

(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
2024年8月15日(15.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/166243 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 33/64 (2006.01) *F16C 19/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/004143
- (22) 国際出願日: 2023年2月8日(08.02.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ジェイテクト (JTEKT CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 吉田 亘(YOSHIDA, Wataru); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人サンクレスト国際特許事務所(SUNCREST PATENT AND TRADEMARK

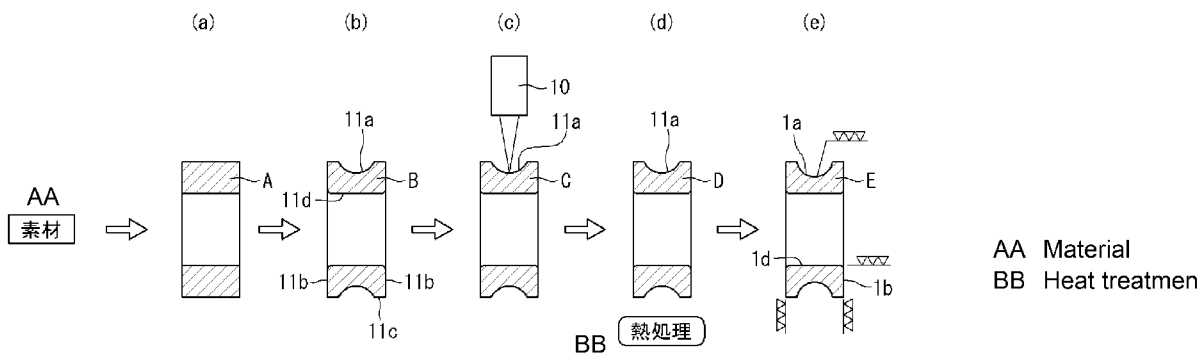
ATTORNEYS); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区栄町通四丁目1番11号 Hyogo (JP).

- (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING TRACK MEMBER, METHOD FOR PRODUCING BALL, AND METHOD FOR PRODUCING ROLLER

(54) 発明の名称: 軌道部材の製造方法、玉の製造方法、及び、ころの製造方法

図 1



(57) Abstract: A method for producing a track member having a track along which a rolling body rolls, said method comprising: a forging step in which a metal material containing non-metallic inclusions with a circle-equivalent diameter of 2 μ m or more is forged to obtain a forged member; a lathing step in which the forged member is lathed to obtain a lathed member having a part serving as a track; a melting/solidification step in which at least a portion of a surface layer part from the face forming a rolling surface included in the part serving as the track of the lathed member to a first depth is melted and the melted material is subsequently solidified to obtain a melted/solidified member; and a heat treatment step in which at least all of the face forming the rolling surface in the surface of the melted/solidified member is subjected to heat treatment to obtain a heat-treated member.

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, ME, 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)）

(57) 要約：転動体が転走する軌道を有する軌道部材の製造方法であって、円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して鍛造済み部材とする鍛造工程、前記鍛造済み部材を旋削して軌道となる部分を有する旋削済み部材とする旋削工程、前記旋削済み部材が有する前記軌道となる部分に含まれる転走面を形成する面から第1深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、及び、前記融解凝固済み部材の表面のうち、少なくとも転走面を形成する面の全てを熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、を備える。

明 細 書

発明の名称：

軌道部材の製造方法、玉の製造方法、及び、ころの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、軌道部材の製造方法、玉の製造方法、及び、ころの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 転がり軸受などに用いられる軸受材料は、転動疲労寿命を長くすることを要求される。軸受の転動疲労寿命は、材料中に存在する非金属介在物に影響される。また、非金属介在物の寸法が大きいほど、軸受の転動疲労寿命に繋がる内部起点剥離が発生しやすい。

[0003] 特許文献1は、非金属介在物形成元素であるS及びOを、それぞれS：0.025質量%以下、O：0.0012質量%以下とした特定の組成を有する軸受材料を提案している。

[0004] 特許文献2は、非金属介在物を原因とする内部起点剥離の発生を抑制し、転がり軸受部材の長寿命化を図るべく、低清浄度鋼を材料とする転がり軸受部材であって、当該転がり軸受部材の転動面の表層部に存在する非金属介在物が、粉碎されて小径化されている転がり軸受部材を提案している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平9-291340号公報

特許文献2：特開2004-263768号公報

発明の概要

[0006] 本開示の一態様に係る軌道部材の製造方法は、転動体が転走する軌道を有する軌道部材の製造方法であって、

円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して鍛造済み部材とする鍛造工程、

上記鍛造済み部材を旋削して軌道となる部分を有する旋削済み部材とする旋削工程、

上記旋削済み部材が有する上記軌道となる部分に含まれる転走面を形成する面の直下の、第1深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、及び、

上記融解凝固済み部材の表面のうち、少なくとも転走面を形成する面の全てを熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、を備える。

[0007] 本開示の一態様に係る玉の製造方法は、

円相当径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して球状の鍛造済み部材とする鍛造工程、

上記鍛造済み部材の表面を研削して第1の研削済み部材とする第1研削工程、

上記第1の研削済み部材の表面の直下の、第3深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、

上記融解凝固済み部材の表面全体を熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、及び

熱処理済み部材の表面を研削して第2の研削済み部材とする第2研削工程、を備える。

[0008] 本開示の一態様に係るころの製造方法は、

円相当径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造してころ形状の鍛造済み部材とする鍛造工程、

上記鍛造済み部材の少なくとも周面を研削して第1の研削済み部材とする第1研削工程、

上記第1の研削済み部材の周面の直下の、第4深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、

上記融解凝固済み部材の少なくとも周面全体を熱処理して熱処理済み部材

とする熱処理工程、及び

熱処理済み部材の少なくとも周面を研削して第2の研削済み部材とする第2研削工程、を備える。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の一実施形態に係る軌道部材の製造方法を説明するための工程図である。

[図2]実施例及び比較例で採用した製造方法を説明するための工程図である。

発明を実施するための形態

[0010] <本開示の発明が解決しようとする課題>

特許文献1及び2の発明によれば、転がり軸受部材の長寿命化を図ることができる。

一方、特許文献1の発明は、軸受部材全体で非金属介在物の減少を図っているため、軸受材料としては高価である。そのため、特許文献1の軸受材料を使用した場合に、転がり軸受部材を安価に提供することは困難であった。

[0011] 特許文献2の発明を実施すると、粒径が $30\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を最大径 $20\mu\text{m}$ 程度に小径化することは可能である。しかしながら、特許文献2の発明を実施しても、粒径がより小さい非金属介在物を更に微細化することは困難であった。

[0012] <本開示の発明の効果>

本開示の発明によれば、内部起点剥離の発生しにくい軌道部材、玉、及びころを製造することができる。

[0013] <本開示の発明の実施形態の概要>

このような状況のもと、本発明者らは、内部起点剥離の発生しにくい転がり軸受部材を製造する新たな方法を見出し、本開示の発明を完成した。

以下、本開示の発明の実施形態の概要を列記して説明する。

[0014] (1) 本開示の軌道部材の製造方法は、転動体が転走する軌道を有する軌道部材の製造方法であって、

円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して鍛造済

み部材とする鍛造工程、

上記鍛造済み部材を旋削して軌道となる部分を有する旋削済み部材とする旋削工程、

上記旋削済み部材が有する上記軌道となる部分に含まれる転走面を形成する面の直下の、第1深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、及び、

上記融解凝固済み部材の表面のうち、少なくとも転走面を形成する面の全てを熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、を備える。

[0015] 本開示の軌道部材の製造方法によれば、転走面の直下に存在する非金属介在物が微細化されており、内部起点剥離の発生しにくい転がり軸受用の軌道部材を製造することができる。

また、上記軌道部材の製造方法は、CO₂排出量の少ない方法である。

[0016] (2) 上記軌道部材の製造方法は、上記熱処理工程の後に行う表面加工工程を更に備え、

上記表面加工工程は、上記熱処理済み部材が有する転走面を形成する面の少なくとも一部を表面から第2深さまで除去して表面加工済み部材とする、ことが好ましい。

(3) 上記表面加工工程では、研削加工及び／又は切削工程を行うことが好ましい。

[0017] (4) 本開示の玉の製造方法は、

円相当径2 μ m以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して球状の鍛造済み部材とする鍛造工程、

上記鍛造済み部材の表面を研削して第1の研削済み部材とする第1研削工程、

上記第1の研削済み部材の表面の直下の、第3深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、

上記融解凝固済み部材の表面全体を熱処理して熱処理済み部材とする熱処

理工程、及び

熱処理済み部材の表面を研削して第2の研削済み部材とする第2研削工程、
、
を備える。

本開示の玉の製造方法によれば、表面近くに存在する非金属介在物が微細化されており、内部起点剥離の発生しにくい軸受用の玉を製造することができる。

また、上記玉の製造方法は、CO₂排出量の少ない方法である。

[0018] (5) 本開示のころの製造方法は、

円相当径2 μ m以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造してころ形状の鍛造済み部材とする鍛造工程、

上記鍛造済み部材の少なくとも周面を研削して第1の研削済み部材とする第1研削工程、

上記第1の研削済み部材の周面の直下の、第4深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、

上記融解凝固済み部材の少なくとも周面全体を熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、及び

熱処理済み部材の少なくとも周面を研削して第2の研削済み部材とする第2研削工程、を備える。

本開示のころ製造方法によれば、転動面（ころの周面）の直下に存在する非金属介在物が微細化されており、内部起点剥離の発生しにくい軸受用のころを製造することができる。

また、上記ころの製造方法は、CO₂排出量の少ない方法である。

[0019] <本開示の発明の実施形態の詳細>

以下、本開示の発明の実施形態について説明する。

(第1実施形態)

図1は、本実施形態に係る軌道部材の製造方法を説明するための工程図で

ある。図 1 によって、転動体が転走する軌道を有する軌道部材の製造方法として、玉軸受の内輪の製造方法を説明する。

上記内輪の製造方法は、

(a) 鍛造工程、(b) 旋削工程、(c) 融解凝固工程、(d) 熱処理工程、及び(e) 表面加工工程、をこの順序で行う。上記(c) 融解凝固工程以外は、内輪の製造で用いる公知の手法を適用することができる。

以下、工程順に各工程を説明する。

[0020] (a) 鍛造工程：

本工程(a)において、環状素材Aは、円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造することによって、作製される。

上記金属製の素材として、例えば、JIS G0555(2003)：鋼の非金属介在物の点算法による顕微鏡試験方法、に準拠した測定において、介在物の評価結果が下記表1のパラメータを充足する鋼材が挙げられる。

[表1]

A	B+C	A+B+C
0.15以下	0.10以下	0.25以下

[0021] 上記金属製の素材として、例えば、ASTM E45 A法、に準拠した測定において、介在物の評価結果が下記表2のパラメータを充足する鋼材も挙げられる。

[表2]

A		B		C		D	
T	H	T	H	T	H	T	H
2.5以下	1.5以下	2.0以下	1.5以下	1.0以下	1.0以下	1.5以下	1.5以下

[0022] これらのパラメータを充足する鋼材は、円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含有している。

上述したJIS G0555(2003)やASTM E45 A法、に準拠した方法による非金属介在物の測定は、市販の非金属介在物測定装置（例えば、東芝デジタルソリューション社製、METALSPECTOR II

ーC等)を使用して行うことができる。

[0023] 上記金属製の素材として、S 4 5 C、S 5 5 C等の機械構造用炭素鋼、S U J 2等の高炭素クロム軸受鋼、S A E 5 1 2 0、S C 4 2 0等の合金鋼等が挙げられる。これらの鋼材は、通常、円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含有している。

[0024] 本開示の実施形態において、素材(鋼材)が円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含有しているか否かは、鍛造前の素材の切断面を観察し、観察領域内の最も大きい非金属介在物の円相当径が $2\mu\text{m}$ 以上であるか否かで判断する。

上記円相当径とは、ヘイウッド径ともいい、観察された非金属介在物の面積に相当する、真円の直径のことをいう。

本工程において、鍛造後、球状化焼鈍が行われてもよい。

[0025] (b) 旋削工程：

本工程(b)において、鍛造済み部材である環状素材Aの外周に旋削加工を施して、転走面1aを形成する面11aを含む軌道となる部分を有する環状素材Bが作製される。

環状素材Bは、環状素材Aの端面11b、外周11c、内周11d等も必要に応じて研削加工等で所定形状に加工され作成される。

ここで、転走面1aを形成する面11aは、後の融解凝固工程や、研削工程等の表面加工工程を経て転走面1aが形成されることになる部分である。通常、本工程における転走面1aを形成する面11aは、後工程で除去され、転走面1aを形成する面11aの直下に位置していた部分が露出して転走面1aとなる。

また、軌道となる部分は、後の融解凝固工程や、研削工程等の表面加工工程を経て軌道が形成されることになる部分である。

[0026] (c) 融解凝固工程：

本工程(c)において、旋削済み部材である環状素材Bが有する上記軌道となる部分の少なくとも一部が融解される。具体的には、上記軌道となる部

分に含まれる転走面 1 a を形成する面 1 1 a の直下の、第 1 深さまでの表層部分の少なくとも一部が融解される。その後、融解した環状素材 B は凝固する。

環状素材 B は、環状素材 B の表面の一部にレーザ光が照射されて、レーザ光が照射された表面を含む所定の深さの表層部分が融解される。レーザ光により融解された部分は、レーザ光の照射を停止すること、もしくはレーザ光の照射点が移動されることで冷却されて凝固する。

本工程（c）において、融解前に融解される部分に存在していた非金属介在物が微細化される。

非金属介在物の種類や、融解凝固条件にもよるため一概には言えないが、円相当径 30～60 μm 程度の非金属介在物は、例えば、円相当径 0.1～1.0 μm 程度に微細化することができる。

[0027] 本工程（c）でレーザ光が照射される領域は、環状素材 B の一部である。具体的にいうと、環状素材 B が有する転走面 1 a を形成する面 1 1 a の一部又は全部である。好ましくは、環状素材 B が有する転走面 1 a を形成する面 1 1 a の全部である。転走面の直下に存在する非金属介在物は内部起点剥離の原因となる。少なくとも非金属介在物のある転走面にレーザ光が照射されるべきである。その他の部分の非金属介在物は、内部起点剥離の発生に寄与しないからである。

[0028] 本工程（c）において、融解させる部分の深さは、完成した内輪における最大せん断応力が発生する深さを考慮して決定すればよい。

内輪のせん断応力は、転走面から深さ方向に向かって上々に大きくなり、ある深さで最大値を示し、そこからは深さ方向に向かって徐々に小さくなる。このせん断応力の最大値を示す深さのことが、最大せん断応力が発生する深さである。

本工程では、2ヵ所ある最大せん断応力の 90% の応力が発生する深さのうちの深い方の深さを指標とし、この深さ以上の深さの部分まで融解させる。なお、本明細書において「最大せん断応力の 90% の応力が発生する深さ

」と記載した場合、特に断りのない限り、2ヵ所ある最大せん断応力の90%の応力が発生する深さのうちの深い方の深さ、を指す。

[0029] 本実施形態において、転走面1aを形成する面11aは、後工程において研削等されて除去される。

このように、本工程(c)でレーザ光を照射する面が、後工程で除去される場合は、後工程で除去される深さも考慮して、本工程(c)で融解する深さを決定する。

一方、上記融解させる部分の深さの最大値は、融解部分を環状素材Bの内周11dまで貫通させないような深さであれば特に限定されない。

上記融解させる部分の深さは、完成した内輪における最大せん断応力が発生する深さを考慮して決定すればよく、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと、後工程で除去される深さとの合計深さ以上の深さとするのがよい。

上記融解させる部分の深さは、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと、後工程で除去される深さとの合計深さの120~200%程度の深さとすることが好ましい。

[0030] 上記融解させる部分の深さの好ましい数値は、最大せん断応力が発生する深さや、仕上げ工程で除去する深さにもよるため一概にはいえないが、通常、300~2000 μ m程度である。

[0031] 本工程で使用するレーザ10は、非金属介在物を融解させることができるものであればよい。具体的にいうと、レーザ光の照射領域を2500℃以上に加熱することができるものが好ましい。

レーザ10の具体例として、例えば、YAGレーザ、YVOレーザ、半導体レーザ、ファイバーレーザ等が挙げられる。

[0032] 本工程において、レーザ光を走査し、レーザ光の照射位置を経時的に変化させることにより、鋼材の融解と凝固とを連続的に行うことができる。

また、レーザ光の出力及び移動速度を調整することによって、融解させる部分の深さや融解後の冷却速度を調整することができる。具体的にいうと、

レーザ光の出力を大きくしたり、レーザ10の移動速度を遅くしたりすることにより融解させる部分の深さを深くすることができる。一方、レーザ10の移動速度を速くすることにより冷却速度を速くすることができる。

[0033] 本工程において、融解部分の冷却速度は、当該融解部分の表面の冷却速度が $1200 \sim 10000^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ であることが好ましい。

このような冷却速度が、非金属介在物の微細化に適している。

上記冷却速度は、放射温度計等の十分な時間分解能を有する温度計を用いて測定した温度変化に基づいて算出すればよい。

[0034] 本工程を終えた後、転走面1aを形成する面11aの直下における、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと後工程で除去する深さの合計深さまでの部分のうち、本工程で融解された部分に、円相当径 $30\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物は、存在しない。

この場合、長期間に亘って内部起点剥離は、抑制される。

[0035] (d) 熱処理工程：

本工程(d)において、上記融解凝固工程を経て、非金属介在物が微細化された中間素材Cは、熱処理が施されて、熱処理済み部材である中間素材Dが作製される。

上記熱処理として、例えば、焼入れ及び焼戻しが行われる。また、上記熱処理として、浸炭処理や浸炭窒化処理等が行われてもよい。

上記焼入れとして、ズブ焼入れ、高周波焼入れ、炎焼焼入れ等が挙げられる。また、上記焼入れは、全体焼入れであってもよいし、部分焼入れであってもよい。上記部分焼入れは、少なくとも中間素材Cに形成された転走面1aを形成する面11aの全体に対して行われる。

[0036] (e) 表面加工工程：

本工程(e)において、熱処理が完了した中間素材Dの転走面1aを形成する面11aは、表面加工を施され、所定の精度に仕上げた転走面1aを有する内輪Eが形成される。

また、本工程において、転走面1aを形成する面11aが、加工されると

ともに、中間素材Dの端面及び内周も加工し、所定精度に仕上げられた端面1 b及び内周1 dを有する内輪Eとすることが好ましい。

本工程（e）において、表面加工は、例えば、研削加工、切削加工等が採用できる。

[0037] 本工程（e）において、中間素材Dの転走面1 aを形成する面1 1 aは、所定の深さ（第2深さ）で除去される。このとき、除去する深さは、除去後に残っている上記融解凝固工程で融解、凝固した部分の深さが、最大せん断応力の90%の応力が生じる深さ以上の深さとなるように設定する。

[0038] このような工程（a）～（e）を行うことにより、転がり軸受の内輪を製造することができる。

本実施形態で製造された内輪は、転走面の直下の最大せん断応力の90%の応力が発生する深さまでに、粒径が円相当径で30 μm 以上の非金属介在物が存在しないか、又は存在しても少量であるため、長期間に亘って内部起点剥離が発生しにくい。

また、本実施形態によると、少ないCO₂排出量で内輪を製造することができる。

[0039] （第2実施形態）

本実施形態は、転がり軸受部材としての玉の製造方法に関する。

本実施形態に係る玉の製造方法は、

（a）鍛造工程、（b）第1研削工程、（c）融解凝固工程、（d）熱処理工程、及び（e）第2研削工程、をこの順序で行う。このとき、上記（c）融解凝固工程以外は、転がり軸受用の玉の製造で用いる公知の手法を適用することができる。

以下、工程順に各工程を説明する。ここでは、第1実施形態と異なる点を中心に各工程を説明する。

[0040] （a）鍛造工程：

本工程（a）において、球状の中間素材Fは、円相当径2 μm 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造することによって、作製される。

上記金属製の素材として、第1実施形態で使したのと同様のものが挙げられる。

本工程において、鍛造後、球状化焼鈍が行われてもよい。

[0041] (b) 第1研削工程：

本工程(b)において、鍛造済み部材である中間素材Fの表面を研削して球状の中間素材Gが作製される。

上記(a)鍛造工程で製造した中間素材Fの表面にバリ等が存在しているが、本工程(B)を行うことにより、バリ等が除去され、表面が比較的平滑な中間素材Gが作製される。

[0042] (c) 融解凝固工程：

本工程(c)において、研削済み部材である中間素材Gの表面の直下の、第3深さまでの表層部分の少なくとも一部が融解される。その後、融解した素材を凝固させる。

本工程(c)を経ることによって、中間素材Gは、表面直下の非金属介在物が微細化された球状の中間素材Hとなる。

上記中間素材Gの融解は、第1実施形態と同様に行えばよい。

また、融解した部分の凝固も、第1実施形態と同様に行えばよい。

本実施形態においても、融解させる部分の深さ(第3深さ)は、完成した玉における最大せん断応力が発生する深さを考慮して決定すればよく、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと、後工程で除去される深さとの合計深さ以上の深さとすればよい。

上記融解させる部分の深さは、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと、後工程で除去される深さとの合計深さの120~200%程度の深さとするのが好ましい。

上記融解させる部分の深さの好ましい数値は、一概にはいえないが、通常、300~2000 μ m程度である。

[0043] 本工程(c)を終えた後、中間素材Hの表面から、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと後工程で除去する深さの合計深さまでの部分のう

ち、本工程で融解された部分に、円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物は、存在しない。

この場合、後の工程を経て製造される玉は、長期間に亘って内部起点剥離を抑制するのに適している。

[0044] (d) 熱処理工程：

本工程 (d) において、上記融解凝固工程を経て、非金属介在物が微細化された中間素材 H は、熱処理が施され、熱処理済み部材である球状の中間素材 I が作製される。

ここでは、中間素材 H の表面全体に熱処理を行う。

上記熱処理としては、第 1 実施形態の熱処理と同様の種類や方法が採用される。

[0045] (e) 第 2 研削工程：

本工程 (e) において、熱処理が完了した中間素材 I は、表面を研削され、所定の精度に仕上げた転動面を有する玉 J になる。

本工程 (e) において、中間素材 I は、表面を、表面から所定の深さ（第 5 深さ）まで除去される。このとき、除去される深さは、除去された後に残っている上記融解凝固工程で融解、凝固した部分の表面からの深さが、最大せん断応力の 90% の応力が生じる深さ以上の深さとなるように設定する。

[0046] このような工程 (a) ~ (e) を行うことにより、転がり軸受の玉を製造は、製造される。

本実施形態で製造された玉は、表面から最大せん断応力の 90% の応力が発生する深さまでに、粒径が円相当径で $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物が存在しないか、又は存在しても少量であるため、長期間に亘って内部起点剥離が発生しにくい。

また、本実施形態によると、少ない CO_2 排出量で玉を製造することができる。

[0047] (第 3 実施形態)

本実施形態は、転がり軸受部材としてのころの製造方法に関する。

本実施形態に係るころの製造方法は、

(a) 鍛造工程、(b) 第1研削工程、(c) 融解凝固工程、(d) 熱処理工程、及び(e) 第2研削工程、をこの順序で行う。このとき、上記(c) 融解凝固工程以外は、転がり軸受用ころの製造で用いる公知の手法を適用することができる。

以下、工程順に各工程を説明する。ここでは、第1及び第2実施形態と異なる点を中心に各工程を説明する。

[0048] (a) 鍛造工程：

本工程(a)において、ころ形状の中間素材Kが、円相当径 $2\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して、作製される。

上記金属製の素材として、第1実施形態で使したのと同様のものが挙げられる。

本工程において、鍛造後、球状化焼鈍が行われてもよい。

[0049] (b) 第1研削工程：

本工程(b)において、鍛造済み部材である中間素材Kの少なくとも周面を研削してころ形状の中間素材Lが作製される。中間素材Lが作製されるとき、中間素材Kの端面の研削も行うことが好ましい。

上記(a)鍛造工程で製造した中間素材Kの周面にバリ等が存在しているが、本工程(B)を行うことにより、バリ等が除去され、周面が比較的平滑な中間素材Lが作製される。

[0050] (c) 融解凝固工程：

本工程(c)において、研削済み部材である中間素材Lの周面の直下の、第4深さまでの表層部分の少なくとも一部が融解される。その後、融解された素材は、凝固される。

本工程(c)を経ることによって、中間素材Lは、周面直下の非金属介在物が微細化されたころ形状の中間素材Mとなる。

上記中間素材Lの融解は、第1実施形態と同様にして行えばよい。

また、融解した部分の凝固も、第1実施形態と同様にして行えばよい。

[0051] 本実施形態においても、融解させる部分の深さ（第4深さ）は、完成したところにおける最大せん断応力が発生する深さを考慮して決定すればよく、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと、後工程で除去される深さとの合計深さ以上の深さとするればよい。

上記融解させる部分の深さは、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと、後工程で除去される深さとの合計深さの120～200%程度の深さとするのが好ましい。

上記融解させる部分の深さの好ましい数値は、一概にはいえないが、通常、300～2000 μm 程度である。

[0052] 本工程（c）を終えた後、中間素材Mの周面から、最大せん断応力の90%の応力が発生する深さと後工程で除去する深さの合計深さまでの部分のうち、本工程で融解された部分に、円相当径30 μm 以上の非金属介在物は、存在しない。

この場合、後の工程を経て製造されるころは、長期間に亘って内部起点剥離を抑制される。

[0053] （d）熱処理工程：

本工程（d）において、上記融解凝固工程を経て、非金属介在物が微細化された中間素材Mは、熱処理が施され、熱処理済み部材であるころ形状の中間素材Nが作製される。

ここでは、中間素材Mの少なくとも周面全体に熱処理を行う。

上記熱処理としては、第1実施形態の熱処理と同様の種類や方法が採用される。

[0054] （e）第2研削工程：

本工程（e）において、熱処理が完了した中間素材Nは、周面を研削され、所定の精度に仕上げた転動面を有するころOになる。中間素材Nの周面が研削されるとき、中間素材Nの端面も研削されてもよい。

本工程（e）において、中間素材Nは、周面を、表面から所定の深さ（第6深さ）まで除去される。このとき、除去される深さは、除去された後に残

っている上記融解凝固工程で融解、凝固した部分の表面からの深さが、最大せん断応力の90%の応力が生じる深さ以上の深さとなるように設定する。

[0055] このような工程(a)～(e)を行うことにより、転がり軸受のころは、製造される。

本実施形態で製造されたころは、周面から最大せん断応力の90%の応力が発生する深さまでに、粒径が円相当径で30 μ m以上の非金属介在物が存在しないか、又は存在しても少量であるため、長期間に亘って内部起点剥離が発生しにくい。

また、本実施形態によると、少ないCO₂排出量でころを製造することができる。

[0056] (その他の実施形態)

本開示の実施形態に係る製造方法による製造物は、転がり軸受の構成部材である、内輪、玉、ころに限定されない。

本開示の実施形態による製造方法によって、転動体が転走する軌道を有する軌道部材として、例えば、転がり軸受の外輪等を製造することもできる。

実施例

[0057] 次に、本開示の発明を実施例に基づいてさらに詳細に説明する。本開示の発明は、係る実施例のみに限定されるものではない。

実施例として、スラスト型寿命評価用の円板を作製し、非金属介在物の評価、及び転がり寿命の評価を行った。結果は、表4に示した。

図2は、実施例及び比較例で採用した製造工程を説明するための図である。

図2に示した通り、実施例1及び2において、融解凝固工程が実施されたのに対して、比較例1において、融解凝固工程が実施されなかった。

[0058] (比較例1)

(1) S U J 2製の素材に、鍛造処理と旋削処理とが、施されて、直径60mm、厚さ12mmの円板状素材が、5枚作製された。なお、鍛造処理を行った後に、旋削処理の前の円板状素材に、球状化焼鈍が、施された。

[0059] (2) 次に、円板状素材に熱処理が、施された。

上記熱処理として、830℃で35分間の加熱後、油冷する焼入れ処理と、180℃で120分間加熱する焼戻し処理とが、行われた。

[0060] (3) 上記熱処理が施された円板状素材の片面に、表面加工として、研削処理が、施された。

このような工程を経て、比較例1の評価用円板(5枚)が、完成した。

[0061] (実施例1)

(1) 比較例1の工程(1)と同様にして、円板状素材5枚が、作製された。

(2) 上記円板状素材は、その片面の一部にレーザ光を照射される、融解凝固工程が、行われた。

融解凝固工程において、ファイバーレーザが使用され、表3に示したレーザAの条件で上記円板状素材はレーザ光を照射された。

また、レーザ光は、直径約38.5mmの円周を描くように照射された。レーザ光によって、上記円板状素材は、表面から300μmが融解され、続いて凝固された。

[0062] (3) 上記融解凝固工程終了後、比較例1の工程(2)及び(3)と同様にして、熱処理と表面加工とが、行われた。

このような工程を経て、実施例1の評価用円板(5枚)が、完成した。

[0063] (実施例2)

表3に示したレーザBの条件で、円板状素材の片面の一部にレーザ光を照射したことを除き、実施例1同様にして実施例2の評価用円板(5枚)が、完成した。レーザ光によって、上記円板状素材は、表面から300μmが融解され、続いて凝固された。

[0064]

[表3]

照射条件	レーザーの種類	出力 W	焦点径 mm	焦点ずらし距離 mm	出力密度分布	移動速度 mm/s	照射時間 s	冷却速度 °C/s
レーザーA(実施例1)	ファイバーレーザー	2000	φ3.2	80	ガウス分布	500.4	14.4	1292
レーザーB(実施例2)	ファイバーレーザー	2000	φ3.2	80	ガウス分布	700.0	10.4	4556

実施例及び比較例で作製した評価用円板の各 1 枚について、超音波探傷装置（K J T D 社製、H I S 3 H F）を用いて、円板状素材における円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物の存否が、調査された。このとき、超音波探傷装置の周波数は 80MHz であった。

この調査において、直径約 38.5mm 、線幅 2mm の円を描くように超音波探傷装置を移動させて、円板状素材の片面における円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物の存否が、調査された。調査された深さは、表面から $300\text{ }\mu\text{m}$ である。

実施例 1 の評価用円板と実施例 2 の評価用円板とは、円板状素材の片面に、円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を認められなかった。一方、比較例の評価用円板は、円板状素材の片面に、円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を認められた。円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の非金属介在物の個数は、表 4 に示される。

[0066] [転がり寿命の評価]

各実施例の評価用円板（各 5 枚）及び比較例の評価用円板（各 5 枚）について、森式スラスト型転動疲労試験機を用いた転動疲労試験が行われ、軸受の L 10 寿命が予測された。更に、比較例 1 の評価用円板の L 10 寿命を 1 としたときの実施例 1 の評価用円板及び実施例 2 の評価用円板の L 10 寿命の相対値は、L 10 寿命比として算出された。結果は表 5 に示される。実施例の評価用円板、比較例の評価用円板のそれぞれの L 10 寿命比は、表 5 に示される。

[0067] [表4]

	円相当径 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の 介在物（個）	転がり寿命	
		L10寿命	L10寿命比
実施例1	0	10.3	1.7
実施例2	0	40	6.5
比較例	7	6.2	1

[0068] 表 4 に示した結果の通り、本開示の実施形態によれば、高寿命化した軸受

部材を製造できることが明らかとなった。

符号の説明

- [0069] 1 a : 転走面
 1 b : 端面
 1 d : 内周
 1 O : レーザ
 1 1 a : 転走面を形成する面
 A, B, C, D : 中間素材
 E : 内輪

請求の範囲

- [請求項1] 転動体が転走する軌道を有する軌道部材の製造方法であって、
円相当径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して鍛造済み部材とする鍛造工程、
前記鍛造済み部材を旋削して軌道となる部分を有する旋削済み部材とする旋削工程、
前記旋削済み部材が有する前記軌道となる部分に含まれる転走面を形成する面の直下の、第1深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、及び、
前記融解凝固済み部材の表面のうち、少なくとも転走面を形成する面の全てを熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、
を備える軌道部材の製造方法。
- [請求項2] 前記熱処理工程の後に行う表面加工工程を更に備え、
前記表面加工工程は、前記熱処理済み部材が有する転走面を形成する面の少なくとも一部を表面から第2深さまで除去して表面加工済み部材とする、
請求項1に記載の軌道部材の製造方法。
- [請求項3] 前記表面加工工程では、研削加工、及び／又は切削工程を行う請求項2に記載の軌道部材の製造方法。
- [請求項4] 円相当径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造して球状の鍛造済み部材とする鍛造工程、
前記鍛造済み部材の表面を研削して第1の研削済み部材とする第1研削工程、
前記第1の研削済み部材の表面の直下の、第3深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、
前記融解凝固済み部材の表面全体を熱処理して熱処理済み部材とす

る熱処理工程、及び

熱処理済み部材の表面を研削して第2の研削済み部材とする第2研削工程、

を備える、玉の製造方法。

[請求項5]

円相当径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の非金属介在物を含む金属製の素材を鍛造してころ形状の鍛造済み部材とする鍛造工程、

前記鍛造済み部材の少なくとも周面を研削して第1の研削済み部材とする第1研削工程、

前記第1の研削済み部材の周面の直下の、第4深さまでの表層部分の少なくとも一部を融解し、その後、融解した素材を凝固させて融解凝固済み部材とする融解凝固工程、

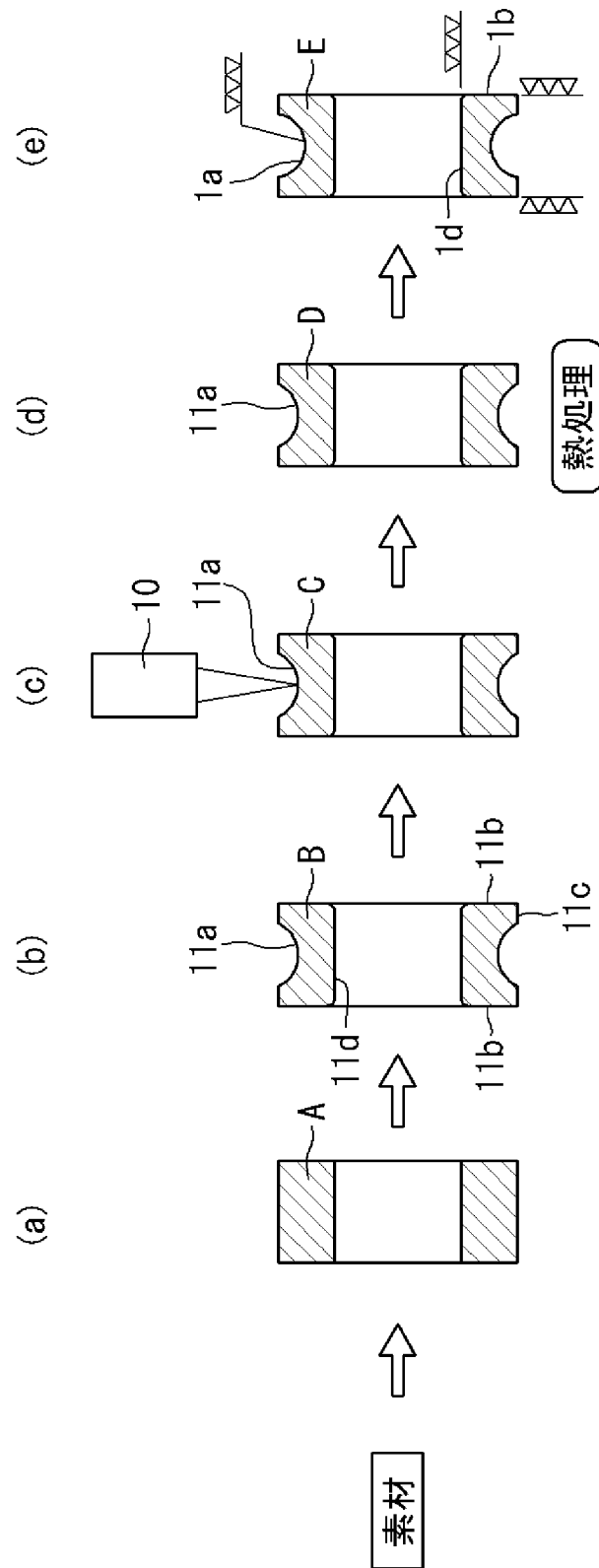
前記融解凝固済み部材の少なくとも周面全体を熱処理して熱処理済み部材とする熱処理工程、及び

熱処理済み部材の少なくとも周面を研削して第2の研削済み部材とする第2研削工程、

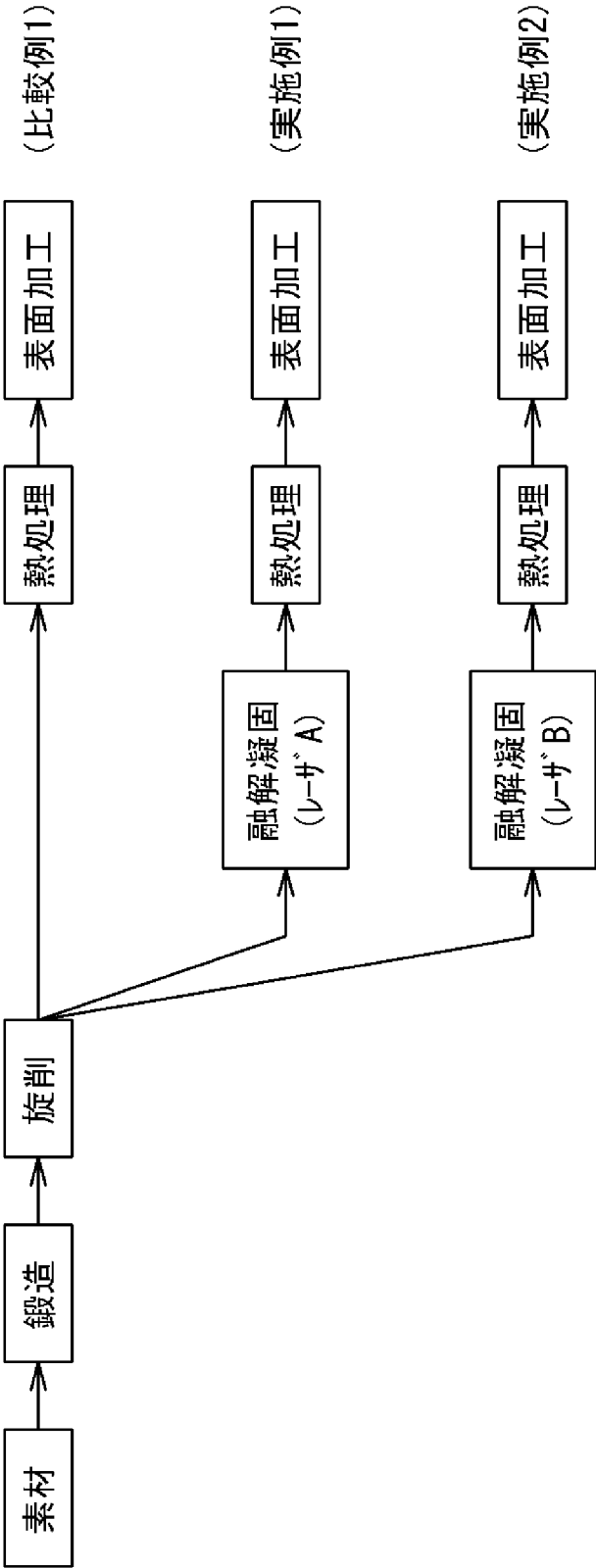
を備える、ころの製造方法。

[図1]

図 1



[図2]
図 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/004143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F16C 33/64**(2006.01)i; **F16C 19/06**(2006.01)i

FI: F16C33/64; F16C19/06

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)

F16C33/64; F16C19/06

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	JP 2004-263768 A (KOYO SEIKO CO., LTD.) 24 September 2004 (2004-09-24)	1-5
A	JP 2014-040894 A (NTN CORPORATION) 06 March 2014 (2014-03-06)	1-5
A	JP 2021-025598 A (NSK LTD.) 22 February 2021 (2021-02-22)	1-5
A	WO 2020/170953 A1 (NSK LTD.) 27 August 2020 (2020-08-27)	1-5



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

04 April 2023

Date of mailing of the international search report

18 April 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/004143

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-263768	A	24 September 2004	(Family: none)	
JP	2014-040894	A	06 March 2014	(Family: none)	
JP	2021-025598	A	22 February 2021	(Family: none)	
WO	2020/170953	A1	27 August 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F16C 33/64(2006.01)i; F16C 19/06(2006.01)i FI: F16C33/64; F16C19/06										
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）） F16C33/64; F16C19/06 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
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								
A	JP 2004-263768 A（光洋精工株式会社）24.09.2004（2004 - 09 - 24）	1-5								
A	JP 2014-040894 A（NTN株式会社）06.03.2014（2014 - 03 - 06）	1-5								
A	JP 2021-025598 A（日本精工株式会社）22.02.2021（2021 - 02 - 22）	1-5								
A	WO 2020/170953 A1（日本精工株式会社）27.08.2020（2020 - 08 - 27）	1-5								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 04.04.2023		国際調査報告の発送日 18.04.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 倉田 和博 3J 9627 電話番号 03-3581-1101 内線 3328								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/004143

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2004-263768	A	24.09.2004	(ファミリーなし)	
JP	2014-040894	A	06.03.2014	(ファミリーなし)	
JP	2021-025598	A	22.02.2021	(ファミリーなし)	
WO	2020/170953	A1	27.08.2020	(ファミリーなし)	