配される。

[0069] 焼結体 30' を二次サイジング金型 50 に配した後、図 9 A に示すように、コア 52 および上パンチ 53 を下降移動させ、焼結体 30' の内周にコア 52 の円筒部成形面 52 a を挿入する。このとき、上述した円筒部成形面 52 a の外径寸法 d_{13} と焼結体 30' の内径寸法 d_{11} との関係性から、コア 52 の円筒部成形面 52 a は、焼結体 30' の円筒状内周面 30 a' と摺動しながら焼結体 30' の内周に挿入（圧入）される。これにより、焼結体 30' の円筒状内周面 30 a' は、若干量目潰しされる。

[0070] 次に、図 9 B に示すように、上パンチ 53 を下降移動させ、上パンチ 53 と下パンチ 54 とで焼結体 30' を軸方向に挟持してから（焼結体 30' の軸方向の伸長変形を規制可能な状態にしてから）、図 9 C に示すように、コア 52、上パンチ 53 および下パンチ 54 を一体的に下降移動させることでダイ 51 の内周に焼結体 30' を導入する。このとき、ダイ 51 の内径寸法 d_{14} が焼結体 30' の外径寸法 d_{12} よりも十分に小さく設定されている関係上、焼結体 30' は、その外周面がダイ 51 の内周面と摺動しながらダイ 51 の内周に導入（圧入）される。また、ダイ 51 の内周に焼結体 30' を導入する際、焼結体 30' は、軸方向の伸長変形が規制されると共に、円筒状内周面 30 a' がコア 52 の外周面で拘束されている。そのため、ダイ 51 の内周に焼結体 30' を導入するのに伴って、焼結体 30' の外周面はダイ 51 の内周面でしごかれる。これにより、焼結体 30' の外周面が成形されると共に、焼結体 30' の外周面の表面開孔率が小さくなる。ダイ 51 の内周に焼結体 30' が導入されると、焼結体 30' の外周面はダイ 51 で拘束される。

[0071] 焼結体 30' の外周面をダイ 51 により拘束した状態で、図 9 D に示すように、コア 52 をさらに下降移動させる。このとき、コア 52 は焼結体 30' の円筒状内周面 30 a' に圧入されていることから、コア 52 をさらに下降移動させるのに伴って、焼結体 30' の円筒状内周面 30 a' の一部円筒領域がコア 52 の円筒部成形面 52 a でしごかれて円筒部 2 が成形される。そして、コア 52 の下降移動がさらに進展するのに伴って、焼結体 30' の

上部内周にコア 5 2 の一方側拡張部成形面 5 2 b が押し込まれると、円筒状内周面 3 0 a' の上部円筒領域がコア 5 2 の一方側拡張部成形面 5 2 b に倣って変形し、一方側拡張部 3 が成形される。一方側拡張部 3 は、焼結体 3 0' の外周面がダイ 5 1 により拘束された状態（さらに、焼結体 3 0' の軸方向の伸長変形が規制された状態）で、円筒状内周面 3 0 a' の上部円筒領域を一方側拡張部成形面 5 2 b でさらに外径側に圧縮することで成形されることから、一方側拡張部 3 の表面開孔率（B）は円筒部 2 の表面開孔率（A）よりも小さくなる。なお、一方側拡張部 3 は、円筒状内周面 3 0 a' にテーパ状をなした一方側拡張部成形面 5 2 b を押し付けることで成形されるので、一方側拡張部 3 の軸方向範囲内における表面開孔率は、軸方向一方側（円筒部 2 から離反した側）の端部で最も小さくなり、軸方向他方側に向かうにつれて徐々に大きくなる。

[0072] 本実施形態では、一次サイジングが施される焼結体 3 0 の外径寸法 d_2 と一次サイジングで使用するダイ 4 1 の内径寸法 d_4 との寸法関係（図 6 参照）、および二次サイジングが施される焼結体 3 0' の外径寸法 d_{12} と二次サイジングで使用するダイ 5 1 の内径寸法 d_{14} との寸法関係（図 8 参照）を考慮すると、一方側拡張部 3 の圧縮成形時における焼結体外周面の拘束力は、他方側拡張部 4 の圧縮成形時における焼結体外周面の拘束力よりも大きくなる。このため、コア 5 2 の一方側拡張部成形面 5 2 b による焼結体内周面の圧縮量は、コア 4 2 の他方側拡張部成形面 4 2 a による焼結体内周面の圧縮量よりも相対的に大きくなる。その結果、一方側拡張部 3 の表面開孔率（B）を、他方側拡張部 4 の表面開孔率（C）よりも大幅に小さくすることができる。要するに、二次サイジングの実行後、焼結体内周面の表面開孔率は、一方側拡張部 3 の表面開孔率（B）が最も小さく、他方側拡張部 4 の表面開孔率（C）が最も大きくなる（ $C > A > B$ ）。

[0073] 以上のようにして、内周面に円筒部 2 および一方側拡張部 3 が成形された焼結体 3 0' は、図 9 E に示すように、二次サイジング金型 5 0 から離型される。焼結体 3 0' を二次サイジング金型 5 0 から離型する際には、例えば

、コア４２、上パンチ４３および下パンチ４４を一体的に上昇移動させることで焼結体３０'をダイ４１から排出し、その後、コア４２および上パンチ４３をさらに上昇移動させる、という手順を踏む。

[0074] なお、焼結体３０'を二次サイジング金型５０から離型する際には、コア５２および上パンチ５３を一体的に上昇移動させることでコア５２を焼結体３０'から抜き取り、その後、下パンチ５４を上昇移動させて焼結体３０'をダイ５１から排出する、という手順を踏んでも良い。このような手順を採用した場合、コア５２の抜き取りが、いわゆる無理抜きとなるため、円筒部２は追加的にしごかれる。その結果、円筒部２の表面開孔率を一層小さくすることができる。なお、このような手順で焼結体３０'を離型する場合でも、円筒部２と一方側拡張部３の表面開孔率の大小関係は変化しない。

[0075] [含油工程]

詳細な図示は省略するが、含油工程では、真空含浸等の手法により、サイジング工程で完成品形状に仕上げられた焼結体３０'の内部気孔に潤滑油（例えばエステル系潤滑油）を含浸させる。これにより、図１に示す焼結軸受（焼結含油軸受）１が完成する。

[0076] 以上のようにして得られる焼結軸受１では、一次サイジング金型４０のコア４２によるしごきを含まないサイジング（一次サイジング）により他方側拡張部４が成形され、その後、二次サイジング金型５０のコア５２によるしごきを含むサイジング（二次サイジング）により円筒部２および一方側拡張部３が成形される。また、これら一次および二次サイジングにより、円筒部２、一方側拡張部３および他方側拡張部４の表面開孔率 $A \sim C$ が、 $C > A > B$ の関係となる。このようにすれば、互いに表面開孔率の異なる円筒部２、一方側拡張部３および他方側拡張部４を焼結軸受１の内周面に成形するにあたり、上記各部２～４の全てを圧縮成形する必要がなく、円筒部２については焼結体３０'の円筒状内周面３０a'をしごくことで成形される。そのため、焼結体３０に対するサイジングは、上記各部２～４のそれぞれを圧縮成形する場合のように三種類のサイジング金型を用いて実行する必要はなく、

二段階に分けて実行すれば足りるため、焼結軸受 1 を低コストに得ることができる。

[0077] また、焼結軸受 1 の内周面に設けるべき円筒部 2 および一方側拡径部 3 が、これらの形状に対応した成形面 5 2 a, 5 2 b を軸方向に連ねて設けたコア 5 2 を用いたサイジング（二次サイジング）を焼結体 3 0' に施すことで成形され、しかも、一方側拡径部 3 は、焼結体 3 0' の外周面がダイ 5 2 により拘束されると共に、焼結体 3 0' の内周面（内周面のうち円筒部 2 の成形領域）がコア 5 2 の円筒部成形面 5 2 a により拘束された状態で成形される。この場合、コア 5 2 の一方側拡径部成形面 5 2 b の押し込みに伴って焼結体内周部で肉の移動が生じて、肉は、コア 5 2 の移動方向前方側（円筒部 2 の側）ではなく、主に焼結体 3 0' の径方向（厚さ方向）の中心側に向けて移動する。これにより、円筒部 2 および一方側拡径部 3 のみならず、両部 2, 3 の境界部（要するに、焼結軸受 1 の内周面のうち、軸 6 2 の支持に関与する領域全体）を一工程で狙い形状に成形することができる。従って、軸 6 2 が軸線に対して傾斜しているか否かに関わらず、軸 6 2 を長期間に亘って精度良く支持することのできる焼結軸受 1 を低コストに製造・提供することができる。

[0078] また、二次サイジング工程では、焼結体 3 0' の内周面のうち、コア 5 2 の円筒部成形面 5 2 a の圧入に伴って円筒部成形面 5 2 a が摺動した領域に、コア 5 2 の一方側拡径部成形面 5 2 b を押し付けることで一方側拡径部 3 が成形される。要するに、本実施形態に係る焼結軸受 1 では、円筒部 2 が、コア 5 2 に設けた円筒部成形面 5 2 a でしごかれることで成形された面となり、一方側拡径部 3 が、コア 5 2 に設けた円筒部成形面 5 2 a によるしごきを経てコア 5 2 に設けた一方側拡径部成形面 5 2 b により圧縮成形された面となる。

[0079] この場合、円筒部 2 では、図 1 0 B に模式的に示すように、しごき加工に伴って生じる焼結体表面の金属組織の伸びにより、その表面開口径 x_2 が、図 1 0 A に模式的に示すサイジング前の焼結体における表面開口径 x_1 と比較し

て小さくなる ($x_1 > x_2$)。また、一方側拡径部 3 では、図 10C に模式的に示すように、上記のしごき加工よりも圧縮量が多い圧縮成形加工に伴う焼結体表層部の金属組織の高密度化により、その表面開口径 x_3 が、円筒部 2 の表面開口径 x_2 よりも小さくなる ($x_2 > x_3$)。従って、二次サイジング工程後には、一方側拡径部 3 の表面開孔率が、円筒部 2 の表面開孔率よりも小さくなった焼結軸受 1、すなわち、軸線に対して傾斜した状態で相対回転する軸 262 を精度良く支持可能な焼結軸受 1 を容易に得ることができる。

[0080] なお、他方側拡径部 4 は、上述したように、一次サイジングにおいてしごきを経ずに圧縮成形された面であり、しかも外周面の拘束量が二次サイジングにおける焼結体外周面の拘束量よりも相対的に小さい一次サイジングで圧縮成形された面であることから、圧縮成形加工に伴う表面開口径の縮小幅は、しごき（コア 52 との摺動）に伴う表面開口径の縮小幅よりも小さくなる。そのため、図 10D に模式的に示すように、他方側拡径部 4 における表面開口径 x_4 は、サイジング（一次サイジング）前の焼結体における表面開口径 x_1 に比べて小さくなるものの、円筒部 2 における表面開口径 x_2 に比べて大きくなる ($x_1 > x_4 > x_2$)。従って、内周面のうち、他方側拡径部 4 の表面開孔率 (C) が、円筒部 2 および一方側拡径部 3 の表面開孔率 (A, B) よりも大きくなった焼結軸受 1 を得ることができる。そして、このような焼結軸受 1 であれば、上述したように、主に他方側拡径部 4 の表面開孔を介して焼結軸受 1 の内部気孔と軸受隙間との間で潤滑油を行き来させる（流動循環させる）ことができるので、潤滑油の特性変化を可及的に防止し、軸 262 を長期間に亘って安定的に支持することが可能となる。

[0081] 以上、本願の第 1 発明の一実施形態に係る焼結軸受 1 およびその製造方法について説明を行ったが、第 1 発明の実施の形態はこれに限定されるものではない。

[0082] 例えば、焼結軸受 1 の製造工程に含まれる圧縮成形工程においては、図 11 に模式的に示すように、内周面 21 の一部領域、より詳しくは、他方側拡径部 4 の成形予定領域に、軸方向他方側に向けて徐々に拡径した拡径部 22

を有する圧粉体 20' を成形することもできる。この場合、この圧粉体 20' を焼結してなる焼結体に対し、図 6 に示した一次サイジング金型 40 を用いて一次サイジングを施す限りにおいては、一次サイジングによる焼結体内周面の圧縮量が相対的に小さくなるため、他方側拡張部 4 の表面開孔率を図 1 に示す焼結軸受 1 よりも大きくした焼結軸受を得ることができる。このような焼結軸受であれば、他方側拡張部 4 の表面開孔を介しての潤滑油の引き込み量を増すことができる。

[0083] また、本願の第 1 発明に係る焼結軸受の製造方法は、図 12 に示すように、内周面に円筒部 2 および一方側拡張部 3 のみを有し、内周面に他方側拡張部 4 を有しない焼結軸受 1 に適用することもできる。この場合、一方側拡張部 3 が、第 1 発明に規定の「拡張部」に対応する。すなわち、このような焼結軸受 1 を製造する際のサイジング工程では、図 6 および図 7 A - 図 7 E を参照しながら説明した一次サイジング工程は省略され、図 8 および図 9 A - 図 9 E を参照しながら説明した二次サイジング工程のみが実施される。つまり、この場合、二次サイジング工程で使用した第 2 ダイとしてのダイ 51 および第 2 サイジングコアとしてのコア 52 のそれぞれが、製造方法に関する第 1 発明に規定の「ダイ」および「サイジングコア」に対応する。また、コア 52 に設けた円筒部成形面 52 a および一方側拡張部成形面 52 b のそれぞれが、製造方法に関する第 1 発明に規定の「円筒部成形面」および「拡張部成形面」に対応する。

[0084] 以上では、本願の第 1 発明に係る焼結軸受 1 をパワーウィンド用動力伝達機構に適用する場合について説明したが、焼結軸受 1 は他の用途に用いてもよい。例えば、携帯電話等のバイブレータとして機能する振動モータに、焼結軸受 1 を適用することもできる。

[0085] また、焼結軸受 1 は、他方側拡張部 4 が軸受面として機能しない用途のみならず、他方側拡張部 4 が軸受面として機能する用途、すなわち、支持すべき軸が他方側拡張部 4 に対して摺動（接触）する用途にも用いることができる。

[0086] また、以上の実施形態では、回転する軸 262 を支持する用途に焼結軸受 1 を用いる場合を示したが、これに限らず、軸 262 を固定して焼結軸受 1 を回転させる用途や、軸 262 および焼結軸受 1 の双方を回転させる用途に焼結軸受 1 を用いることも可能である。

[0087] 図 13 に、本願の第 2 発明の一実施形態に係る焼結軸受（焼結含油軸受）101 を示す。この焼結軸受 101 は、例えば図 24 に示すパワーウィンド用動力伝達機構の軸受 265 として組み込まれる。本実施形態では、軸 262 のうち、ウォームギア 263 の軸方向両側近傍を支持する一对の軸受 265 として、焼結軸受 101 を設ける場合について説明する。尚、以下の焼結軸受 101 の説明において、軸方向でウォームギア 263 に近い側を「軸方向一方側」と言い、その反対側を「軸方向他方側」と言う。

[0088] 焼結軸受 101 は、筒状の焼結体からなり、内部空孔には潤滑油が含浸されている。焼結軸受 101 は、例えば、銅系、鉄系、あるいは銅鉄系の焼結体で構成され、本実施形態では銅および鉄を主成分とした銅鉄系の焼結体で構成される。

[0089] 焼結軸受 101 は、略円筒状を成し、内周面に、円筒部 102 と、円筒部 102 の軸方向一方側（図中右側）に隣接して設けられ、軸方向一方側へ向けて徐々に拡径した拡径部とを有する。図示例では、円筒部 102 の軸方向一方側に、拡径部としての第 1 テーパ部 103 が設けられる。円筒部 102 の軸方向他方側（図中左側）には、軸方向他方側に向けて徐々に拡径した他の拡径部としての第 2 テーパ部 104 が設けられる。第 1 テーパ部 103 および第 2 テーパ部 104 は、軸方向に対して同じ角度で傾斜し、その傾斜角度は例えば $1 \sim 3^\circ$ 、好ましくは $1 \sim 2^\circ$ とされる。なお、図 13 では、両テーパ部 103、104 の傾斜角度を誇張して示している。また、図示例では、両テーパ部 103、104 の軸方向寸法が等しい。

[0090] 円筒部 102 は、軸 262 を支持する軸受面として機能する。第 1 テーパ部 103 は、ウォームギア 263 がウォームホイール 264 から受ける力 F（図 24 参照）により軸 262 が撓んだときに、軸 262 を支持する軸受面

として機能する。第2テーパ部103は、軸262の状態に関わらず軸受面として機能しない（すなわち、第2テーパ部103と軸262とが摺動することはない）。焼結軸受101の内周面は、第1テーパ部103、円筒部102、第2テーパ部104の順に密度が高く（表面開孔率が小さく）なっている。

[0091] 焼結軸受101の外周面には、低密度部と、低密度部よりも密度の高い高密度部とが設けられる。本実施形態では、焼結軸受101の外周面に、低密度部として外周円筒部105が設けられると共に、外周円筒部105の軸方向一方側に、高密度部として、外周円筒部105よりも小径な小径部が設けられる。図示例では、焼結軸受101の外周面の軸方向一方側の端部に、小径部として、軸方向一方側に向けて徐々に縮径した外周テーパ部106が設けられる。

[0092] 外周テーパ部106は、内周面の第1テーパ部104の軸方向領域に設けられる。図示例では、第1テーパ部104の軸方向領域全域にわたって、外周テーパ部106が設けられる。具体的には、第1テーパ部104と同じ軸方向領域に外周テーパ部106が設けられる。第1テーパ部104及び外周テーパ部106の軸方向一端は何れも面取り部107まで達しており、第1テーパ部104及び外周テーパ部106の軸方向他端は同じ軸方向位置に配されている。外周テーパ部106の軸方向に対する傾斜角度は、内周面のテーパ部103、104の傾斜角度よりも大きく、例えば $5 \sim 20^\circ$ 、好ましくは $10 \sim 15^\circ$ とされる。尚、外周テーパ部106の構成は上記に限らず、例えば、外周テーパ部106の軸方向他端を、第1テーパ部104の軸方向他端よりも軸方向他端側まで延ばしてもよい。

[0093] 焼結軸受101の内周面および外周面の軸方向両端には、面取り部107が設けられる。具体的には、軸方向一方の端面108と、第1テーパ部103および外周テーパ部106との間に、それぞれ面取り部107が設けられる。また、軸方向他方の端面108と、第2テーパ部104および外周面の外周円筒部105との間に、それぞれ面取り部107が設けられる。各面取

り部107は、第1テーパ部103、第2テーパ部104、および外周テーパ部106よりも軸方向に対する傾斜角度が大きいテーパ面とされ、図示例では軸方向に対しておよそ 45° 傾斜したテーパ面とされる。なお、図示例では、第1テーパ部103、第2テーパ部104、および外周テーパ部106の傾斜角度を誇張しているため、各面取り部107の半径方向寸法が、各テーパ部103、104、106の半径方向寸法と同等かそれよりも小さく示されているが、実際には、各面取り部107の半径方向寸法が各テーパ部103、104、106の半径方向寸法よりも大きくなっている。

[0094] 上記構成の焼結軸受101は、混合工程、圧縮成形工程、焼結工程、サイジング工程および含油工程を順に経て製造される。以下、各工程を詳しく説明する。

[0095] [混合工程]

混合工程では、主原料粉、低融点金属粉、および固体潤滑剤粉を混合機で混合して、原料粉末を作成する。原料粉末には、必要に応じて各種成形助剤、例えば離型性向上のための潤滑剤（金属セッケン等）が添加される。

[0096] 主原料粉は、銅および鉄を含む金属粉末であり、本実施形態では、主原料粉として、銅および鉄を含む部分拡散合金粉、および扁平銅粉が使用される。部分拡散合金粉としては、例えば、鉄粉（あるいは鉄合金粉）の表面に銅を拡散付着させたFe-Cu部分拡散合金粉が使用される。扁平銅粉は、水アトマイズ粉等からなる原料銅粉を搗碎（Stamping）することで扁平化させたものである。扁平銅粉としては、各粒子の長さ L_1 が $20 \sim 80 \mu\text{m}$ 、厚さ t_1 が $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ （アスペクト比 $L_1/t_1 = 13.3 \sim 160$ ）のものが主に用いられる。ここで言う「長さ」および「厚さ」は、図14に示すように扁平銅粉の各粒子115の幾何学的な最大寸法を言う。扁平銅粉の見かけ密度は 1.0 g/cm^3 以下とする。扁平銅粉には、原料粉末に混合する前に、予め流体潤滑剤を付着させておくことが好ましい。流体潤滑剤としては、脂肪酸、特に直鎖飽和脂肪酸、具体的にはステアリン酸を使用することができる。尚、主原料粉は上記に限らず、例えば銅粉（純銅粉ある

いは銅合金粉) および鉄粉 (純鉄粉あるいは鉄合金粉) を使用することもできる。

[0097] 低融点金属粉は、焼結温度よりも融点の低い金属粉であり、例えば錫、亜鉛、リン等の粉末が使用される。これら低融点金属粉は、銅に対して高い濡れ性を持つ。焼結時には、まず低融点金属 (例えば錫) が溶融して銅の表面を濡らして銅－錫合金層を形成する。そして、隣接する部分拡散合金粉の銅－錫合金層同士が拡散接合することで、部分拡散合金粉同士の結合強度が強化される。

[0098] 固体潤滑剤粉は、軸 262 との摩擦低減のために添加され、例えば黒鉛粉が使用される。黒鉛粉としては、人造黒鉛粉や天然黒鉛粉を使用することができる。

[0099] 上記原料粉末における各粉末の配合比は、例えば、Fe－Cu 部分拡散合金粉を 75～90 wt %、扁平銅粉を 8～20 wt %、錫粉を 0.8～6.0 wt %、黒鉛粉を 0.5～2.0 wt % とされる。

[0100] [圧縮成形工程]

圧縮成形工程では、原料粉末を成形金型 (図示省略) に充填して圧縮することで、図 15 に示す圧粉体 120 が成形される。圧粉体 120 の内周面 121 および外周面 122 は、軸方向全域にわたってストレートな円筒面状に形成される。圧粉体 120 の内周面 121 と両端面 123, 124 との間、および外周面 122 と両端面 123, 124 との間には、それぞれ面取り部 125 が形成される。

[0101] 本実施形態では、原料粉末に扁平銅粉が含まれているため、成形金型に原料粉末を充填する際や、原料粉末を成形金型で圧縮する際に、成形金型の成形面に扁平銅粉が付着する。このため、圧粉体 120 の表面には、扁平銅粉が多く露出している。扁平銅粉は、各粒子の厚さ直交方向が圧粉体 120 の表面に沿うように配される。このように、圧粉体 120 の表面に銅を偏在させることで、焼結軸受 101 の軸 62 と摺動し得る部分 (軸受面) において、銅の面積比を最大にすることができるため、軸 262 との摺動性を高める

ことができる。

[0102] [焼結工程]

焼結工程では、圧粉体 120 を焼結炉で焼結することにより、焼結体 130 を得る。焼結温度は、主原料粉の融点（本実施形態では銅の融点）よりも低く、低融点金属粉の融点（本実施形態では錫の融点）よりも高い温度とされ、例えば 820～900° とされる。

[0103] [サイジング工程]

サイジング工程では、焼結体 130 を圧縮することで所定の形状に成形する。本実施形態では、サイジング工程として、一次サイジング工程と二次サイジング工程が施される。尚、サイジング工程を説明する図では、焼結体 130 及びサイジング金型の左半分のみを示している。また、焼結体 130 に設けられた面取り部の図示を省略している。

[0104] 一次サイジング工程では、焼結体 130 の内周面を圧縮して第 2 テーパ部 104 を成形すると共に、焼結体 130 の外周面を圧縮して外周テーパ部 106 を成形する。この工程で使用される一次サイジング金型 140 は、図 16A～図 16C に示すように、ダイ 141、コア 142、上パンチ 143、および下パンチ 144 を有する。ダイ 141 は、内周面に円筒面 141a1 を有する上ダイ 141a と、内周面に下方へ向けて縮径したテーパ面 141b1 を有する下ダイ 141b とを有する。コア 142 は、下方へ向けて縮径したテーパ部 142a と、テーパ部 142a の下方に設けられた円筒部 142b とを有する。

[0105] 具体的には、まず、図 16A に示すように、焼結体 130 の内周にコア 142 の円筒部 142b を挿入する。詳細な図示は省略しているが、円筒部 142b の外径は、焼結体 130 の内径よりも僅かに小さくなっており、両者は半径方向の隙間を介して嵌合する。この状態で上パンチ 143 を降下させて、焼結体 130 を上ダイ 141a の内周に挿入する。このとき、焼結体 130 の外周面と上ダイ 141a の円筒面 141a1 とは、半径方向隙間を介して嵌合している。焼結体 130 の外周面と上ダイ 141a の円筒面 141

a 1 との間の半径方向隙間は、焼結体 1 3 0 の内周面とコア 1 4 2 の円筒部 1 4 2 b との間の半径方向隙間よりも小さい。

[0106] その後、図 1 6 B に示すように、上パンチ 1 4 3 及びコア 1 4 2 をさらに降下させて、焼結体 1 3 0 の下端を下ダイ 1 4 1 b の内周に押し込む。これにより、下ダイ 1 4 1 b の形状が焼結体 1 3 0 の外周面に転写されて、焼結体 1 3 0 の外周面の下端に外周テーパ部 1 0 6 が成形される。こうして焼結体 1 3 0 の外周面に外周テーパ部 1 0 6 が成形されたら、焼結体 1 3 0 の降下を停止する。その後、上パンチ 1 4 3 を僅かに降下させて焼結体 1 3 0 を軸方向に圧縮することで、焼結体 1 3 0 を径方向に膨張変形（焼結体 1 3 0 の外周面を拡張）させ、焼結体 1 3 0 の外周面を上ダイ 1 4 1 a の内周面 1 4 1 a 1 に密着させる。このとき、焼結体 1 3 0 の内周面が縮径するが、その縮径量は、焼結体 1 3 0 の内周面がコア 1 4 2 の円筒部 1 4 2 b に接触しない程度にするのが好ましい。

[0107] その後、図 1 6 C に示すように、コア 1 4 2 を降下させて、コア 1 4 2 のテーパ部 1 4 2 a を焼結体 1 3 0 の内周に押し込む。これにより、コア 1 4 2 のテーパ部 1 4 2 a の形状が焼結体 1 3 0 の内周面に転写されて、焼結体 1 3 0 の内周面の先端に第 2 テーパ部 1 0 4 が成形される。こうして一次サイジング金型 1 4 0 で焼結体 1 3 0 を成形している間、焼結体 1 3 0 の内周面とコア 1 4 2 の円筒部 1 4 2 b の外周面との間には、半径方向隙間が維持される。すなわち、一次サイジング工程では、焼結体 1 3 0 の内周面のうち、第 2 テーパ部 1 0 4 を除く領域は、コア 1 4 2 で成形されない。

[0108] このように、一次サイジング工程では、焼結体 1 3 0 がダイ 1 4 1、コア 1 4 2 および上下パンチ 1 4 3、1 4 4 で圧縮されることにより、焼結体 1 3 0 の密度が高められる。特に、焼結体 1 3 0 の外周面のうち、外周テーパ部 1 0 6 は、外周面の他の領域（円筒領域）よりも半径方向の圧縮量が大きくなるため、外周面の他の領域よりも密度が高くなる。また、焼結体 1 3 0 の内周面のうち、第 2 テーパ部 1 0 4 は、他の領域よりも半径方向の圧縮量が大きくなるため、内周面の他の領域（円筒領域）よりも密度が高くなる。

尚、外周テーパ部 106 の軸方向に対する傾斜角度は、第 2 テーパ部 104 の軸方向に対する傾斜角度よりも大きいため、外周テーパ部 106 は、第 2 テーパ部 104 よりも一次サイジングによる圧縮量が大きく、従って第 2 テーパ部 104 よりも密度が高い。

[0109] 以上より、一次サイジングを経た焼結体 130 の表面の密度は、外周テーパ部 106、第 2 テーパ部 104、外周面及び内周面の円筒領域の順に小さくなる。また、焼結体 130 の表面開孔率は、外周テーパ部 106、第 2 テーパ部 104、外周面及び内周面の円筒領域の順に大きくなる。

[0110] 二次サイジング工程では、一次サイジング工程を経た焼結体 130 の内周面に円筒部 102 および第 1 テーパ部 103 を成形すると共に、焼結体 130 の外周面に外周円筒部 105 を成形する。この工程で使用される二次サイジング金型 150 は、図 17A～図 17C に示すように、ダイ 151、コア 152、上パンチ 153 および下パンチ 154 を有する。ダイ 151 の内周面は、ストレートな円筒面状とされる。コア 152 は、下方に向けて縮径したテーパ部 152a と、テーパ部 152a の下方に設けられた円筒部 152b とを有する。

[0111] 具体的には、まず、図 17A に示すように、焼結体 130 を二次サイジング金型 150 の下パンチ 154 の上に載置する。このとき、焼結体 130 は、一次サイジング工程で内周面に成形された第 2 テーパ部 104 が下方となるように配される。すなわち、焼結体 130 は、一次サイジング金型に配した状態とは上下反転させた状態で、二次サイジング金型に配される。そして、焼結体 130 の内周にコア 152 の円筒部 152b を圧入する。これにより、焼結体 130 の円筒領域（後に第 1 テーパ部 103 となる領域を含む）が圧縮成形されて、密度が高くなる。また、このとき、焼結体 130 の円筒領域が、コア 152 の円筒部 152b の外周面と圧接しながら摺動するため、この円筒領域の表面が目潰しされた状態となる。こうしてコア 152 の円筒部 152b で成形された焼結体 130 の内周面の円筒領域の一部が、円筒部 102 となる。

- [0112] その後、図 1 7 B に示すように、焼結体 1 3 0 を降下させて、ダイ 1 5 1 の内周に圧入する。これにより、焼結体 1 3 0 の外周面のうち、外周テーパ部 1 0 6 を除く円筒領域が、ダイ 1 5 1 の内周面で圧縮成形されて密度が高くなると共に、ダイ 1 5 1 の内周面と圧接しながら摺動することで表面が目潰しされた状態となる。このとき、焼結体 1 3 0 の外周面とダイ 1 5 1 の内周面との圧入代（一次サイジングを施した焼結体 1 3 0 の外径とダイ 1 5 1 の内径との径差）は、焼結体 1 3 0 の内周面とコア 1 5 2 の円筒部 1 5 2 b との圧入代（一次サイジングを施した焼結体 1 3 0 の内径とコア 1 5 2 の円筒部 1 5 2 b の外径との径差）よりも大きい。尚、焼結体 1 3 0 をダイ 1 5 1 の内周に圧入した後、上下パンチ 1 5 3, 1 5 4 で焼結体 1 3 0 をさらに軸方向に圧縮して、焼結体 1 3 0 のさらなる高密度化を図ることもできる。
- [0113] その後、図 1 7 C に示すように、焼結体 1 3 0 の内周にコア 1 5 2 のテーパ部 1 5 2 a を押し込む。これにより、コア 1 5 2 のテーパ部 1 5 2 a の形状が焼結体 1 3 0 の内周面に転写され、第 1 テーパ部 1 0 3 が成形される。こうして、第 1 テーパ部 1 0 3 がコア 1 5 2 のテーパ部 1 5 2 a で圧縮成形されることで、第 1 テーパ部 1 0 3 の密度がさらに高められる。以上により、焼結体 1 3 0 が所定形状（図 1 3 の焼結軸受 1 0 1 と同形状）に成形される。
- [0114] このように、サイジング工程では、焼結体 1 3 0 がサイジング金型で圧縮成形される。具体的に、焼結体 1 3 0 の内周面のうち、第 2 テーパ部 1 0 4 は、一次サイジング工程のコア 1 4 2 のテーパ部 1 4 2 a による圧縮成形のみが施される。焼結体 1 3 0 の内周面の円筒部 1 0 2 は、二次サイジング工程のコア 1 5 2 の円筒部 1 5 2 b の圧入による圧縮成形及び目潰しが施される。焼結体 1 3 0 の内周面の第 1 テーパ部 1 0 3 は、二次サイジング工程のコア 1 5 2 の円筒部 1 5 2 b の圧入による圧縮成形及び目潰しと、コア 1 5 2 のテーパ部 1 5 2 a による圧縮成形が施される。従って、焼結体 1 3 0 の内周面の表面開孔率は、第 2 テーパ部 1 0 4、円筒部 1 0 2、第 1 テーパ部 1 0 3 の順に小さくなる。また、第 1 テーパ部 1 0 3 の密度は、円筒部 1 0

2の密度よりも高くなっている。本実施形態では、第2テーパ部104、円筒部102、第1テーパ部103の順に密度が高くなる。

[0115] また、焼結体130の外周テーパ部106は、一次サイジング工程の下ダイ141bのテーパ面141b1による圧縮成形のみが施される。焼結体130の外周円筒部105は、二次サイジング工程のダイ151への圧入による圧縮成形及び目潰しが施される。このとき、焼結体130の円筒面状外周面に外周テーパ部106を成形する際の圧縮量は、焼結体130をダイ152に圧入する際の圧縮量よりも大きいため、外周テーパ部106の密度は外周円筒部105の密度よりも高い。また、外周テーパ部106及び外周円筒部105の表面開孔率は、焼結体130の外周面の各領域の圧縮成形量や圧入代等で変わるが、本実施形態では、外周テーパ部106の表面開孔率が外周円筒部105の表面開孔率よりも小さくなっている。

[0116] 尚、焼結体130の内周面および外周面の軸方向両端に設けられた面取り部107は、何れもサイジングによる圧縮は施されておらず、圧縮成形工程における圧縮成形により成形された面となっている。従って、面取り部107は、焼結体130の表面のうち、最も密度が低く（最も表面開孔率が大きく）なっている。

[0117] また、二次サイジング工程において、焼結体130の外周テーパ部106とダイ151の内周面との間に半径方向隙間があるため、焼結体130の内周面に第1テーパ部103を圧縮成形することにより、一次サイジング工程で成形した外周テーパ部106が拡張する恐れがある。しかし、第1テーパ部103は外周テーパ部106よりも軸方向に対する傾斜角度が小さく、二次サイジングによる圧縮量は小さいため、第1テーパ部103の成形による外周テーパ部106への影響は小さい。また、外周テーパ部106の傾斜角度は、それほど高い精度を要求されないため、若干の変動は問題とならない。

[0118] [含油工程]

含油工程では、サイジングを施した焼結体130の内部気孔に、真空含浸

等の手法で潤滑油を含浸させる。焼結体 130 に含浸させる潤滑油としては、例えばエステル系潤滑油が使用され、特に、動粘度が $30 \text{ mm}^2/\text{sec}$ 以上、 $200 \text{ mm}^2/\text{sec}$ 以下のものが好ましい。以上により、焼結軸受 101 が完成する。

[0119] 上記の焼結軸受 101 は、図 24 に示すパワーウィンド用動力伝達機構に組み込まれる。具体的には、焼結軸受 101 の内周に軸 262 を挿入すると共に、焼結軸受 101 をハウジング 266 の所定箇所に圧入固定する。本実施形態の焼結軸受 101 は、ウォームギア 263 の軸方向両側近傍に設けられ、第 1 テーパ部 103 がウォームギア 263 側となるようにハウジング 266 に固定される。尚、それ以外の軸受（図 24 の右端の軸受 265）として本実施形態の焼結軸受 101 を用いる場合は、第 1 テーパ部 103 がモータ 261 側となるように配される。尚、軸受 265 の一部を、上記の焼結軸受 101 以外の軸受としてもよい。例えば、図 24 の右端に配置された軸受として、内周面の全域をストレートな円筒面とした焼結軸受を使用してもよい。

[0120] 上記のパワーウィンド用動力伝達機構において、モータ 261 を駆動して軸 262 が回転すると、焼結軸受 101 の内部から滲み出した潤滑油、あるいは、外部から供給された潤滑油が、焼結軸受 101 の内周面と軸 262 の外周面との間に介在する。軸 262 のたわみが小さい状態では、焼結軸受 101 の内周面の円筒部 102 と軸 262 の外周面との間に油膜が形成され、この油膜を介して軸 262 が円筒部 102 により回転自在に支持される。軸 262 のたわみが大きくなると、上記の円筒部 102 による支持に加えて、焼結軸受 101 の内周面の第 1 テーパ部 103 と軸 262 の外周面との間に形成される油膜を介して、軸 262 が第 1 テーパ部 103 により回転自在に支持される。

[0121] 上記の焼結軸受 101 は、内周面のうち、第 1 テーパ部 103 の密度が最も高く、表面開孔率が最も小さいため、第 1 テーパ部 103 から焼結軸受 101 の内部気孔に潤滑油が侵入しにくい。従って、第 1 テーパ部 103 と軸

２６２との間に介在した潤滑油の圧力が維持され、軸２６２の回転精度が高められる。

[0122] さらに、上記の焼結軸受１０１は、一次サイジング工程により外周面の一部（第１テーパ部１０３の外径側）に外周テーパ部１０６が圧縮成形されているため、外周面のうち、外周テーパ部１０６の密度が他の領域よりも高くなっている。このように、焼結軸受１０１のうち、第１テーパ部１０３の軸方向領域を外周側から高密度化することで、第１テーパ部１０３から焼結軸受１０１の内部気孔に潤滑油がさらに侵入しにくくなるため、軸２６２の回転精度がより一層高められる。

[0123] 本願の第２発明の実施の形態は上記のものに限られない。以下、第２発明の他の実施形態を説明するが、上記の実施形態と同様の機能を有する部位には同一の符号を付して重複説明を省略する。

[0124] 図１８に示す焼結軸受１０１は、内周面に第２テーパ部１０４を設けていない点で上記の実施形態と異なる。すなわち、この焼結軸受１０１では、内周面の円筒部１０２の軸方向他端（第１テーパ部１０３と反対側の端部）が、面取り部１０７まで達している。この場合、一次サイジングで焼結体１３０の外周面に外周テーパ部１０６を成形した後、二次サイジングで焼結体の内周面に円筒部１０２および第１テーパ部１０３が成形される。

[0125] また、上記の実施形態では、外周テーパ部１０６を一次サイジングで成形する場合を示したが、これに限らず、例えば外周テーパ部１０６を二次サイジングで成形してもよい。具体的には、例えば、一次サイジングで焼結体１３０の内周面に第２テーパ部１０４を成形した後、二次サイジングで焼結体１３０の内周面に円筒部１０２および第１テーパ部１０３を成形すると共に、焼結体１３０の外周面に外周テーパ部１０６を成形してもよい（図示省略）。

[0126] また、焼結軸受１０１をハウジング２６６に組み付ける際、図１９に示すように、焼結軸受１０１を外周テーパ部１０６側からハウジング２６６の内周に挿入（例えば圧入）すれば、外周テーパ部１０６とハウジング２６６の

開口部を当接させることで焼結軸受 101 がハウジング 266 に対してガイドされるため、ハウジング 266 に対する焼結軸受 101 の組付作業をスムーズに行うことができる。

[0127] また、上記の実施形態では、圧粉体 120 の外周面をストレートな円筒面とした場合を示したが、これに限られない。例えば、図 20 に示すように、圧粉体 120 の外周面 122 に、小径部 122a および大径部 122b を設けてもよい。この圧粉体 120 を焼結してなる焼結体 130 に、図 21 に示す一次サイジング金型 140 により一次サイジングを施す。この一次サイジング金型 140 は、ダイ 141 が一体に形成され、内周面（成形面）の軸方向全域がストレートな円筒面状に形成されている点で、図 16 に示す一次サイジング金型 140 と異なる。

[0128] 具体的には、図 21A に示すように、大径部 132b が下側となるように焼結体 130 を一次サイジング金型 140 に配置する。その後、焼結体 130 をダイ 141 の内周に圧入することにより、焼結体 130 の外周面 132 が、ダイ 141 の内周面でストレートな円筒面状に成形される（図 21B 参照）。焼結体 130 をダイ 141 に圧入した後、焼結体 130 の内周にコア 142 のテーパ部 142a を押し込むことにより、焼結体 130 の内周面の先端に第 2 テーパ部 104 が成形される。このとき、焼結体 130 の外周面 132 のうち、小径部 132a を圧縮してなる領域が低密度部 5' となり、大径部 132b を圧縮してなる領域が高密度部 6'（黒塗りで示す領域）となる。

[0129] その後、図 22A、図 22B に示す二次サイジング金型 150 により、焼結体 130 に二次サイジングを施す。具体的には、まず、図 22A に示すように、高密度部 6' が上側となるように焼結体 130 を二次サイジング金型 150 に配置し、焼結体 130 の内周にコア 152 の円筒部 152b を圧入する。その後、図 22B に示すように、焼結体 130 をダイ 151 の内周に圧入すると共に、焼結体 130 の内周にコア 152 のテーパ部 152a を押し込む。以上により、焼結体 130 の内周面に円筒部 102 および第 1 テー

パ部 103 が成形される。

[0130] 以上の工程を経て作成された焼結体 130 に、潤滑油を含浸させることで、図 23 に示す焼結軸受 101 が得られる。この焼結軸受 101 の内周面には、上記の実施形態と同様に、円筒部 102、第 1 テーパ部 103、および第 2 テーパ部 104 が設けられる。一方、焼結軸受 101 の外周面は、ストレートな円筒面で構成される。焼結軸受 101 の外周面のうち、第 1 テーパ部 103 の軸方向領域には高密度部 6' が設けられる。図示例では、焼結軸受 101 の外周面の軸方向一端に高密度部 6' が設けられ、高密度部 6' の軸方向他方側に隣接して低密度部 5' が設けられる。低密度部 5' および高密度部 6' は、同一径の連続した円筒面である。

[0131] また、上記の実施形態では、一次サイジング工程において、コア 142 の円筒部 142b と焼結体 130 の内周面との間に隙間が形成される場合を示したが、これに限られない。例えば、一次サイジング工程において、コア 142 の円筒部 142b を焼結体 130 の内径と同一径とし、円筒部 142b と焼結体 130 の内周面との間の隙間を実質 0（例えば軽圧入状態）としてもよい。この場合、円筒部 142b で焼結体 130 の内周面を内径側から支持した状態で、焼結体 130 の外周面が下ダイ 141 のテーパ面 141b1 で圧縮されるため、焼結体 130 に外周テーパ部 106 を確実に成形することができる。

[0132] また、上記の実施形態では、一次サイジング工程において、焼結体 130 の外周面と上ダイ 141a の円筒面 141a1 とを半径方向隙間を介して嵌合させているが、これに限らず、上ダイ 141a の内径と焼結体 130 の外径とを同一径とし、上ダイ 141a の円筒面 141a1 と焼結体 130 の外周面との間の隙間を実質 0（例えば軽圧入状態）としてもよい。

[0133] また、上記の実施形態では、焼結軸受 101 をパワーウィンド用動力伝達機構に適用する場合を示したが、これに限らず、他の用途に用いてもよい。例えば、携帯電話等のバイブレータとして機能する振動モータに焼結軸受 101 を適用することもできる。

[0134] また、上記の実施形態では、焼結軸受 101 を固定して軸 262 を回転させる場合を示したが、これに限らず、軸 262 を固定して焼結軸受 101 を回転させる場合や、軸 262 および焼結軸受 101 の双方を回転させる場合に焼結軸受 101 を適用してもよい。

[0135] 本発明は以上の実施形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、さらに種々の形態で実施することができる。

符号の説明

- [0136]
- | | |
|-----|-------------------|
| 1 | 焼結軸受 |
| 2 | 円筒部 |
| 3 | 一方側拡径部（拡径部） |
| 4 | 他方側拡径部 |
| 20 | 圧粉体 |
| 30 | 焼結体 |
| 30' | 焼結体 |
| 40 | 一次サイジング金型 |
| 41 | ダイ（第1ダイ） |
| 42 | コア（第1サイジングコア） |
| 42a | 他方側拡径部成形面 |
| 50 | 二次サイジング金型 |
| 51 | ダイ（第2ダイ） |
| 52 | コア（第2サイジングコア） |
| 52a | 円筒部成形面 |
| 52b | 一方側拡径部成形面（拡径部成形面） |
| 61 | モータ |
| 62 | 軸 |
| 63 | ウォームギア |
| 64 | ホイールギア |
| 65 | 軸受 |

- 1 0 1 焼結軸受
- 1 0 2 円筒部
- 1 0 3 第1テーパ部（拡径部）
- 1 0 4 第2テーパ部
- 1 0 5 外周円筒部（低密度部）
- 1 0 6 外周テーパ部（高密度部）
- 1 0 7 面取り部
- 1 2 0 圧粉体
- 1 3 0 焼結体
- 1 4 0 一次サイジング金型
- 1 5 0 二次サイジング金型

請求の範囲

- [請求項1] 内周面に、径一定の円筒部と、該円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、前記軸方向一方側に向けて徐々に拡張する拡張部とを備えた焼結軸受の製造方法であって、筒状の焼結体をサイジングするに際し、
- 前記円筒部の形状に対応する円筒部成形面と、前記拡張部の形状に対応する拡張部成形面とを軸方向に連ねて設けたサイジングコアの前記円筒部成形面を前記軸方向一方側から前記焼結体の内周面に圧入し、その後、前記焼結体の外周面を筒状のダイにより拘束した状態で前記サイジングコアの前記拡張部成形面を前記焼結体の内周面に押し付けることにより、前記焼結体の内周面に前記円筒部および前記拡張部を成形することを特徴とする焼結軸受の製造方法。
- [請求項2] 前記焼結体の内周面のうち、前記サイジングコアの前記円筒部成形面の圧入に伴って前記円筒部成形面が摺動した領域に、前記サイジングコアの前記拡張部成形面を押し付ける請求項1に記載の焼結軸受の製造方法。
- [請求項3] 前記サイジングコアの前記円筒部成形面を前記焼結体の内周面に圧入した後、前記焼結体を前記ダイに対して圧入する請求項1又は2に記載の焼結軸受の製造方法。
- [請求項4] 内周面に、径一定の円筒部と、該円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、軸方向一方側に向けて徐々に拡張する一方側拡張部と、前記円筒部の軸方向他方側に隣接配置され、軸方向他方側に向けて徐々に拡張する他方側拡張部とを備えた焼結軸受の製造方法であって、筒状の焼結体をサイジングするに際し、
- 前記焼結体の外周面を筒状の第1ダイにより拘束した状態で、前記他方側拡張部の形状に対応する他方側拡張部成形面を備えた第1サイジングコアの前記他方側拡張部成形面を前記焼結体の内周面に押し付けることにより、前記焼結体の内周面に前記他方側拡張部を成形する一次サイジングを行い、

次いで、前記円筒部の形状に対応する円筒部成形面と、前記一方側拡径部の形状に対応する一方側拡径部成形面とを軸方向に連ねて設けた第2サイジングコアの前記円筒部成形面を前記軸方向一方側から前記焼結体の内周面に圧入し、その後、前記焼結体の外周面を筒状の第2ダイにより拘束した状態で前記第2サイジングコアの前記一方側拡径部成形面を前記焼結体の内周面に押し付けることにより、前記焼結体の内周面に前記円筒部および前記一方側拡径部を成形する二次サイジングを行うことを特徴とする焼結軸受の製造方法。

[請求項5] 前記二次サイジングでは、前記焼結体の内周面のうち、前記第2サイジングコアの前記円筒部成形面の圧入に伴って前記円筒部成形面が摺動した領域に、前記第2サイジングコアの前記一方側拡径部成形面を押し付ける請求項4に記載の焼結軸受の製造方法。

[請求項6] 前記一次サイジングの実行中、前記焼結体の内周面のうち、前記円筒部および前記一方側拡径部の成形予定領域と、前記第1サイジングコアとを非接触の状態に保持する請求項4又は5に記載の焼結軸受の製造方法。

[請求項7] 前記第1ダイによる前記焼結体の外周面の拘束力を相対的に小さくし、前記第2ダイによる前記焼結体の外周面の拘束力を相対的に大きくする請求項4～6の何れか一項に記載の焼結軸受の製造方法。

[請求項8] サイジングされる前記焼結体の内周面のうち、前記円筒部、前記一方側拡径部および前記他方側拡径部の成形予定領域が径一定の円筒面である請求項4～7の何れか一項に記載の焼結軸受の製造方法。

[請求項9] サイジングされる前記焼結体の内周面のうち、前記円筒部および前記一方側拡径部の成形予定領域が径一定の円筒面であり、前記他方側拡径部の成形予定領域が軸方向他方側に向けて徐々に拡径したテーパ面である請求項4～7の何れか一項に記載の焼結軸受の製造方法。

[請求項10] 内周面に、径一定の円筒部と、該円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、軸方向一方側に向けて徐々に拡径する拡径部とを備え、前記円

筒部および前記拡径部が筒状の焼結体にサイジングを施すことで成形された焼結軸受において、

前記円筒部を、サイジングコアでしごいて成形した面とし、

前記拡径部を、サイジングコアによるしごきを経て圧縮成形された面としたことを特徴とする焼結軸受。

[請求項11]

内周面に、径一定の円筒部と、該円筒部の軸方向一方側に隣接配置され、軸方向一方側に向けて徐々に拡径する一方側拡径部と、前記円筒部の軸方向他方側に隣接配置され、軸方向他方側に向けて徐々に拡径する他方側拡径部とを備え、前記円筒部、前記一方側拡径部および前記他方側拡径部が筒状の焼結体にサイジングを施すことで成形された焼結軸受において、

前記他方側拡径部を、サイジングコアによるしごきを経ずに圧縮成形した面とし、

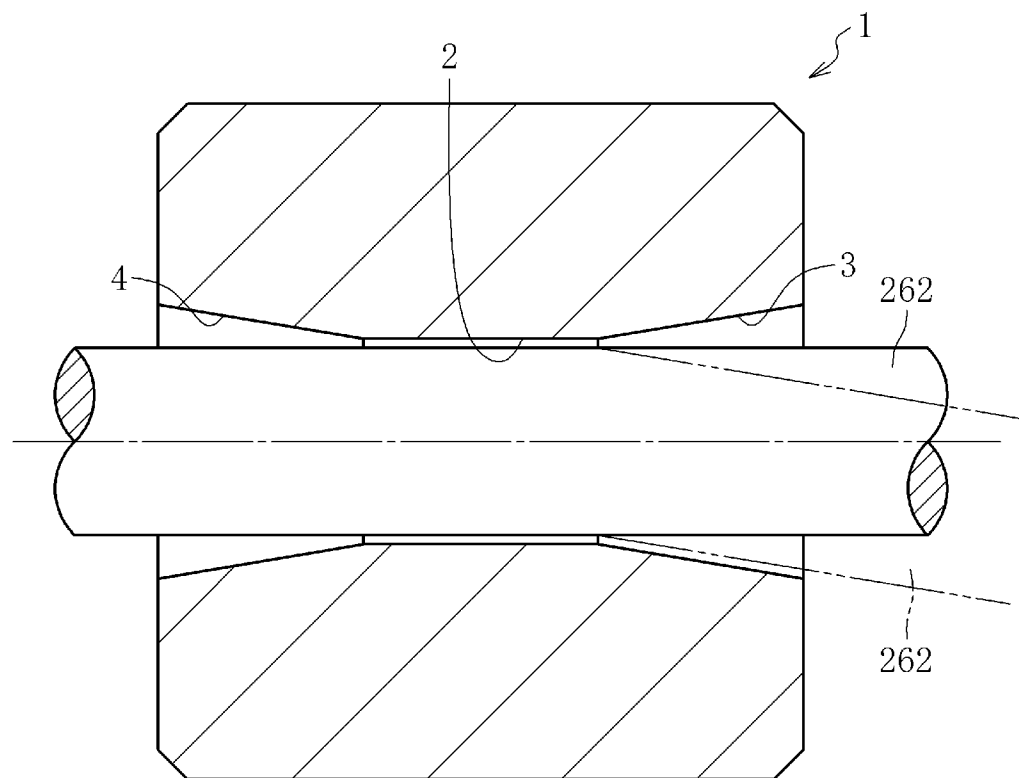
前記円筒部を、サイジングコアでしごいて成形した面とし、

前記一方側拡径部を、サイジングコアによるしごきを経て圧縮成形した面としたことを特徴とする焼結軸受。

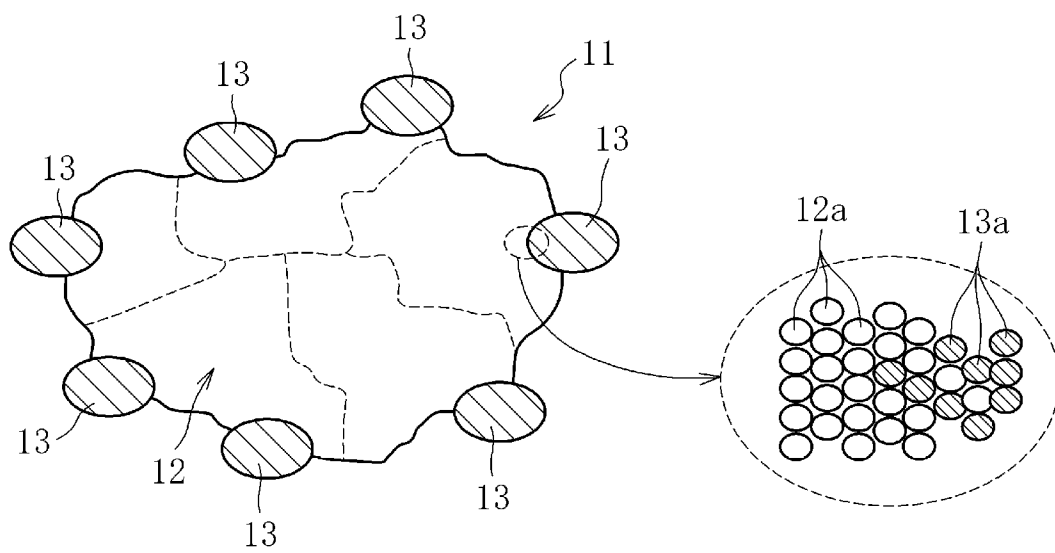
[請求項12]

前記円筒部の表面開孔率A、前記一方側拡径部の表面開孔率B、および前記他方側拡径部の表面開孔率Cが、 $C > A > B$ の関係である請求項11に記載の焼結軸受。

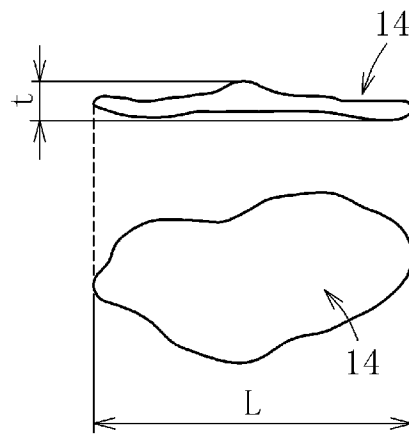
[図1]



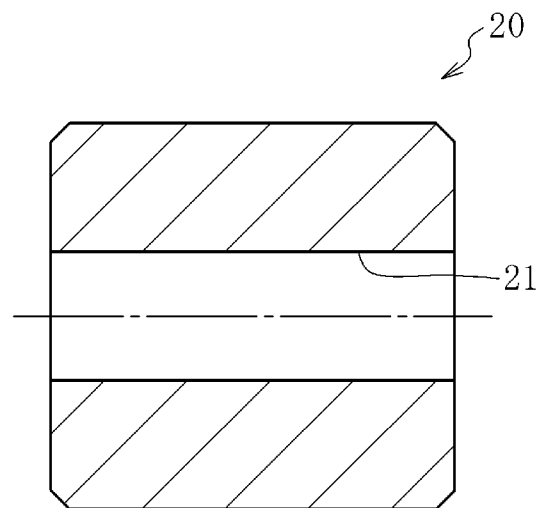
[図2]



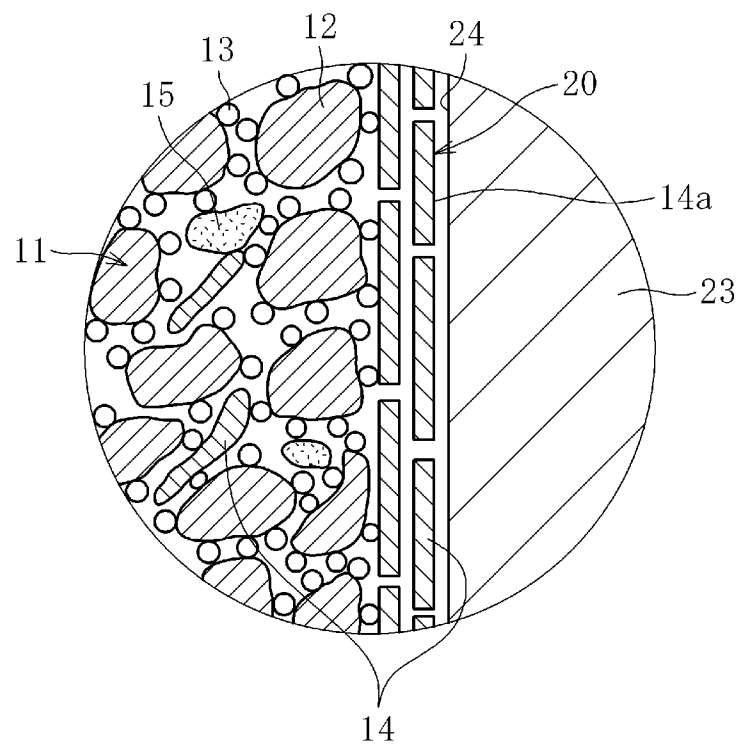
[図3]



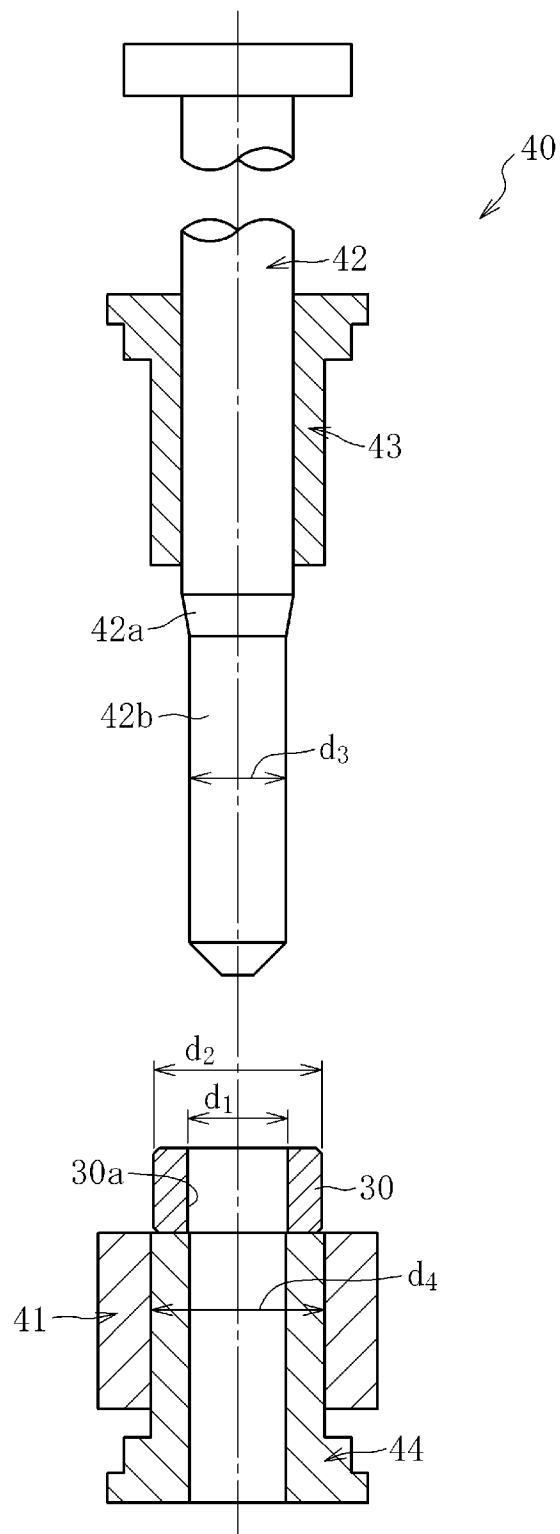
[図4]



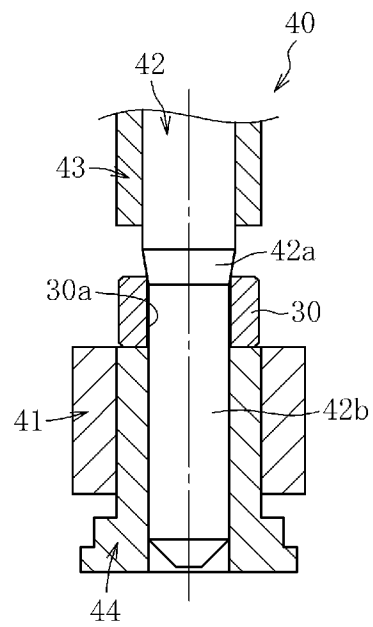
[図5]



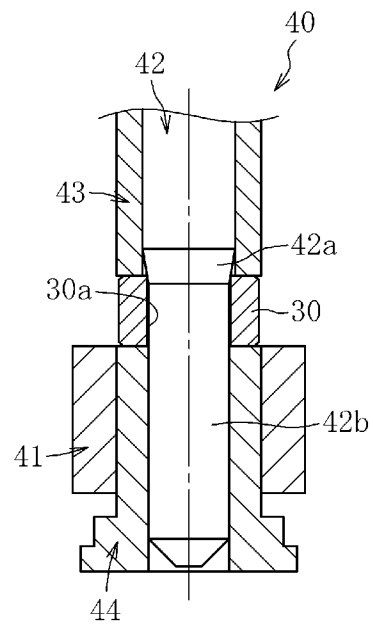
[図6]



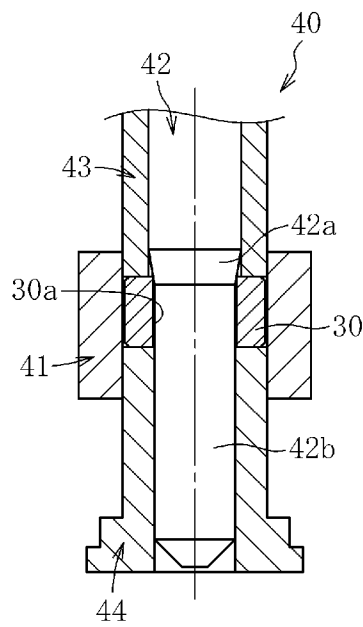
[図7A]



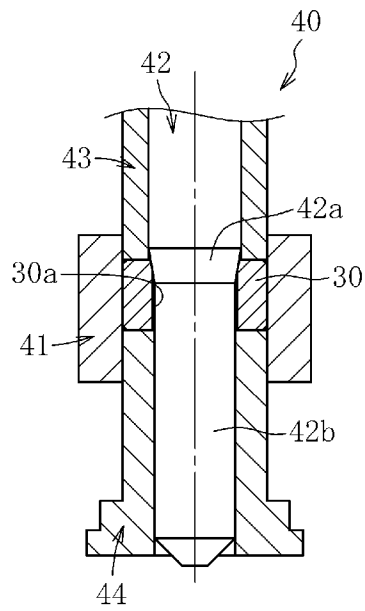
[図7B]



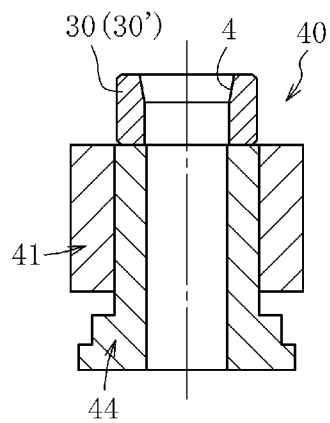
[図7C]



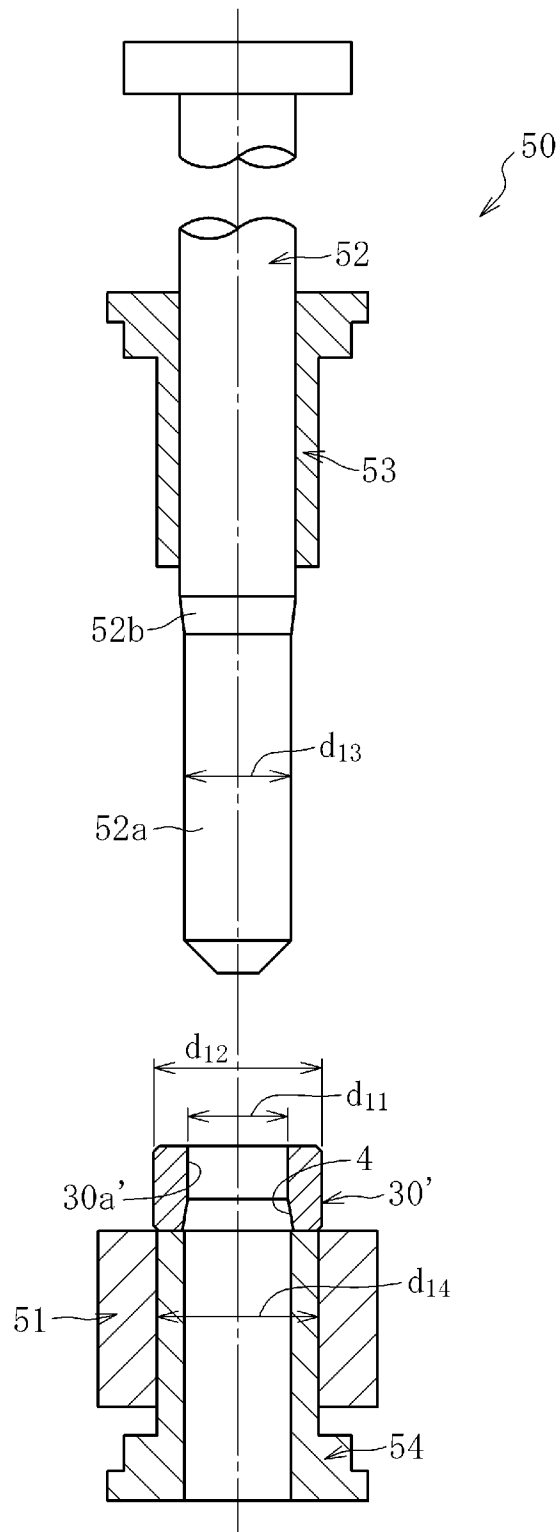
[図7D]



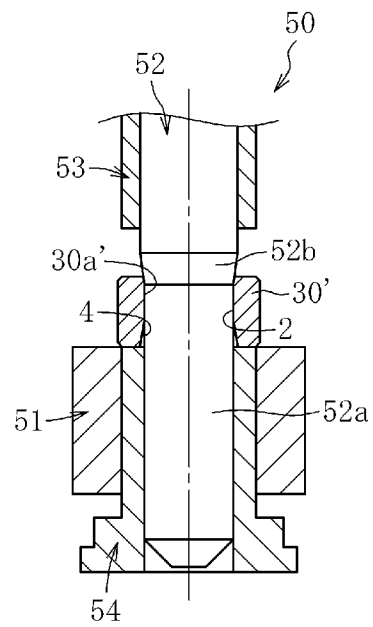
[図7E]



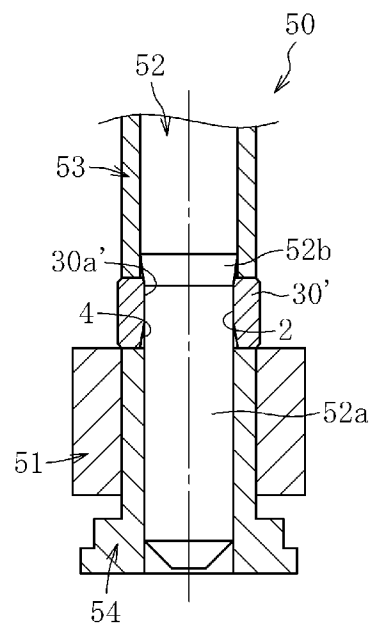
[図8]



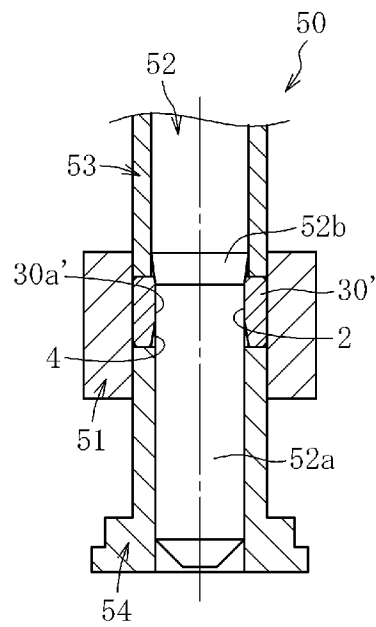
[図9A]



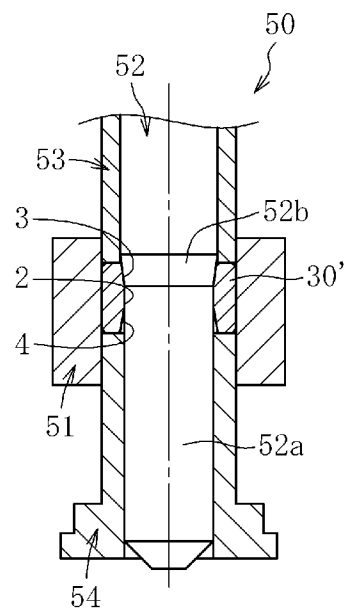
[図9B]



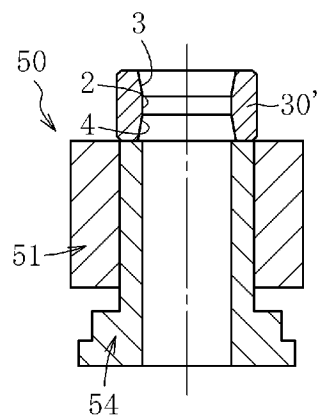
[図9C]



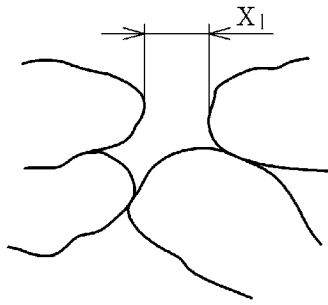
[図9D]



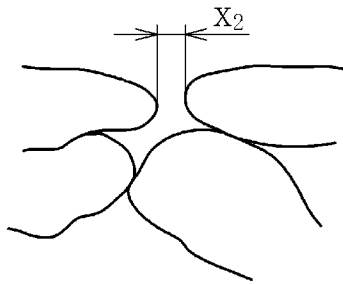
[図9E]



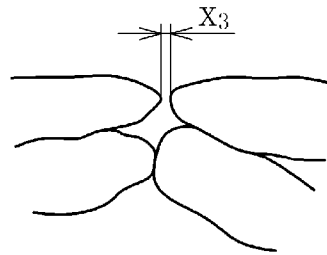
[図10A]



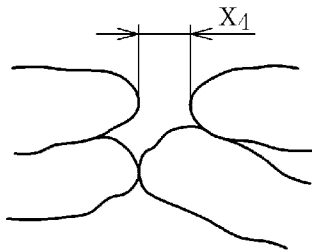
[図10B]



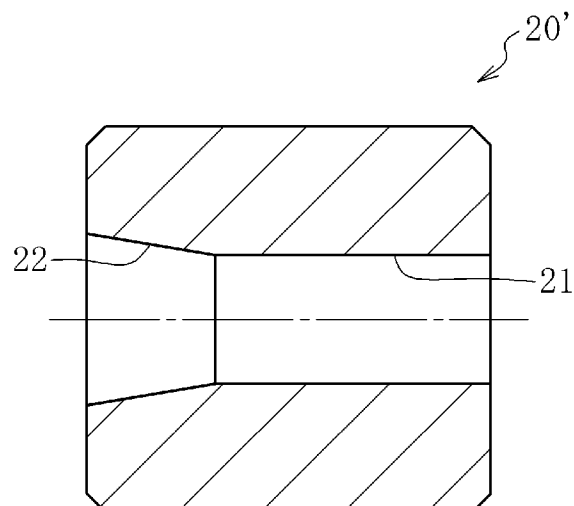
[図10C]



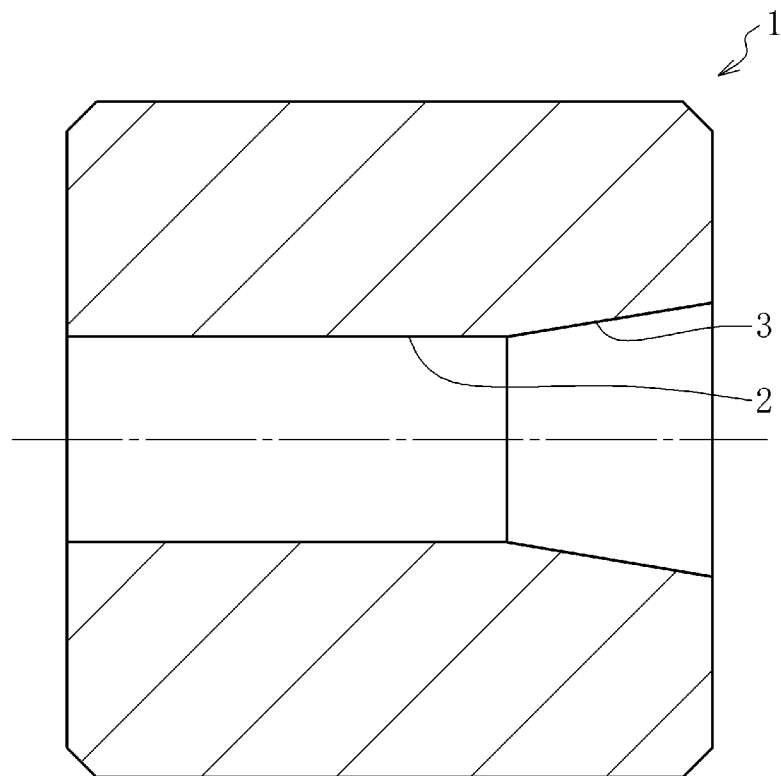
[図10D]



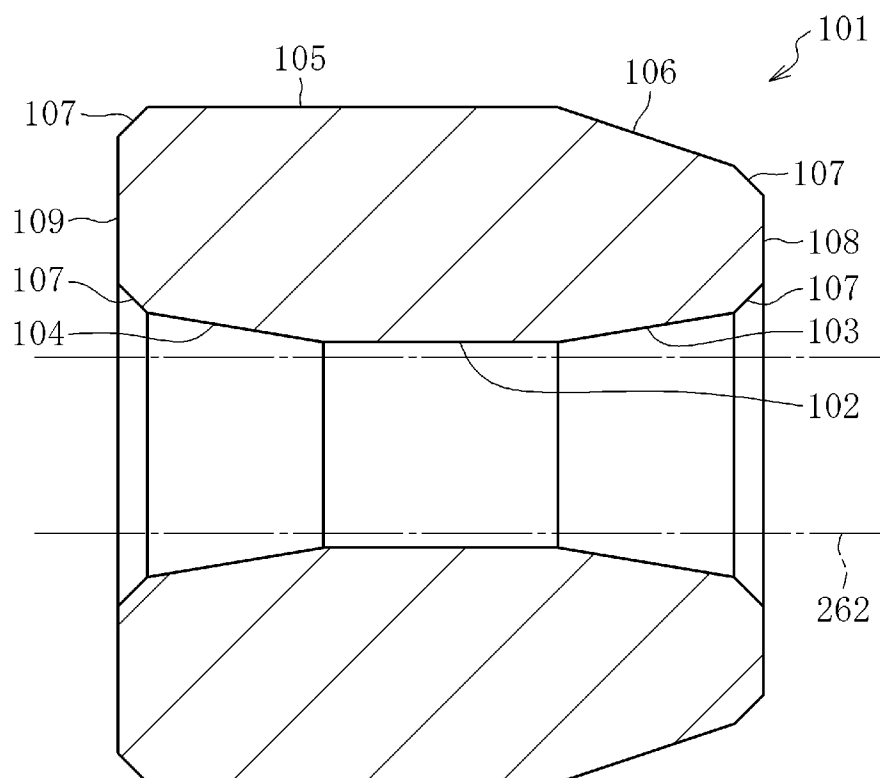
[図11]



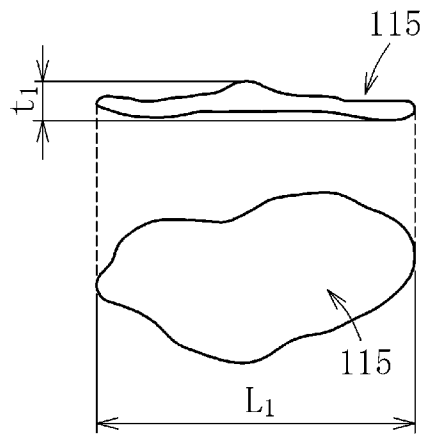
[図12]



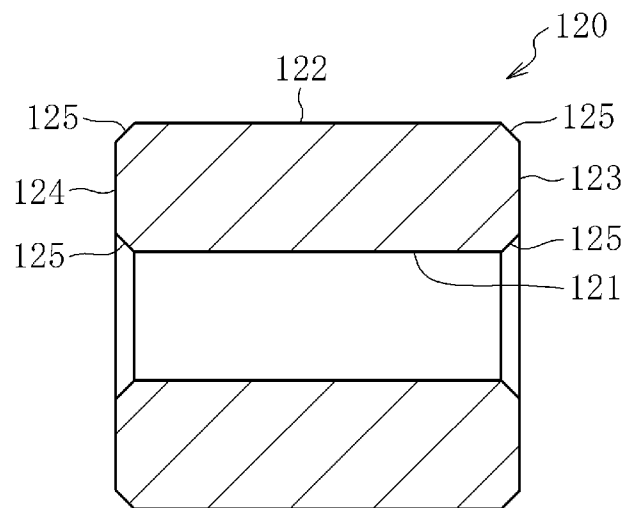
[図13]



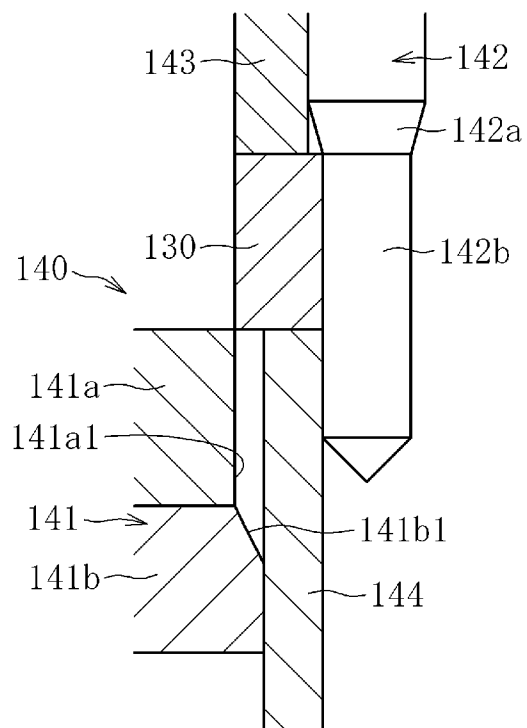
[図14]



[図15]



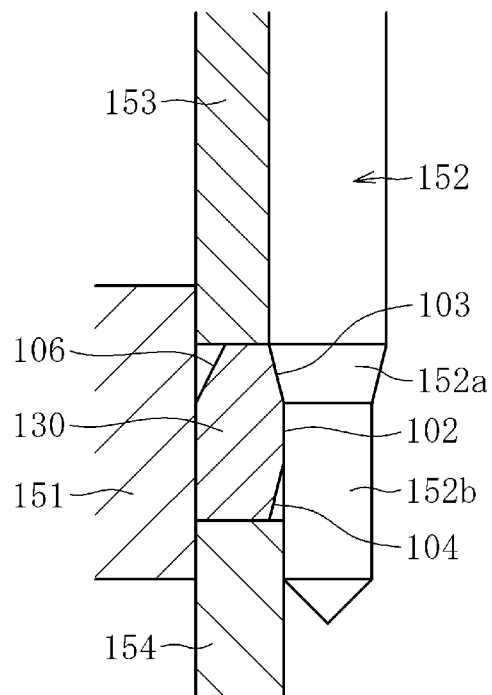
[図16A]



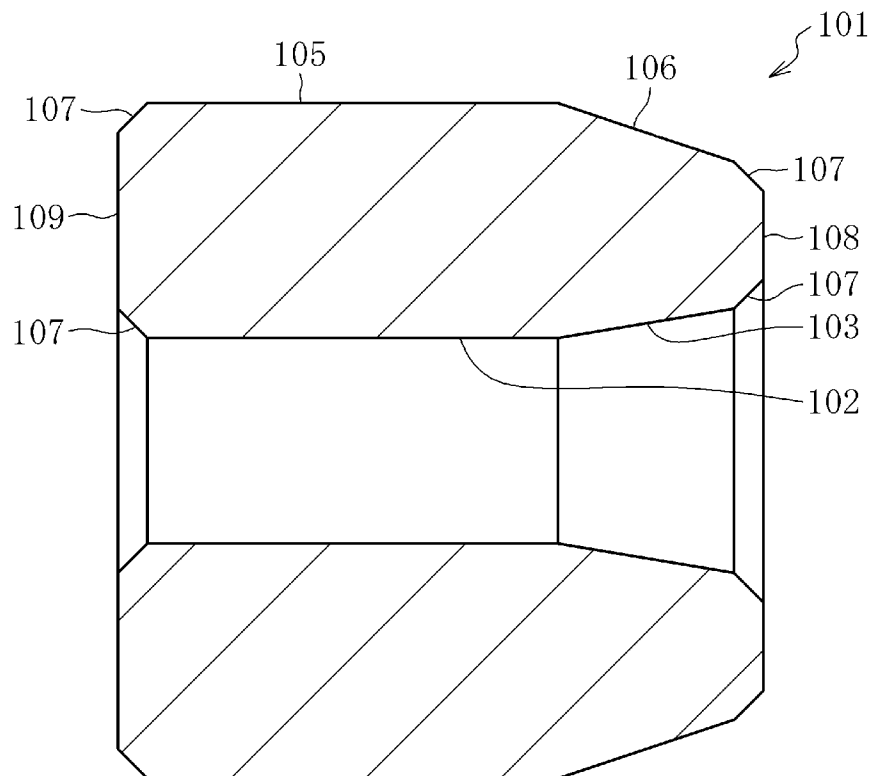
This diagram shows a cross-sectional view of a second embodiment of the device. It features a central vertical structure with a conical tip at the bottom. The structure is surrounded by a material labeled 143. A horizontal layer 104 is positioned above the central structure. A layer 142a is located between the horizontal layer 104 and the central structure. A layer 142b is located below the layer 142a. A layer 141b1 is located between the layer 142b and the central structure. A layer 141b is located between the layer 141b1 and the central structure. A layer 141a is located between the layer 141b and the central structure. A layer 141 is located between the layer 141a and the central structure. A layer 106 is located between the layer 141 and the central structure. A layer 144 is located between the layer 106 and the central structure. A layer 142 is located between the layer 144 and the central structure. A layer 143 is located between the layer 142 and the central structure.

This cross-sectional view shows a central layer 102. On its top surface, there is a layer 104, which is further covered by a layer 106. A layer 130 is located on the left side of the central structure. A layer 151 is positioned below the central structure. A layer 152 is on the right side, with a sub-layer 152a at the top and 152b below it. A layer 153 is on the far left, and a layer 154 is at the bottom.

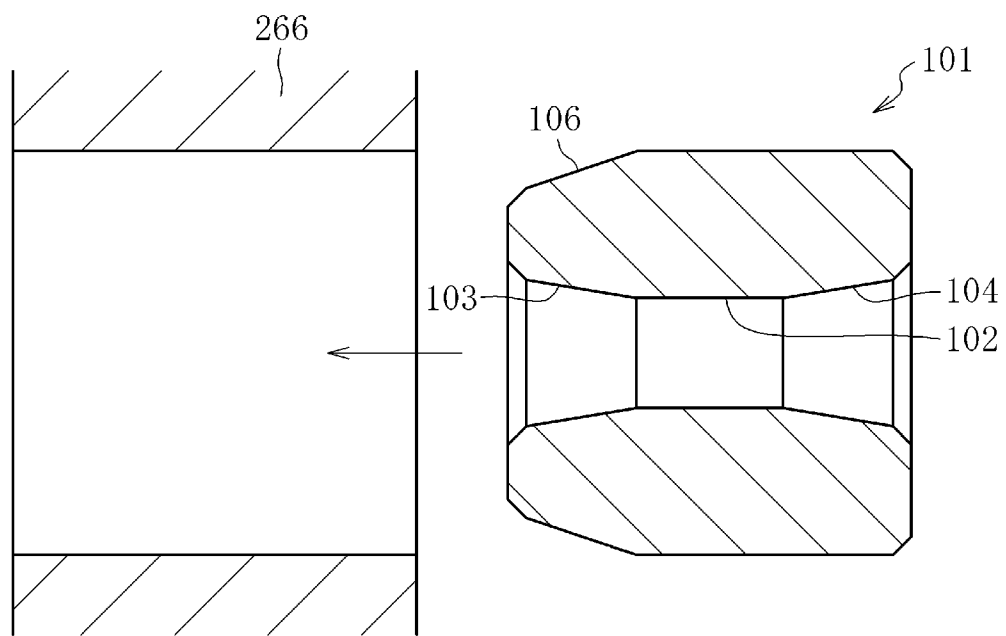
[図17C]



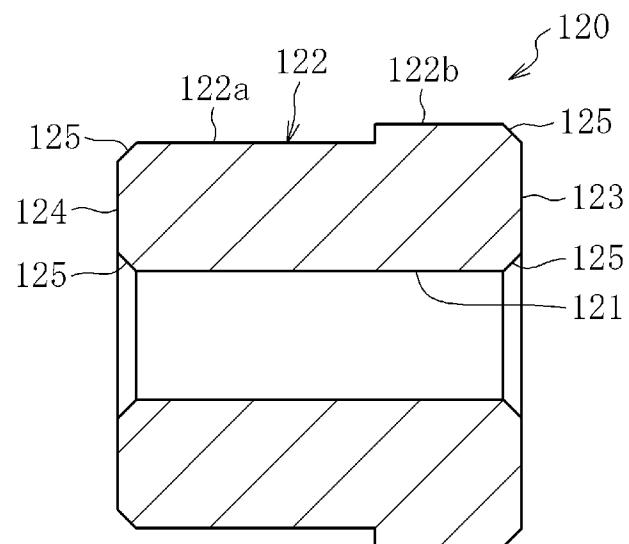
[図18]



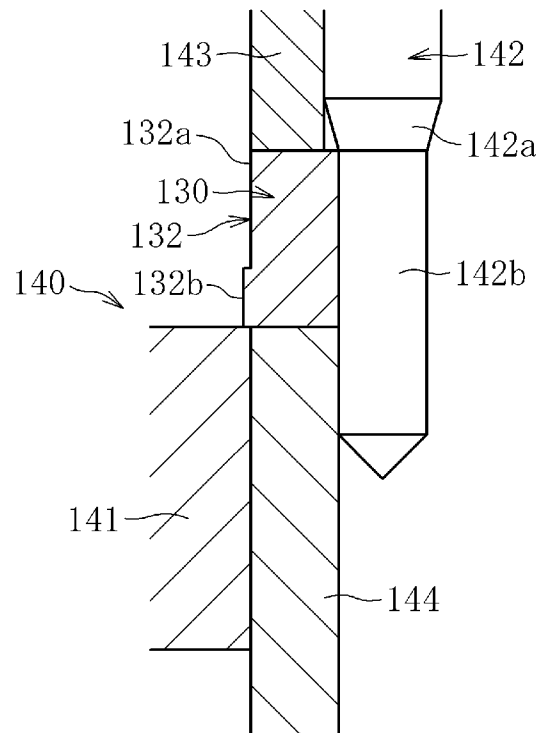
[図19]



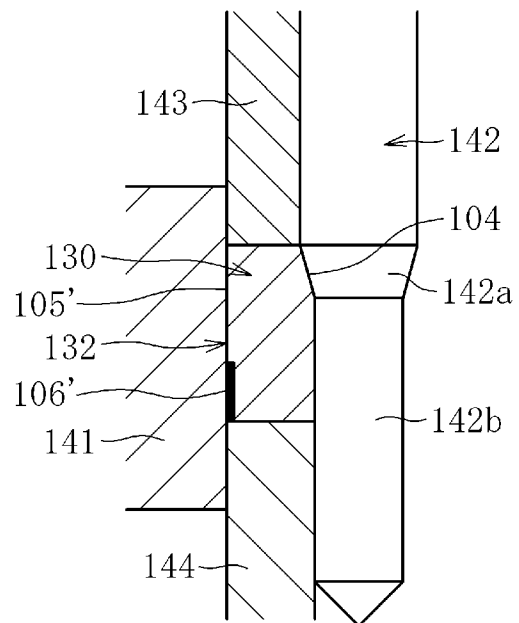
[図20]



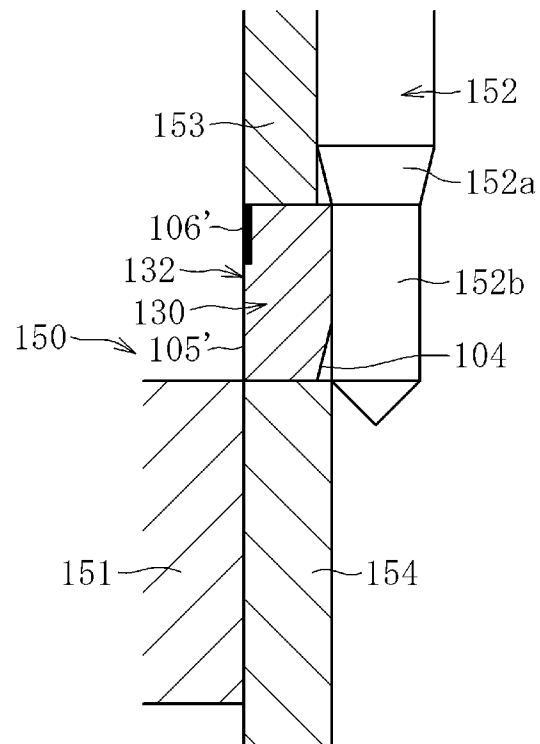
[図21A]



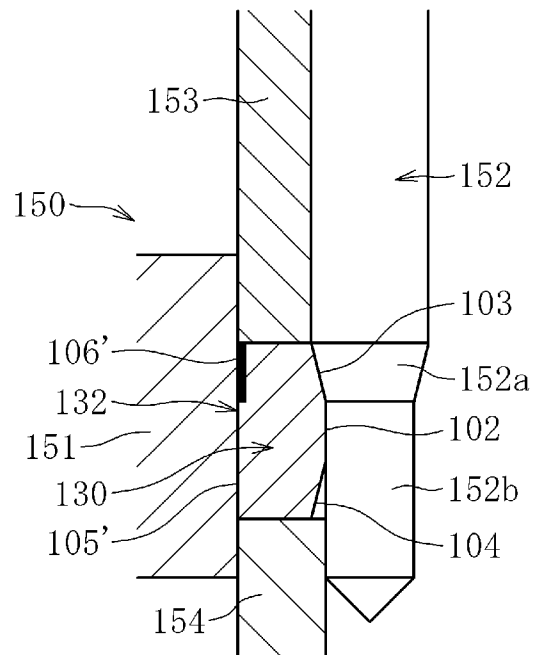
[図21B]



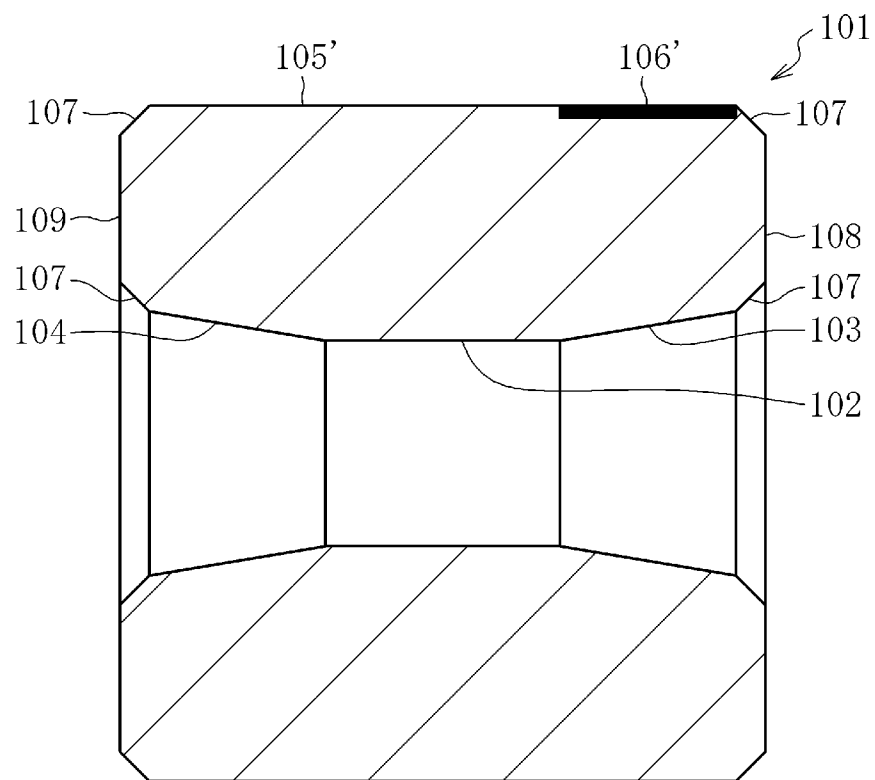
[図22A]



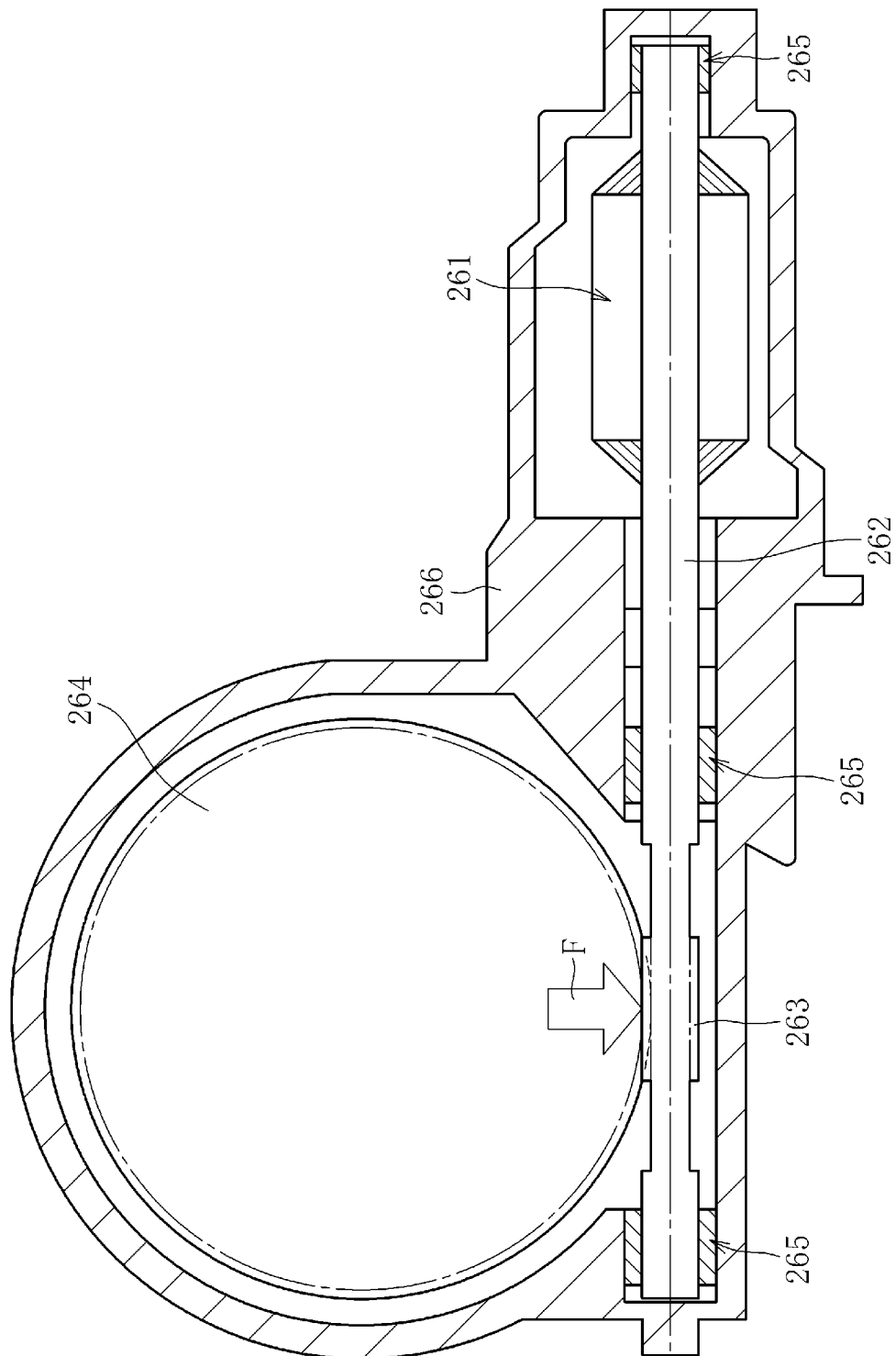
[図22B]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16C33/14(2006.01)i, B22F3/24(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)i, F16C33/10(2006.01)i, F16C33/12(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)

F16C33/10-33/14, B22F3/24, B22F5/00

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 Y A	JP 2002-061649 A (Robert Bosch GmbH), 28 February 2002 (28.02.2002), paragraphs [0013] to [0021]; fig. 1 to 3 & US 2001/0055431 A1 paragraphs [0014] to [0029]; fig. 1 to 3 & DE 10025499 A1 & CN 1330234 A	10 1-6, 8, 9, 11 7, 12
X Y A	JP 2004-308683 A (Mitsubishi Materials Corp.), 04 November 2004 (04.11.2004), paragraphs [0017] to [0043]; fig. 1 to 6 & US 2007/0041672 A1 paragraphs [0030] to [0092]; fig. 1 to 12 & WO 2004/090360 A1 & EP 1610011 A1 & KR 10-2005-0116395 A	10 1-6, 8, 9, 11 7, 12

☒ 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
02 May 2016 (02.05.16)

Date of mailing of the international search report
17 May 2016 (17.05.16)

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/JP2016/056931

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 09-264326 A (Porite Corp.), 07 October 1997 (07.10.1997), paragraphs [0022] to [0032]; fig. 1 to 4 (Family: none)	9
A	JP 04-307112 A (Mitsubishi Materials Corp.), 29 October 1992 (29.10.1992), (Family: none)	1-12
A	JP 2007-113728 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 May 2007 (10.05.2007), & US 2007/0092171 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F16C33/14(2006.01)i, B22F3/24(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)i, F16C33/10(2006.01)i, F16C33/12(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. F16C33/10-33/14, B22F3/24, B22F5/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 Y A	JP 2002-061649 A（ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミツト ベシユレンクテル ハフツング）2002.02.28, 段落[0013]-[0021], 図 1-3 & US 2001/0055431 A1, 段落[0014]-[0029], 図 1-3, & DE 10025499 A1 & CN 1330234 A	10 1-6, 8, 9, 11 7, 12

☑ 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

02.05.2016

国際調査報告の発送日

17.05.2016

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）

西藤 直人

3 J

3119

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 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 Y A	JP 2004-308683 A (三菱マテリアル株式会社) 2004. 11. 04, 段落[0017]-[0043], 図 1-6 & US 2007/0041672 A1, 段落[0030]-[0092], 図 1-12, & WO 2004/090360 A1 & EP 1610011 A1 & KR 10-2005-0116395 A	10 1-6, 8, 9, 11 7, 12
Y	JP 09-264326 A (ポーライト株式会社) 1997. 10. 07, 段落[0022]-[0032], 図 1-4 (ファミリーなし)	9
A	JP 04-307112 A (三菱マテリアル株式会社) 1992. 10. 29, (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2007-113728 A (松下電器産業株式会社) 2007. 05. 10, & US 2007/0092171 A1	1-12