

(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
2020年8月27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号

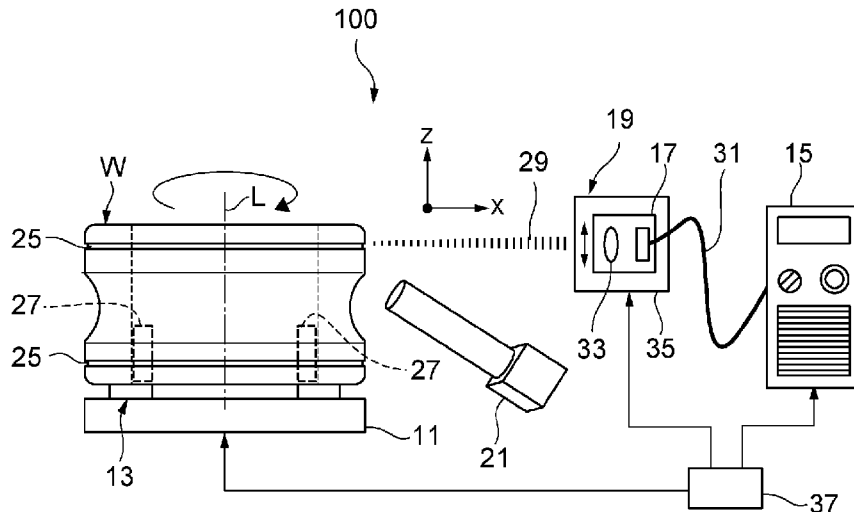
WO 2020/170953 A1

- (51) 国際特許分類:
B08B 5/04 (2006.01) *F16C 33/78* (2006.01)
B08B 7/04 (2006.01) *B23K 26/08* (2014.01)
F16C 19/06 (2006.01) *B23K 26/36* (2014.01)
F16C 33/64 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005702
- (22) 国際出願日: 2020年2月14日(14.02.2020)
- (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 2019-027243 2019年2月19日(19.02.2019) JP
- (71) 出願人: 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎一丁目6番3号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 杉田 哲司(SUGITA Tetsuji); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所(EIKOH PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 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,

(54) Title: BEARING PART, AND METHOD AND DEVICE TO REMOVE FOREIGN BODIES ADHERING TO SAME

(54) 発明の名称: 軸受部品とそれに付着する異物を除去する方法と装置



(57) Abstract: In the present invention, foreign bodies on the surface of a steel bearing part are removed by way of a process to rotate the bearing part around the axis and by emitting pulsed laser light having an energy density on the emission surface of $0.3 - 4.0 \text{ J/cm}^2$ onto the surface of the bearing part being rotated and scanning the surface of the bearing part with the pulsed laser light by the relative movement of the bearing part and the pulsed laser light along the axis.

(57) 要約: 鋼材からなる軸受部品を軸芯回りに回転させる工程と、照射面におけるエネルギー密度が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のパルスレーザー光を、回転する軸受部品の表面に照射し、軸受部品とパルスレーザー光との軸芯に沿った相対移動により、パルスレーザー光を軸受部品の表面で走査させ、軸受部品の表面の異物を除去する。

[続葉有]



WO 2020/170953 A1

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, 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：

軸受部品とそれに付着する異物を除去する方法と装置

技術分野

[0001] 本発明は、軸受部品と、それに付着する異物を除去する方法及び装置に関する。

背景技術

[0002] 軸受の端面、転動面、内径面及び外径面以外の面（例えば、シール板溝、外輪内径面、内輪外径面、肩 R 部等）には、製品完成の段階で熱処理後の非加工面がそのまま残存している場合がある。また、非加工面は、加工面と比較して表面粗さが大きいため、外部から混入した異物が表面に付着しやすい。

[0003] 図 2 に、軸受内部からのグリース飛散や、軸受外部からの水や異物等の侵入の予防対策を施した軸受の一例を示す。この軸受では、外輪 1 と内輪 2 との間の隙間を、軸方向の両端側から一对の軸受リングであるシール部材 3 で挟み込んでいる。このようなシール付き軸受 4 は、例えば外輪 1 が回転側となる場合、固定側となる内輪 2 の外周面にシール溝部 5 が形成される。このシール溝部 5 には、円環形状のシール部材 3 の内周縁部（シールリップ部 3 a）が挿入される。これにより、シール付き軸受 4 は、軸受内部からのグリース漏れや、軸受外部からの水や異物等の浸入が防止される。

[0004] しかし、シールがシール溝部と摺動するために、溝内に残存する異物や溝表面の酸化膜層が、溝表面からこそぎ落とされやすい。また、微小な異物が軸受の転動面に混入すると、ボールと転動面との間に噛みこまれて異音を発生したり、転動面にキズを付けたりして、音響性能や軸受寿命を悪化させるおそれがある。そのため、効果的な酸化膜や異物の除去方法が求められていた。

[0005] このような軸受における異物の除去について、種々の方法が提案されてい

る（例えば、特許文献１～４）。

特許文献１の軸受装置における外輪内面の滑面仕上処理方法では、熱処理前の切削加工に総型バイトを用いる。これにより、従来のバイト送り方向のカエリやバリを減らし、表面層の脱落や異物混入を生じにくくしている。さらに、微小なバリや異物を除去するためにバレル処理を施している。

[0006] 特許文献２のボールベアリングの洗浄方法では、内輪の軸心と平行に高圧液体ジェット噴射管を移動させながら、内輪を回転させる。もしくは高圧液体ジェット噴射管を内輪の回りで回転させ、高圧液体ジェット噴射管から噴射される高圧液体ジェットを内輪の外周面に当てて、内輪のボール転動面を含む外周面を洗浄する。

[0007] 特許文献３のリング状部品の洗浄方法では、洗浄液の満たされた洗浄槽に超音波振動板を設け、この超音波振動板によって発振される超音波を、洗浄槽内に配置したリング状部品に当て、リング状部品に付着した異物を除去する。

[0008] 特許文献４の車輪用軸受装置における内輪の内周と外周の処理方法では、内周と外周の角部に、レーザピーニング処理によって圧縮残留応力を付与している。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献１：日本国特開２００４－１００７５４号公報

特許文献２：日本国特開２００３－３２６２２３号公報

特許文献３：日本国特開２００２－５９０９６号公報

特許文献４：日本国特開２０１８－３５９０７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献１の軸受装置における外輪内面の滑面仕上処理方法では、バイトの摩耗や、バッチ処理であるバレル加工の特性により、安定

した結果が得られにくい。また、バイトやバレルのメディア自体が異物の発生源となってしまうおそれがある。

[0011] 特許文献2のボールベアリングの洗浄方法では、流体を高圧で噴射することや、洗浄設備外への流体漏れを防止するため、設備が大掛かりになるおそれがある。また、洗浄用の流体の清浄度を維持する必要がある。さらに、特許文献2には純水を使用すると記載されており、ランニングコストが嵩むおそれがある。

[0012] 特許文献3のリング状部品の洗浄方法では、超音波が、波長とリングの形状によってはターゲットとしている部位に十分届かない。また、高圧流体を用いた方法と同様に、洗浄液の清浄度を維持する必要がある。

[0013] 特許文献4の車輪用軸受装置における内輪の内周と外周の処理方法では、圧縮の残留応力を付与するレーザピーニングを用いている。そのため、レーザによる衝撃波を利用するには、液中で加工を行う必要がある。また、レーザ照射はハブ軸受に限られているという問題がある。

[0014] その他、砥石やブラシで表面層を削り取る方法も考えられるが、工具が異物源となりかねない上に、シール溝部のような微小部位では、部位の形状に合わせた工具の作製や、工具の状態の維持に困難を伴う。

また、近年、模倣品による被害が拡大しており、軸受等の製品も例外ではない。そのため、製品に正規品識別マークを付して模倣品の発見を容易にする取り組みも行われているが、鋼製品へのマーク形成時に異物が発生し、また、マークの存在が異物を離れ難くしている場合がある。

[0015] 本発明の目的は、異物の発生源や大掛かりな設備を使用せず、安価に且つ安定して運用でき、しかも、微小部位に対しても確実に異物除去が可能な軸受部品の異物除去方法及び異物除去装置、並びに、その方法で異物が除去された軸受部品を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明は下記の構成からなる。

(1) 鋼材からなる軸受部品を軸芯回りに回転させる工程と、

照射面におけるエネルギー密度が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のパルスレーザ光を、回転する前記軸受部品に照射する工程と、

前記軸受部品と前記パルスレーザ光との前記軸芯に沿った相対移動により前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させ、前記軸受部品の表面の異物を除去する工程と、を含む軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、照射面におけるエネルギー密度が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のパルスレーザ光を、回転する軸受部品に照射することで、軸受部品の表面で走査させる。これにより、パルスレーザ光が照射された軸受部品の表面では、表層の非加工面の酸化膜や塵埃等の異物が除去される。このように、異物の発生源とならないレーザ光を用いることで、大掛かりな設備を使用せず、安価に且つ安定した異物除去が可能となる。

(2) 前記パルスレーザ光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である(1)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、パルスレーザ光を焦点深度の深い集光光又は平行光にすることで、表面の凹凸によらずに、効率よく異物を除去できる。

(3) 前記パルスレーザ光を、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる(1)又は(2)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、軸受部品の軸芯に沿った螺旋走査を正確且つ簡単に行え、高効率な走査によって異物除去のタクトアップが図れる。

(4) 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引して、前記パルスレーザ光の照射面から前記ヒュームを除去する(1)～(3)のいずれか1つに記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、発生したヒュームが再び軸受リングの表面に付着することを防止できる。

(5) 前記パルスレーザ光の前記軸受部品表面での走査が、機械的な送り機構のみで行われる(1)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、ガルバノスキャナ等を用いることなく、パルスレーザ光の走査が行われる。

(6) 前記ヒュームを吸引する集塵部に向けて気体を送風する第一の送風機構を有する(4)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、集塵部の口に向けて気体を送風することにより、場の気体流れを制御し、加工により生じた煙、スパッタ等様々な物体を集塵部に回収させることができる。

(7) 前記パルスレーザ光の照射位置に向けて気体を送風する第二の送風機構を有する(1)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、空気中に飛散したプラズマ等がワーク表面に再付着することを防止できる。

(8) 前記気体は大気である(6)又は(7)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、空気の流れをつくり、異物の除去を促進できる。

(9) 前記パルスレーザ光の前記軸受部品への照射は、前記軸受部品に形成された軌道面に近い方から行われる(1)に記載の軸受部品の異物除去方法。

この軸受部品の異物除去方法によれば、軌道面への熱影響を抑えることができる。

[0017] (10) (1)～(9)のいずれか1つに記載の軸受部品の異物除去方法を用いて製造された軸受。

(11) (10)に記載の軸受を用いて製造された機械。

(12) (10)に記載の軸受を用いて製造された車両。

これら軸受、機械、車両は、異物の除去された高品位な構成にでき、製品品質を向上させることができる。

[0018] (13) 鋼材からなる軸受部品を着脱自在に把持するチャックと、
前記チャックに把持された前記軸受部品を回転駆動する回転主軸と、

パルスレーザ光を発生するレーザ発振器と、

前記パルスレーザ光を集光させる集光レンズが搭載され、照射面におけるエネルギー密度を $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ にして前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面に照射するレーザ集光ヘッドと、

前記レーザ集光ヘッドと前記軸受部品とを、前記軸受部品の軸芯方向に相対移動させ、前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させる送り機構と、を備え、

前記軸受部品の表面の異物を前記パルスレーザ光の照射によって除去する軸受部品の異物除去装置。

この軸受部品の異物除去装置によれば、回転主軸が駆動されると、チャックに把持された軸受部品が回転駆動される。レーザ発振器からが出射されたパルスレーザ光は、照射面におけるエネルギー密度を $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ にして回転する軸受部品の表面に照射される。このパルスレーザ光は、送り機構によってレーザ集光ヘッドと軸受部品とが相対移動されることで、軸受部品の表面で走査される。これにより、パルスレーザ光が照射された軸受部品の表面では、表層の非加工面の酸化膜や塵埃等の異物が除去される。このように、異物の発生源とならないレーザ光を用いることで、大掛かりな設備を使用せず、安価に且つ安定した異物除去が可能となる。

[0019] (14) 前記パルスレーザ光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である(13)に記載の軸受部品の異物除去装置。

この軸受部品の異物除去装置によれば、パルスレーザ光を焦点深度の深い集光光又は平行光にすることで、表面の凹凸によらずに、効率よく異物を除去できる。

[0020] (15) 前記送り機構は、前記レーザ集光ヘッドを、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる(13)又は(14)に記載の軸受部品の異物除去装置。

この軸受部品の異物除去装置によれば、軸受部品の軸芯に沿った螺旋走査を正確且つ簡単に行え、高効率な走査によって異物除去のタクトアップが図

れる。

[0021] (16) 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引する集塵部を備える(13)～(15)のいずれか1つに記載の軸受部品の異物除去装置。

この軸受部品の異物除去装置によれば、発生したヒュームが再び軸受部品の表面に付着することを防止できる。

[0022] (17) 多数のドットによる規則的な模様を有する軸受部品の製造方法であり、

鋼材からなる前記軸受部品を軸芯回りに回転させる工程と、

照射面におけるエネルギー密度が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のパルスレーザ光を、回転する前記軸受部品に照射する工程と、

前記軸受部品と前記パルスレーザ光との前記軸芯に沿った相対移動により前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させ、前記軸受部品の表面の異物を除去する工程と、

を含む軸受部品の製造方法。

この軸受部品の製造装置によれば、軸受部品に正規品識別マークを形成する際に発生する異物を効率的に除去することができる。

(18) 前記パルスレーザ光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である(17)に記載の軸受部品の製造方法。

(19) 前記パルスレーザ光を、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる(17)又は(18)に記載の軸受部品の製造方法。

(20) 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引して、前記パルスレーザ光の照射面から前記ヒュームを除去する(17)～(19)のいずれか1つに記載の軸受部品の製造方法。

(21) 前記パルスレーザ光の前記軸受部品表面での走査が、機械的な送り機構のみで行われる(17)に記載の軸受部品の製造方法。

(22) 前記ヒュームを吸引する集塵部に向けて気体を送風する第一の送風機構を有する(20)に記載の軸受部品の製造方法。

(23) 前記パルスレーザ光の照射位置に向けて気体を送風する第二の送風機構を有する(17)に記載の軸受部品の製造方法。

(24) 前記気体は大気である(22)又は(23)に記載の軸受部品の製造方法。

(25) 前記パルスレーザ光の前記軸受部品への照射は、前記軸受部品に形成された軌道面に近い方から行われる(17)に記載の軸受部品の製造方法。

[0023] (26) (17)～(20)のいずれか1つに記載の製造方法で製造された軸受部品を用いて構成された軸受。

(27) (26)に記載の軸受を有する機械。

(28) (26)に記載の軸受を有する車両。

[0024] (29) 多数のドットによる規則的な模様を有する軸受部品の製造装置であり、

鋼材からなる前記軸受部品を着脱自在に把持するチャックと、

前記チャックに把持された前記軸受部品を回転駆動する回転主軸と、

パルスレーザ光を発生するレーザ発振器と、

前記パルスレーザ光を集光させる集光レンズが搭載され、照射面におけるエネルギー密度を $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ にして前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面に照射するレーザ集光ヘッドと、

前記レーザ集光ヘッドと前記軸受部品とを、前記軸受部品の軸芯方向に相対移動させ、前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させる送り機構と、

を備え、

前記軸受部品の表面の異物を前記パルスレーザ光の照射によって除去する軸受部品の製造装置。

(30) 前記パルスレーザ光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である(29)に記載の軸受部品の製造装置。

(31) 前記送り機構は、前記レーザ集光ヘッドを、前記軸受部品の軸芯

に沿って移動させる（２９）又は（３０）に記載の軸受部品の製造装置。

（３２） 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引する集塵部を備える（２９）～（３１）のいずれか１つに記載の軸受部品の製造装置。

（３３） 前記集塵部へ気体を送風する送風部を備える（３２）に記載の軸受部品の製造装置。

[0025] （３４） （１７）～（２５）のいずれか１つに記載の製造方法で製造された軸受部品であって、前記模様が、少なくとも面取り部、外輪内径および内輪外径のいずれかの一部または全体に設けられている軸受部品。

この軸受部品によれば、面取り部例、外輪内径、内輪外径の全て、又は１箇所以上に模様が設けられることで、模造品等の識別に利用できる。

（３５） 前記模様は、同一形状であり規則的なピッチで設けられている（３４）に記載の軸受部品。

この軸受部品によれば、均等に異物が除去される。

（３６） 前記ピッチは、縦横で同一又は異なる長さである（３５）に記載の軸受部品。

この軸受部品によれば、所望の密度でドットが形成される。また、ピッチは、軸受部品の回転速度、レーザ走査速度、繰り返し周波数、照射時間等により調整できる。

（３７） 前記模様は、前記ドット同士が一部重なっている、又は接している（３４）に記載の軸受部品。

この軸受部品によれば、模様の単位形状の配置密度を高められる。

（３８） 前記模様の単位形状の最大幅は、１ｍｍ以下である（３４）に記載の軸受部品。

この軸受部品によれば、ドットを緻密に配置して、より均等な異物除去が行える。

（３９） 前記模様の単位形状は、円形、矩形又は星形である（３４）～（３８）のいずれか１つに記載の軸受部品。

この軸受部品によれば、ドットの加工パターンが円形、矩形又は星形の繰り返しとなり、で加工制御が簡単になる。

[0026] (40) (34)～(39)のいずれか1つに記載の軸受部品を有する軸受。

(41) (40)に記載の軸受を有する機械。

(42) (40)に記載の軸受を有する車両。

[0027] なお、本明細書における「A～B」の表記は、A及びBの値を含む範囲を意味する。

発明の効果

[0028] 本発明によれば、異物の発生源や大掛かりな設備を使用せず、安価に且つ安定して運用でき、しかも、微小部位に対しても確実に異物除去が可能となる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]軸受リングの異物除去装置の模式的な構成図である。

[図2]シール溝部が形成されたシール付き軸受の一部断面図である。

[図3A]集光光である短パルスレーザ光をワークの表面に照射する様子を示す説明図である。

[図3B]図3Aに示す状態からレーザ集光ヘッドを光軸方向と垂直な方向に走査して、ワークの異なる表面に集光光の短パルスレーザ光を照射する様子を示す説明図である。

[図3C]レーザ集光ヘッドを光軸方向へ移動させて、集光光である短パルスレーザ光によるワークの表面の照射面積を調整する様子を示す説明図である。

[図4]軸受が回転軸の支持用に適用されたモータの断面構成図である。

[図5]エネルギー密度と除去量との相関を示すグラフである。

[図6]軸受部品に形成する模様の単位形状の例を(A)～(D)に示す概略説明図である。

[図7]軸受部品に形成する模様の例を(A)～(D)に示す概略説明図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

図1は軸受部品の異物除去装置の模式的な構成図である。

[0031] 本構成の軸受部品の異物除去装置100は、回転主軸11と、チャック13と、レーザ発振器15と、レーザ集光ヘッド17と、送り機構19と、集塵部であるダストクリーナ21と、を備える。

[0032] <軸受リングの構成>

まず、軸受部品の異物除去装置100による異物除去対象となる軸受部品について説明する。

ここで示す軸受部品は、前述した図2に示す外輪回転形のシール付き軸受4を構成する一対の軌道輪であって、図1には一方の軌道輪である内輪2をワークWとして示している。図2に示すシール付き軸受4は、シール部材3が、内輪2と他方の軌道輪である外輪1との軸方向端部に、内輪2及び外輪1を軸方向の両側から挟むように取り付けられる。

[0033] 一対のシール部材3は、内輪2と外輪1との間の軸受空間を密封する。シール部材3は、円環形状の芯金8と、芯金8を被覆する円環形状の弾性部9とを有する。弾性部9には、NBR（アクリロニトリル・ブタジエンゴム）、シリコンラバー等が用いられる。弾性部9からシールリップ部3aが延出され、シールリップ部3aの延出先端には、内輪2に形成されたシール溝部5に対面する側面側リップが形成される。

[0034] シール部材3は、その円環形状の外周縁部3bが、回転側である外輪1に形成された内周溝10に固定される。

[0035] 内輪2の外周面には、シール部材3のシールリップ部3aが挿入されるシール溝部5が形成される。シール部材3は、弾性部9の弾性力によってシールリップ部3aの側面側リップがシール溝部5の内壁に押し付けられる接触型であってもよく、内輪2のシール溝部5に非接触状態となる非接触型であってもよい。

[0036] 以下、軸受部品として上記の内輪2を例に説明するが、これに限らず、上

記の外輪 1 や、保持器等の他の軸受構成部品であってもよい。また、以下の説明では、軸受部品としての内輪 2 を「ワーク W」、シール溝部 5 を「ワーク溝部 2 5」と称する。この場合の異物除去装置 1 0 0 は、軸受部品を加工して組み立てる軸受の製造工程に用いられ、軸受を構成する軸受部品表面の異物除去を実施する。

[0037] <異物除去装置の構成>

次に、異物除去装置 1 0 0 の構成を詳細に説明する。

異物除去装置 1 0 0 は、回転主軸 1 1 が、ベースに立設されるコラム等の支持部材に回転自在に支持されて、図示しない駆動モータにより高速回転される。この回転主軸 1 1 は、例えば工作機械の主軸スピンドル装置と同様に、チャック 1 3 によりリング状のワーク W を支持する。

[0038] チャック 1 3 は、回転主軸 1 1 に固定され、リング状のワーク W を同軸で着脱自在に把持する。このチャック 1 3 は、例えば、それぞれ半径方向に移動可能な 3 つの把持爪 2 7 を、円周方向に等間隔で備える。チャック 1 3 の把持爪がワーク W の内径側で拡張されることにより、ワーク W が回転主軸 1 1 と同軸で把持される。チャック 1 3 は、上記した手動のもの他、エアチャック、マグネットチャック等、他の方式の把持機構であってもよい。

[0039] レーザ発振器 1 5 は、パルス幅がフェムト秒オーダー～2 0 0 ナノ秒のパルスレーザ光が出力可能であることが好ましい。ここでは、一例としてナノ秒レーザ発振器を用いている。レーザ発振器 1 5 としては、上記のエネルギー密度が $4.0 \text{ J} / \text{cm}^2$ 以下のパルスを発生可能で、ヒートモード露光が可能な、高密度エネルギー光を出射できればよく、ファイバレーザ、固体レーザ、半導体レーザ等が使用可能である。

[0040] 一般的なナノ秒レーザ発振器であれば、パルス幅が数十ナノ秒で、且つ、エネルギー密度が後述する理由から照射面上で $0.3 \sim 4.0 \text{ J} / \text{cm}^2$ のパルスが発生可能である。この他、レーザ発振器 1 5 として、ピコ秒、フェムト秒、アト秒オーダーの極短パルスレーザ光を出力可能なレーザ発振器を用いることもできる。以降の説明では、パルスレーザ光を「短パルスレーザ光」

と呼称する。なお、「短パルスレーザ光」とは、ピコ秒、フェムト秒、アト秒オーダーの「極短パルスレーザ光」を含むものとする。

[0041] レーザ集光ヘッド17は、レーザ発振器15に光ファイバ31を介して接続される。レーザ発振器15から出力された短パルスレーザ光は、光ファイバ31を通じてレーザ集光ヘッド17に伝送される。レーザ集光ヘッド17は、集光レンズ33を備える。集光レンズ33は、光ファイバ31により伝送された短パルスレーザ光を集光して、焦点深度の深い（値が大きい）集光光又は平行光にする。得られた集光光又は平行光は、リング状のワークWの表面に照射される。本構成においては、短パルスレーザ光29を、例えば直径50～100 μ m程度のスポット光としてワーク溝部25に照射する。スポット径が上記範囲であることで、ワーク表面上の細かい部位（ワーク溝部25等）に選択的に照射することが可能となる。

[0042] 送り機構19は、レーザ集光ヘッド17と回転主軸11とを、少なくとも回転主軸11の回転軸線L（リング状のワークWの軸芯）に沿う方向（Z方向）へ相対移動可能な移動テーブル35を有する。なお、送り機構19は、必要に応じて回転主軸11の回転軸線Lに直交する方向（X方向）に相対移動させる機能や、Z方向及びX方向に直交するY方向（図1の紙面垂直方向の軸方向）を中心に揺動させる機能を有していてもよい。

[0043] 図1に示す送り機構19は、回転自在に設置された回転主軸11に対して、レーザ集光ヘッド17を移動させる構成となっている。つまり、移動テーブル35は、上記のレーザ集光ヘッド17を、高精度にZ方向へ移動可能なステージである。

[0044] また、移動テーブル35は、レーザ集光ヘッド17の位置決め調整用としてX方向に移動させる場合には、直交2軸ステージが使用される。さらに、レーザ集光ヘッド17を、Y方向を中心に揺動する場合には、回転ステージも使用される。レーザ集光ヘッド17がY方向の揺動軸を中心に揺動されると、X方向から傾斜した方向から短パルスレーザ光29をワークWに照射できる。その場合、レーザ集光ヘッド17は、例えばワークWの軸芯方向両側

の端面や、ワークWの内周面にも短パルスレーザ光29を照射できるようになる。また、ガルバノミラー、ポリゴンミラー、集光ミラー等の光学的な手段によって短パルスレーザ光29の光路を変更することもできる。

[0045] ダストクリーナ21は、短パルスレーザ光29のスポット光の照射によってワーク表面から発生するヒュームを集塵する。ダストクリーナ21は、例えば吸引口の向きを変更する不図示の駆動装置に搭載されていてもよい。駆動装置は、例えばレーザ集光ヘッド17の送り機構19と同期してダストクリーナ21を移動させることにより、吸引口を常にスポット光の照射位置から所定距離だけ離れた最適な位置に配置する。これにより、ダストクリーナ21は、ヒュームを常に高効率で吸引でき、集塵効果を高められる。

ダストクリーナ21は、その集塵口に向けて気体を送風することにより、場の気流流れを制御して、レーザ加工によって生じた煙、スパッタ等、様々な物体を回収できる。また、レーザ加工点付近にエアを吹き付けることであってもよい。これによれば、空気中に飛散したプラズマ等がワークWの表面に再付着することを防止できる。上記した気体は、空気の流れをつくることができればよく、大気であってもよく、酸素であってもよい。また、送風によって流されたスパッタ等を回収するため、送風による冷却後のものが集塵され、熱の影響を受けにくくなる。

[0046] そして、異物除去装置100は、上記した各部を統括して制御する制御部37を備える。制御部37は、回転主軸11の駆動部、レーザ発振器15、送り機構19に電氣的に接続される。制御部37は、回転主軸11の回転速度に同期させてレーザ発振器15の出力を増減制御する。また、制御部37は、送り機構19の駆動のオンオフや、移動方向、移動速度等を制御する。例えば、レーザ集光ヘッド17は、送り機構19によるZ方向の移動により、ワークWのワーク溝部25に短パルスレーザ光29によるスポット光を螺旋状に連続して照射する。

[0047] また、制御部37は、軸受リングの回転速度、レーザ集光ヘッド17の送り速度、短パルスレーザの繰返し周波数を、パルスの重なり（オーバーラップ

) を考慮して適宜決定する。

[0048] <短パルスレーザ光の焦点深度>

ここで、短パルスレーザ光の焦点深度について図3を用いて説明する。

[0049] 短パルスレーザ光のエネルギー密度 E_d は、レーザのパルスエネルギーを E_p 、照射面積を S とすると、 E_p/S で表される。異物除去装置によって照射できるパルスエネルギー E_p には上限があるので、必要なエネルギー密度 E_d を得るためには、照射面積 S をある値以下に調整する必要がある。そのため、本構成の異物除去装置では、短パルスレーザ光の照射面積を、異物除去が可能なある一定の照射面積（限界照射面積）以下に設定する。

[0050] 具体的には、図3Aに示すように、集光光である短パルスレーザ光29Aをワーク表面39に照射する場合、ワーク表面39での短パルスレーザ光29Aの照射面積 S が限界照射面積以下になるように調整する。この調整は、例えば、レーザ集光ヘッド17の集光レンズ33（図1参照）の選定等によって変更できる。ワーク表面39に限界照射面積以下の照射面積 S の短パルスレーザ光29を照射することで、ワークWの照射面における異物除去が可能となる。図3Aでは、ワーク表面39における照射面積 S が限界照射面積である例、つまり、ワーク表面39が焦点深度 D_F の限界位置である例を示しているが、ワーク表面39は、焦点深度 D_F の長さの中央等、焦点深度 D_F の範囲内に配置されていればよい。

[0051] また、短パルスレーザ光29は集光光でなくてもよい。図3Aに二点鎖線で示すように、光軸方向に垂直なビームサイズが限界照射面積以下の平行光からなる短パルスレーザ光29Bを用いてもよい。

[0052] ここで、図3Bに示すように、図3Aに示す状態からレーザ集光ヘッド17を光軸方向（X方向）と垂直な方向に走査して、ワークWに形成された溝41の位置に、集光光の短パルスレーザ光29Aを照射することを考える。この場合、深さ D_w の溝41の溝底部41aに向けて短パルスレーザ光29Aが照射されるが、溝底部41aでは照射スポットが拡がり、溝底部41aでの照射面積 S_a が限界照射面積を超えてしまう。その場合、溝底部41a

の異物が除去されなくなる。

[0053] そのため、短パルスレーザ光 29 A の焦点深度 D_F を、ワーク W の表面からの溝深さ D_w （ワークの凹凸幅）以上となる深い焦点深度 D_F に予め設定しておくことが好ましい。そうすることで、溝底部 41 a に限界照射面積以下の照射面積で短パルスレーザ光 29 A が常に照射され、前述したワーク表面 39 及び溝底部 41 a の異物を共に除去できる。なお、平行光の短パルスレーザ光 29 B を用いる場合は、ワーク W の表面位置によらずに限界照射面積以下の照射面積が維持される。

[0054] さらに、焦点深度の設定には、短パルスレーザ光 29 A が照射されるワーク W の表面位置と、集光光である短パルスレーザ光 29 A の合焦位置 P との光軸方向の距離 D_s を考慮することがより好ましい。具体的には、短パルスレーザ光 29 A 合焦位置 P を中心として、片側 $D_w/2$ の長さの焦点深度 D_F となるように設定する。また、焦点深度 D_F を、ワーク W の表面形状に応じて設定する。つまり、短パルスレーザ光 29 A の走査中にワーク表面の照射位置（X 方向位置）が変化する場合に、照射位置の最大変化幅以上の値に焦点深度 D_F を設定する。これにより、照射位置が変化しても短パルスレーザ光 29 A の照射面が焦点深度 D_F の間に確実に収まり、ワーク W の全体を限界照射面積以下の照射面積で照射できる。その結果、異物をムラなく除去することができる。

[0055] 以上より、本構成で用いる短パルスレーザ光 29 の焦点深度は 0.1 mm 以上に設定するのが好ましい。また、ワークの凹凸形状によっては、焦点深度を 10 mm 以上、又は 20 mm 以上に設定してもよい。さらに、焦点深度を比較的浅くする場合には、焦点深度を 0.3～0.5 mm、又は 2～3 mm としてもよい。このように、短パルスレーザ光 29 の焦点深度は、深い（値が大きい）ほど好ましいが、異物除去の対象や目的等に応じて適宜するのが好ましい。

[0056] なお、送り機構 19 が X 方向の移動機能を有し、制御部 37 がレーザ集光ヘッド 17 の X 方向への移動制御を実施する場合には、図 3 C に示すように

レーザ集光ヘッド 17 を光軸方向へ移動（移動距離 δx ）させて、集光光である短パルスレーザ光 29 A によるワーク W の表面の照射面積 S を調整する。すなわち、図 1 に示す制御部 37 が、異物除去対象となるワーク W の X 方向の位置変化（表面の凹凸等）が、短パルスレーザ光 29 の集光の許容深度（限界照射面積）を超えるときに、送り機構 19 によりレーザ集光ヘッド 17 を位置変化量に応じて X 方向に移動させて集光位置を変更する。これにより、いずれの位置でも、短パルスレーザ光 29 が限界照射面積以下で照射された履歴があるようにする。なお、レーザ集光ヘッド 17 の X 方向移動は、ワーク表面の凹凸の位置に応じて、光路前方と後方の焦点のうち、移動距離の短い方の焦点（図 3 C の場合は後方の焦点）を照射位置にする制御を行うことが好ましい。この制御によれば、X 方向の移動距離を短縮して高速化が図れる。この X 方向への移動制御は、予め入力されたワーク W の形状データに基づいて、制御部 37 がレーザ集光ヘッド 17 の移動量を決定することで実施できる。その他、図示はしないが、ワーク表面の X 方向位置を検出するセンサを設け、センサからの出力に応じて移動量を決定してもよい。このような送り機構 19 による X 方向の移動制御は、ワーク W の凹凸が大きい場合に特に有効である。

[0057] <異物除去手順>

次に、本構成の異物除去装置 100 を用いたワークの異物除去方法の手順を説明する。

[0058] まず、図 1 に示す回転主軸 11 のチャック 13 にリング状のワーク W を同軸に装着して、ワーク W を軸芯回りに回転駆動する（回転駆動工程）。ワーク W の外周面には、一对のワーク溝部 25 が凹設されている。本構成では、このワーク溝部 25 に残存する酸化膜や油膜、又はバリや塵埃等の異物を除去する。

[0059] 次に、レーザ発振器 15 により、短パルスレーザ光 29 を出力する。レーザ発振器 15 からの短パルスレーザ光 29 は、光ファイバ 31 を介してレーザ集光ヘッド 17 に伝送され、レーザ集光ヘッド 17 の集光レンズ 33 によ

って、集光光又は平行光にされて、ワークWにスポット状に照射される。本構成では、短パルスレーザ光29を集光したスポット光が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のエネルギー密度となるように、制御部37によってレーザ発振器15の出力が制御され、ワークWに照射される（短パルスレーザ光の照射工程）。

[0060] そして、制御部37は、回転主軸11を回転駆動しつつ、回転主軸11とレーザ集光ヘッド17とを、回転軸線Lと平行なZ方向に沿って相対移動させ、短パルスレーザ光29によるスポット光をワークWの表面で走査させる。これにより、ワークWの表面の異物が除去される（異物除去工程）。このとき、制御部37は、ワークWの回転速度、レーザ集光ヘッド17の送り速度、短パルスレーザ光29のパルス周波数を、パルス同士の重なり（オーバーラップ）が狙い値（例えば、30～70%程度）になるように決定する。

[0061] 短パルスレーザ光29によるスポット光をワークWに照射すると、ワークWの表面から異物が加熱されてヒュームが生じる。制御部37は、ダストクリーナ21を駆動して、この発生したヒュームを吸引することで集塵する。

[0062] <異物除去装置の効果>

以上説明した本構成の異物除去装置100によれば、回転駆動されるリング状のワークWの表面に、短パルスレーザ光29によるスポット光が連続照射される。短パルスレーザ光29が照射されたワークWの表面（ワーク表面）は、表層の非加工面の酸化膜や油膜、バリや塵埃等の異物が、短パルスレーザ光29によるアブレーション（蒸発又は昇華）によって、ワーク表面から除去される。これにより発生したヒュームは、ダストクリーナ21により集塵され、浮遊するヒュームがワーク表面に付着することはない。

[0063] また、ワーク表面に照射するスポット光のエネルギー密度Qは、 $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ に設定されることで、母材にダメージを与えることなく、異物のみを選択的に除去できる。そして、異物を除去するための手段がレーザ光であるので、特にワーク溝部25のような微小部位に対しても、その微小部位のみをスポット的に光照射することが可能となる。よって、超音波等の届

きにくい部位であっても、容易に且つ確実に異物除去が行える。

[0064] そして、ワークWを回転させながらスポット光を走査させるため、異物除去対象となる面が広くても、スポット光を均等に照射でき、確実な異物除去が行える。また、異物除去対象の部位に応じて、スポット光の走査パターンを任意に変更することで、任意の領域の異物除去が簡単に行える。例えば、ワーク表面に短パルスレーザ光を照射したくない部位が混在する場合でも、レーザのオン、オフ制御等により、照射領域を任意に選択できる。バレル加工やショットブラストではワークWの表面の異物除去不要領域をマスキングする必要があったが、レーザを用いる場合では、レーザ光のオン、オフだけで済み、マスキングが不要となる。このため、手間が省けてコスト低減を図れる。

[0065] さらに、ワークWへの短パルスレーザ光29の照射を、焦点深度の深い集光光又は平行光で実施する場合には、レーザ集光ヘッド17を移動させる送り機構19の制御をZ軸のみとし、異物除去装置100の構成及びその制御を簡素化できる。これによれば、異物除去装置100による異物除去処理のタクトタイムの削減と、装置コストの低減が図れる。

[0066] そして、短パルスレーザ光の照射面におけるエネルギー密度を $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ とし、焦点深度の深い集光光又は平行光を用いることで、不均一であったり、厚かったりする非加工面の酸化膜や固着した異物を確実に除去できる。また、ワークWの凹凸や回転軸の回転精度、ワーク把持時の芯出し精度による影響を受けることがない。

[0067] このように、本構成の異物除去装置100によれば、レーザ発振器15が劣化しない限り、常に安定した異物除去が可能となる。また、レーザ光自体は異物の発生源にならないため、レーザ光により異物除去を施す領域以外では、レーザ光に起因する二次的な異物発生がない。さらに、ファイバレーザ等のコンパクトなレーザ発振器15を使用すれば、洗浄水を利用した異物除去方式に比べて設備を簡素化でき、しかも、ワーク溝部25等の微小部位に対しても、問題なく異物除去ができる。また、洗浄液が不要となるため、洗

浄液の清浄度管理を行う必要がない。さらに、工具費や溶剤費がなく、ほぼ消費電力のみの安価なランニングコストで運用できる。

[0068] そして、上記の異物除去装置 100 を用いた異物除去方法により、図 2 に示すようなシール付き軸受 4 等の軸受表面の異物除去を行うことで、高品位な軸受を製造できる。上記例では、内輪のシール溝部の加工の様子を説明したが、異物除去する領域は、シール溝以外の外周面でもよいし、内周面でもよい。また、外輪の内周面であってもよい。さらに、シール溝のない軸受の内輪の外周、外輪の内周であってもよい。

[0069] 以上より、本構成の異物除去装置 100 によれば、異物の発生源や大掛かりな設備を使用することなく、安価に且つ安定して運用でき、微小部位に対しても異物除去が確実にできる。また、非接触の加工であるため、新たな異物発生源が生じることなく、通常の工具のような工具摩耗もなく、安定した加工条件で加工できる。また、パルス幅やレーザ出力値の選定により、軸受リングの母材にダメージを与えない加工を実現できるため、弱いエネルギー密度では除去できなかった異物や酸化膜を確実に除去できる。しかも、凹凸がある面でも安定した異物や酸化物の除去が行える。

[0070] <異物除去された軸受の適用例>

以上説明した異物除去方法により異物が除去された軸受は、例えば、図 4 に示すモータ 61 の回転軸 63 を支持する軸受 100A、100B 等に好適に適用できる。

[0071] このモータ 61 は、ブラシレスモータであって、円筒形のセンタハウジング 65 と、このセンタハウジング 65 の一方の開口端部を閉塞する略円板状のフロントハウジング 67 とを有する。センタハウジング 65 の内側には、その軸心に沿って、フロントハウジング 67 及びセンタハウジング 65 底部に配置された軸受 100A、100B を介して、回転自在な回転軸 63 が支持される。回転軸 63 の周囲にはモータ駆動用のロータ 69 が設けられ、センタハウジング 65 の内周面にはステータ 71 が固定される。

[0072] 上記構成のモータ 61 は、一般に、機械や車両に搭載され、軸受 100A

、１００Ｂにより支持された回転軸６３を回転駆動する。つまり、上記した軸受リングの異物除去方法を用いて製造された軸受を用いて、機械、車両を製造することができる。

[0073] この他にも、軸受の適用例としては、回転部を有する機械、各種製造装置、例えば、ボールねじ装置等のねじ装置、及びアクチュエータ（直動案内軸受とボールねじの組合せ、ＸＹテーブル等）等の直動装置の回転支持部、また、ステアリングコラム、自在継手、中間ギア、ラックアンドピニオン、電動パワーステアリング装置、及びウォーム減速機等の操舵装置の回転支持部、さらに、自動車、オートバイ、鉄道等の車両の回転支持部が挙げられる。相対回転する箇所であれば、本構成の軸受を好適に適用でき、製品品質の向上につなげることができる。

[0074] ＜正規品マークを形成した軸受部品の異物除去＞

軸受部品への正規品マークの形成は、例えば、図１の装置のレーザ光のエネルギー密度を、マーク形成に必要な状態まで高めることで可能になり、軸受部品上のレーザ光の軌跡に沿って多数のドットから成る模様が形成される。模様は、基本となる同一の単位形状が位置をずらして規則的に繰り返し形成された模様であることが好ましいが、ランダムであってもよい。

[0075] 図６は、軸受部品に形成する模様の単位形状の例を（Ａ）～（Ｄ）に示す概略説明図である。図６の（Ａ）は円形、（Ｂ）は正方形、（Ｃ）は長方形、（Ｄ）は星形である。単位形状は上記した形状に限らず、任意の形状を採用できる。

[0076] 図７は、軸受部品に形成する模様の例を（Ａ）～（Ｄ）に示す概略説明図である。図７の（Ａ）は、円形の単位形状を所定の一定ピッチで、互いに直交する２方向（ここでは縦、横という）に繰り返し配置した模様である。同様に図７の（Ｂ）は、単位形状である正方形の一辺を縦横のピッチとして配置した模様であり、図７の（Ｃ）は、長方形の短辺の長さを横方向のピッチ、長辺より短い長さを縦方向のピッチとして配置した模様である。図７の（Ｄ）は、星形の単位形状を縦横にそれぞれ所定の一定ピッチで配置した模様

である。模様は、線対称であってもよく、点对称であってもよく、対称形状でなくてもよい。

[0077] いずれの場合も、模様の単位形状は、同一形状であり規則的なピッチで設けられていてもよく、複数種の異なる基本形状がそれぞれ所定のピッチで設けられていてもよい。また、単位形状は、縦横で同一又は異なる長さのピッチで配置してもよい。そして、模様のドット同士が一部重なっていてもよく、接していてもよい。

[0078] このような模様の単位形状は、その最大幅が10 mm以下であるのが好ましく、更に好ましくは5 mm以下、より好ましくは1 mm以下である。単位形状が拡大鏡で識別できる程度に小さくすることで、軸受部品の表面からより均等に異物の除去が行える。

[0079] 上記した同じ基本形状は、ガルバノスキャナ等のレーザを走査させる機構を用いて生成することもできるが、カム等を用いた周知の技術により構成された機械的な送り機構のみで生成することが好ましい。

パターンのピッチは、ワーク回転速度、レーザ走査速度、繰り返し周波数、照射時間で調整できる。

このような模様による正規品マークは、軸受部品の面取り部、外輪内径、内輪外径の一部又は全体に設けることができる。軸受部品に正規品マークを形成することで、模倣品を識別し易くなる。なお、この正規品マークの形成時に発生した異物や、正規品マークに補足された異物を除去するときは、前述した異物除去手順に従って行えばよい。

実施例

[0080] 次に、上記構成と同等の異物除去装置を用いて異物を除去した実施例を説明する。表1に種々のエネルギー密度のレーザ光により異物を除去した結果を示す。また、図5はエネルギー密度と異物の除去量との相関を表すグラフである。

[0081]

[表1]

パルス 周波数	パルス エネルギー	エネルギー密度	除去量
kHz	μ J	J/cm ²	μ m
100	13.0	0.3	0.05
	26.0	0.7	0.05
	39.0	1.0	0.06
	52.0	1.4	0.03
	65.0	1.7	0.06
	78.0	2.0	0.03
	91.0	2.4	0.02
	104.0	2.7	0.02
50	26.0	0.7	0.03
	52.0	1.4	0.03
	78.0	2.0	0.03
	104.0	2.7	0.03
	130.0	3.4	0.05
	156.0	4.1	0.10
	182.0	4.7	0.10
	208.0	5.4	0.09
20	65.0	1.7	0.01
	130.0	3.4	0.04
	195.0	5.1	0.12
	260.0	6.8	0.12
	325.0	8.4	0.14
	390.0	10.1	0.14
	455.0	11.8	0.20
	520.0	13.5	0.18

[0082] 図5に示す除去量のデータは、短パルスレーザ光のパルスの繰返し周波数が100kHz、50kHz、20kHzの3種類のデータを示している。この実施例には、パルス幅が30nsのファイバレーザを用いた。異物除去対象は、深溝玉軸受（軸受品番#6203）の内輪のシール溝部とした。内

輪はS U J 2（高炭素クロム軸受鋼鋼材）からなる鋼材である。図5に示す除去量は、非接触式の形状測定機（テラーホブソン 非接触3DプロファイラCCIMP-HS）を用いて計測した半径値である。

[0083] 短パルスレーザ光によるスポット光をシール溝部に照射した結果、 $0.3 \sim 2.0 \text{ J/cm}^2$ のエネルギー密度では表面を熔融させることなく、異物のみを除去できた。エネルギー密度 Q が 2.0 J/cm^2 を超えると、ワーク表面に熔融が発生して、内輪表面性状に乱れが生じた。 5.1 J/cm^2 では $0.12 \mu\text{m}$ の除去量と格段に大きくなってワーク表面に乱れが生じていることが理解できる。また、エネルギー密度 Q が 7 J/cm^2 を超えるとワーク表面に熔融池が形成された。母材は、熔融することにより傷つきが著しくなり、製品価値が低下する。

[0084] また、エネルギー密度とECT電圧値との関係を調べると、パルスレーザ光のパルス幅を 100 ns とした場合、エネルギー密度 Q が 4 J/cm^2 以下では電圧値が 0 V 付近で変化がなかった。一般にパルス幅が短いほど熱影響が少ないことから、上記例のパルス幅 30 ns の短パルスレーザ光の場合でも同様の变化特性であると推定できる。したがって、エネルギー密度 Q が 4 J/cm^2 以下では、ワークへの熱影響が殆ど生じないと考えられる。一方、エネルギー密度 Q が 4 J/cm^2 を超えるとマイナスの電圧値となった。このため、エネルギー密度 Q が 4 J/cm^2 を超える場合には、ワークに再焼き入れ層が生成されることが考えられる。

[0085] 以上のことから、 $0.3 \sim 4 \text{ J/cm}^2$ のエネルギー密度であれば、母材にダメージを与えることなく、異物のみを選択的に除去できることが知見できた。なお、下限の 0.3 J/cm^2 の実験結果によれば、この下限値でも異物除去効果が十分に得られていることから、 0.3 J/cm^2 のエネルギー密度であっても実用上問題ないレベルの異物除去効果が得られると考えられる。

[0086] 本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、実施形態の各構成を相互に組み合わせることや、明細書の記載、並びに周知の技術に基づいて、当業者が変更、応用することも本発明の予定するところであり、保護を求め

る範囲に含まれる。

[0087] 例えば、短パルスレーザー光の照射スポットは、円形に限らず、例えば正方形や、長方形といった矩形、線、複数の点や線、面等であってもよい。

[0088] また、前述した実施形態ではシール溝付き軸受の異物除去を施した例を示しているが、本発明はシール溝付き軸受に限らず、シール溝のない軸受や、他の種類の軸受についても好適に適用できる。

[0089] 本出願は、2019年2月19日出願の日本特許出願（特願2019-27243）に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

符号の説明

- [0090]
- 1 外輪（軸受部品）
 - 2 内輪（軸受部品）
 - 11 回転主軸
 - 13 チャック
 - 15 レーザ発振器
 - 17 レーザ集光ヘッド
 - 19 送り機構
 - 21 ダストクリーナ（集塵部）
 - 25 ワーク溝部
 - 29 短パルスレーザー光（パルスレーザー光）
 - 31 光ファイバ
 - 100 異物除去装置
 - W ワーク（軸受部品）

請求の範囲

- [請求項1] 鋼材からなる軸受部品を軸芯回りに回転させる工程と、
照射面におけるエネルギー密度が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のパルスレーザー光を、回転する前記軸受部品に照射する工程と、
前記軸受部品と前記パルスレーザー光との前記軸芯に沿った相対移動により前記パルスレーザー光を前記軸受部品の表面で走査させ、前記軸受部品の表面の異物を除去する工程と、を含む軸受部品の異物除去方法。
- [請求項2] 前記パルスレーザー光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である請求項1に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項3] 前記パルスレーザー光を、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる請求項1又は2に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項4] 前記パルスレーザー光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引して、前記パルスレーザー光の照射面から前記ヒュームを除去する請求項1～3のいずれか1項に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項5] 前記パルスレーザー光の前記軸受部品表面での走査が、機械的な送り機構のみで行われる請求項1に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項6] 前記ヒュームを吸引する集塵部に向けて気体を送風する第一の送風機構を有する請求項4に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項7] 前記パルスレーザー光の照射位置に向けて気体を送風する第二の送風機構を有する請求項1に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項8] 前記気体は大気である請求項6又は7に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項9] 前記パルスレーザー光の前記軸受部品への照射は、前記軸受部品に形成された軌道面に近い方から行われる請求項1に記載の軸受部品の異物除去方法。
- [請求項10] 請求項1～9のいずれか1項に記載の軸受部品の異物除去方法を用いて製造された軸受。

- [請求項11] 請求項10に記載の軸受を用いて製造された機械。
- [請求項12] 請求項10に記載の軸受を用いて製造された車両。
- [請求項13] 鋼材からなる軸受部品を着脱自在に把持するチャックと、
前記チャックに把持された前記軸受部品を回転駆動する回転主軸と、
パルスレーザ光を発生するレーザ発振器と、
前記パルスレーザ光を集光させる集光レンズが搭載され、照射面におけるエネルギー密度を $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ にして前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面に照射するレーザ集光ヘッドと、
前記レーザ集光ヘッドと前記軸受部品とを、前記軸受部品の軸芯方向に相対移動させ、前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させる送り機構と、を備え、
前記軸受部品の表面の異物を前記パルスレーザ光の照射によって除去する軸受部品の異物除去装置。
- [請求項14] 前記パルスレーザ光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である請求項13に記載の軸受部品の異物除去装置。
- [請求項15] 前記送り機構は、前記レーザ集光ヘッドを、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる請求項13又は14に記載の軸受部品の異物除去装置。
- [請求項16] 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引する集塵部を備える請求項13～15のいずれか1項に記載の軸受部品の異物除去装置。
- [請求項17] 多数のドットによる規則的な模様を有する軸受部品の製造方法であり、
鋼材からなる前記軸受部品を軸芯回りに回転させる工程と、
照射面におけるエネルギー密度が $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ のパルスレーザ光を、回転する前記軸受部品に照射する工程と、
前記軸受部品と前記パルスレーザ光との前記軸芯に沿った相対移動

により前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させ、前記軸受部品の表面の異物を除去する工程と、
を含む軸受部品の製造方法。

[請求項18] 前記パルスレーザ光は、焦点深度が0.1 mm以上の集光光又は平行光である請求項17に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項19] 前記パルスレーザ光を、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる請求項17又は18に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項20] 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引して、前記パルスレーザ光の照射面から前記ヒュームを除去する請求項17～19のいずれか1項に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項21] 前記パルスレーザ光の前記軸受部品表面での走査が、機械的な送り機構のみで行われる請求項17に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項22] 前記ヒュームを吸引する集塵部に向けて気体を送風する第一の送風機構を有する請求項20に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項23] 前記パルスレーザ光の照射位置に向けて気体を送風する第二の送風機構を有する請求項17に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項24] 前記気体は大気である請求項22又は23に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項25] 前記パルスレーザ光の前記軸受部品への照射は、前記軸受部品に形成された軌道面に近い方から行われる請求項17に記載の軸受部品の製造方法。

[請求項26] 請求項17～25のいずれか1項に記載の製造方法で製造された軸受部品を用いて構成された軸受。

[請求項27] 請求項26に記載の軸受を有する機械。

[請求項28] 請求項26に記載の軸受を有する車両。

[請求項29] 多数のドットによる規則的な模様を有する軸受部品の製造装置であり、

鋼材からなる前記軸受部品を着脱自在に把持するチャックと、

前記チャックに把持された前記軸受部品を回転駆動する回転主軸と、

パルスレーザ光を発生するレーザ発振器と、

前記パルスレーザ光を集光させる集光レンズが搭載され、照射面におけるエネルギー密度を $0.3 \sim 4.0 \text{ J/cm}^2$ にして前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面に照射するレーザ集光ヘッドと、

前記レーザ集光ヘッドと前記軸受部品とを、前記軸受部品の軸芯方向に相対移動させ、前記パルスレーザ光を前記軸受部品の表面で走査させる送り機構と、

を備え、

前記軸受部品の表面の異物を前記パルスレーザ光の照射によって除去する軸受部品の製造装置。

[請求項30] 前記パルスレーザ光は、焦点深度が 0.1 mm 以上の集光光又は平行光である請求項29に記載の軸受部品の製造装置。

[請求項31] 前記送り機構は、前記レーザ集光ヘッドを、前記軸受部品の軸芯に沿って移動させる請求項29又は30に記載の軸受部品の製造装置。

[請求項32] 前記パルスレーザ光の照射により前記軸受部品から発生したヒュームを吸引する集塵部を備える請求項29～31のいずれか1項に記載の軸受部品の製造装置。

[請求項33] 前記集塵部へ気体を送風する送風部を備える請求項32に記載の軸受部品の製造装置。

[請求項34] 請求項17～25のいずれか1項に記載の製造方法で製造された軸受部品であって、

前記模様が、少なくとも面取り部、外輪内径および内輪外径のいずれかの一部または全体に設けられている軸受部品。

[請求項35] 前記模様の単位形状は、同一形状であり規則的なピッチで設けられている請求項34に記載の軸受部品。

[請求項36] 前記ピッチは、縦横で同一又は異なる長さである請求項35に記載

の軸受部品。

[請求項37] 前記模様は、前記ドット同士が一部重なっている、又は接している請求項34に記載の軸受部品。

[請求項38] 前記模様の単位形状の最大幅は、1mm以下である請求項34に記載の軸受部品。

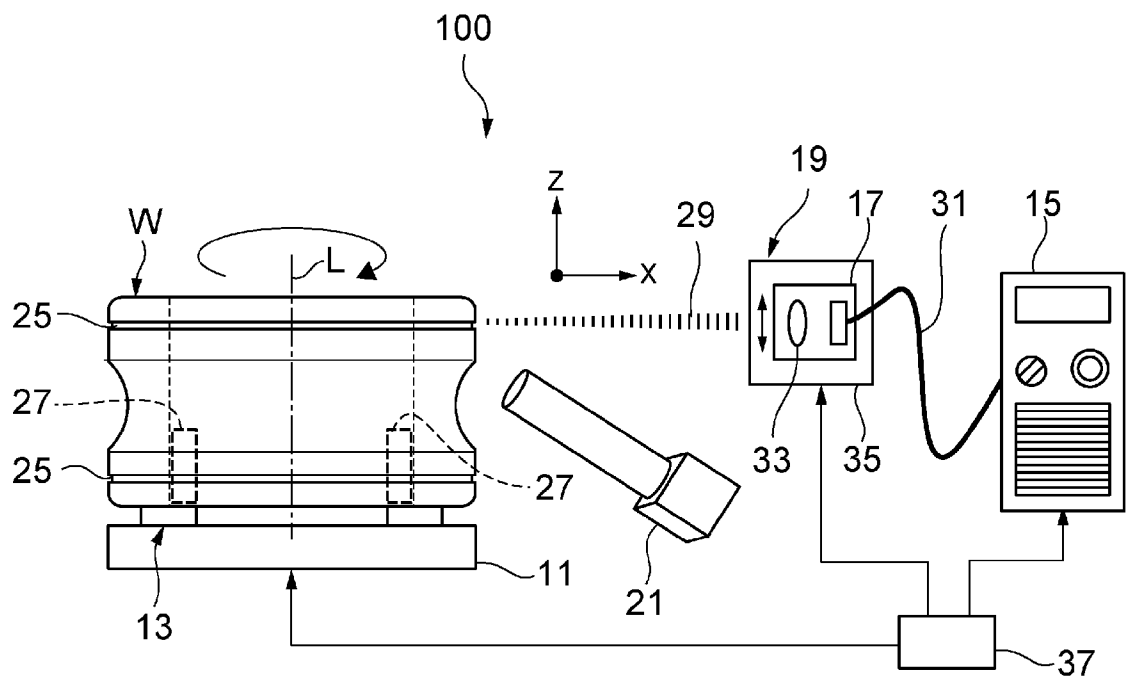
[請求項39] 前記模様の単位形状は、円形、矩形又は星形である請求項34～38のいずれか1項に記載の軸受部品。

[請求項40] 請求項34～39のいずれか1項に記載の軸受部品を有する軸受。

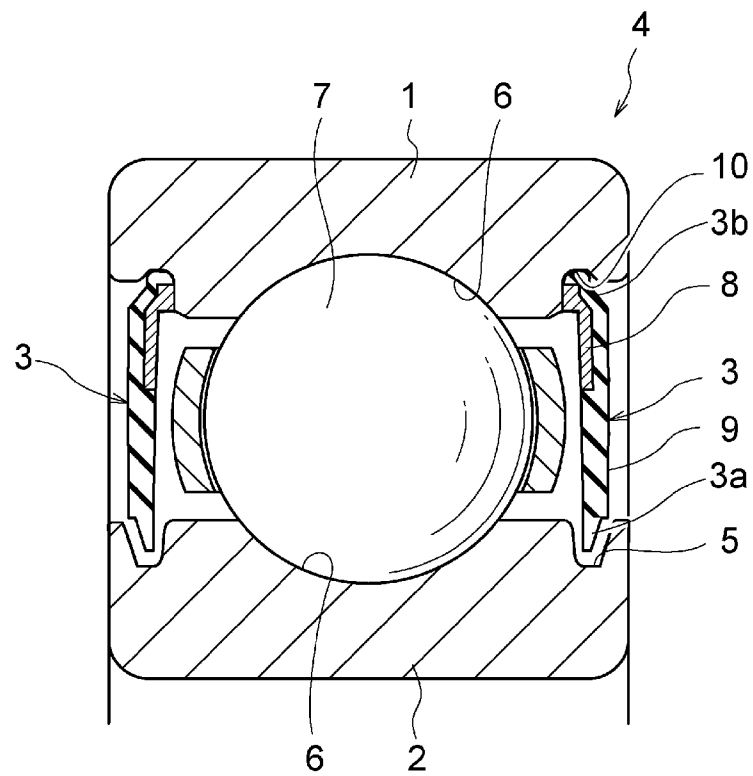
[請求項41] 請求項40に記載の軸受を有する機械。

[請求項42] 請求項40に記載の軸受を有する車両。

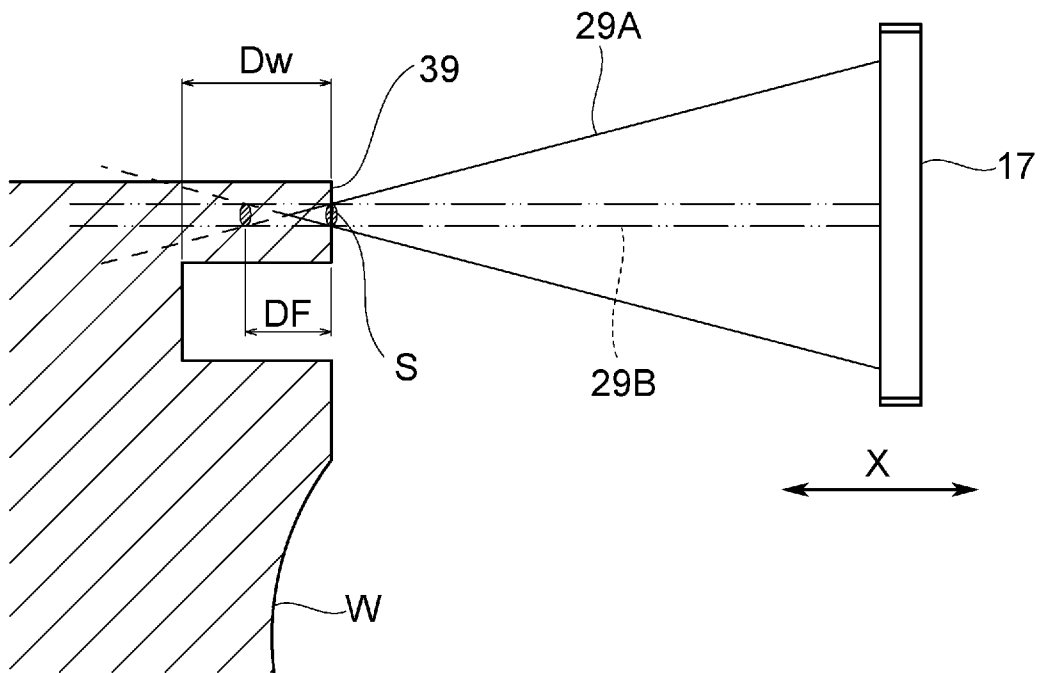
[図1]



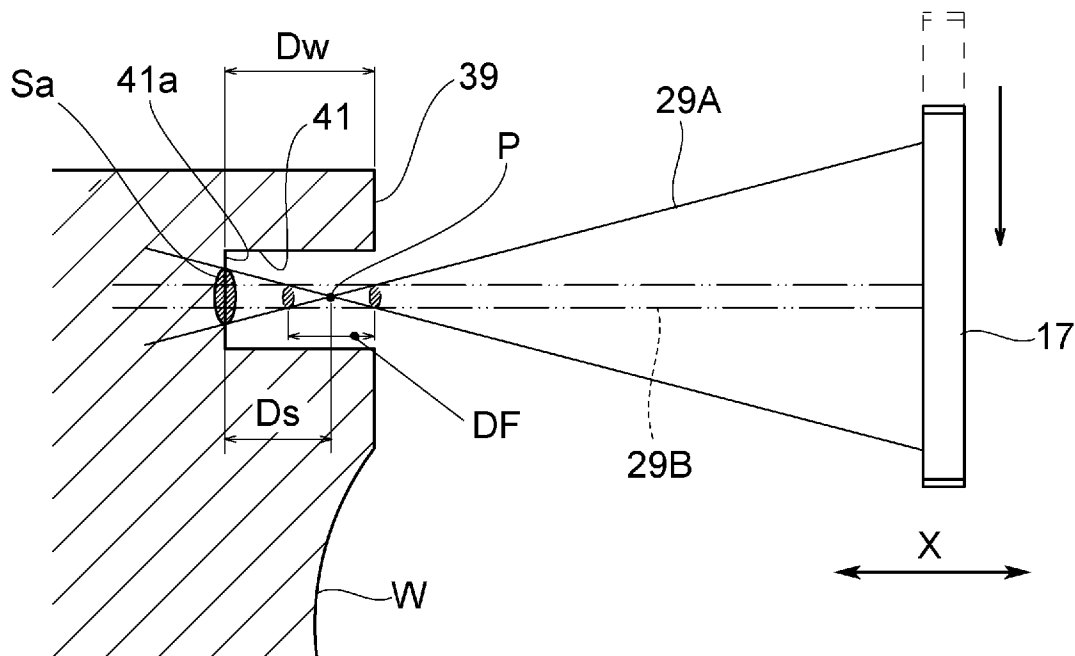
[図2]



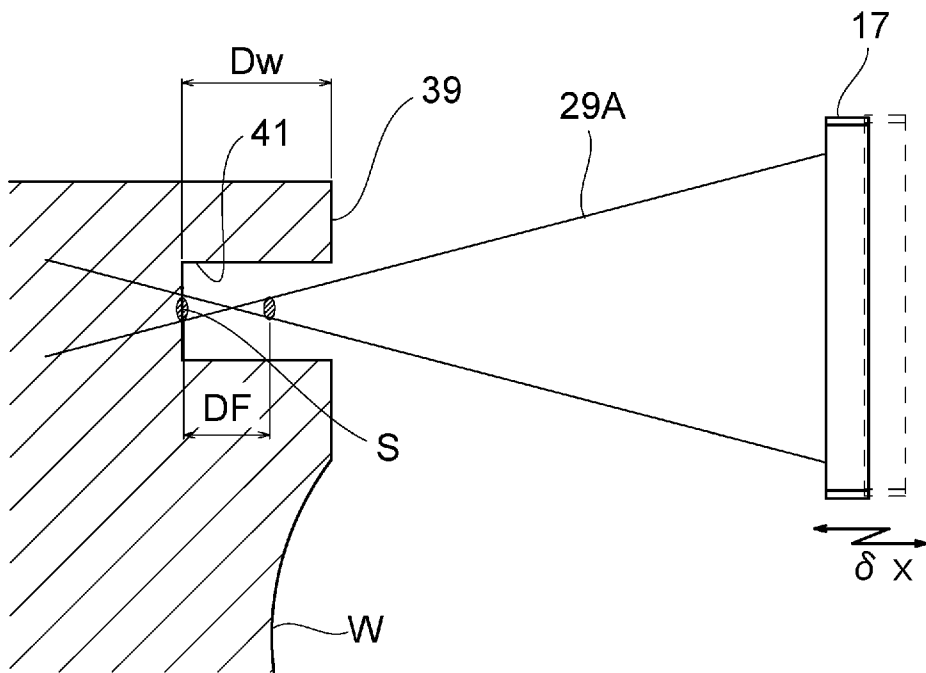
[図3A]



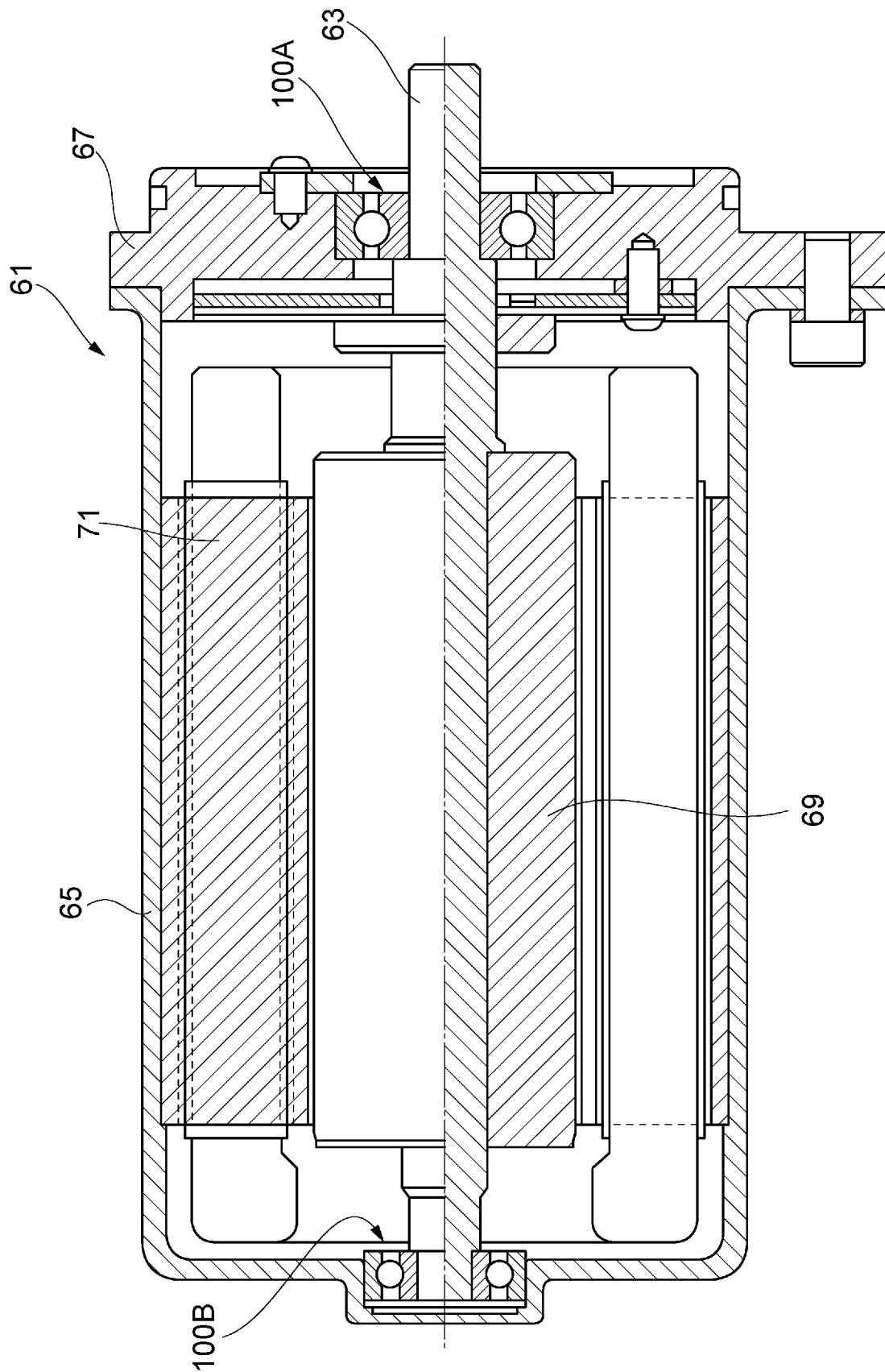
[図3B]



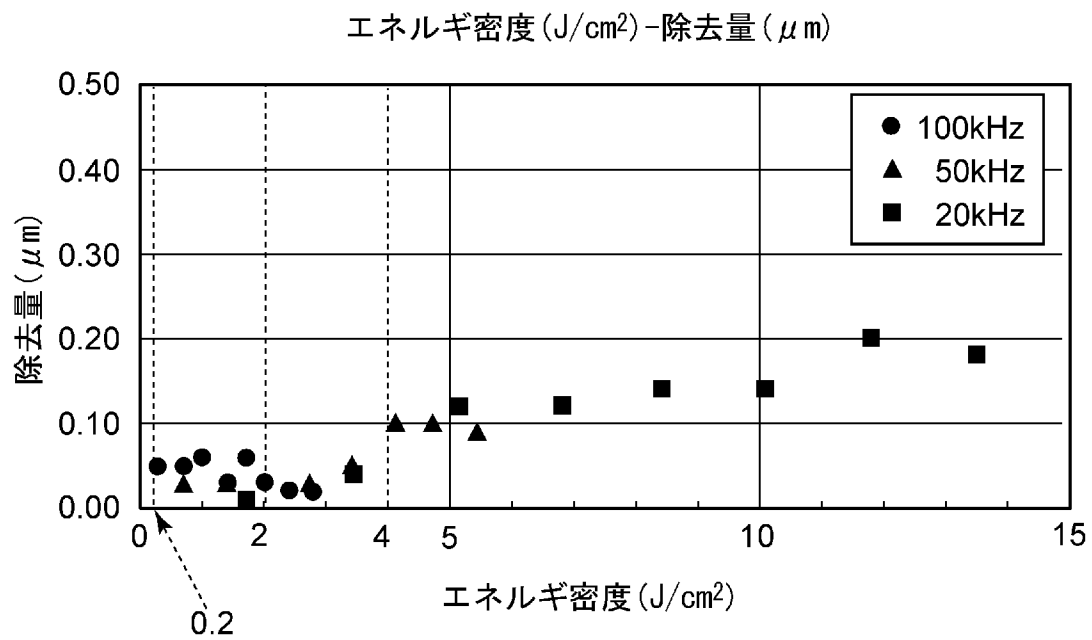
[図3C]



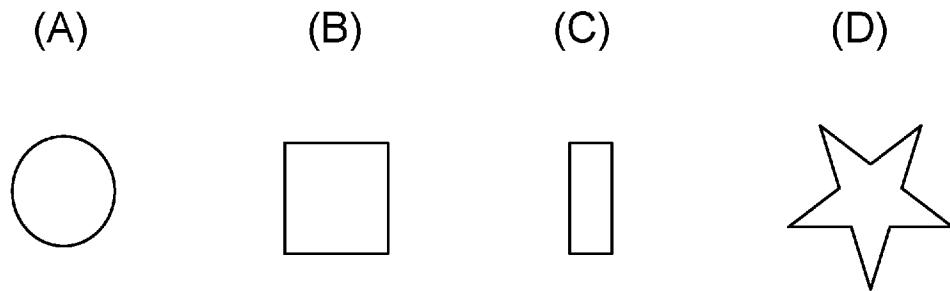
[図4]



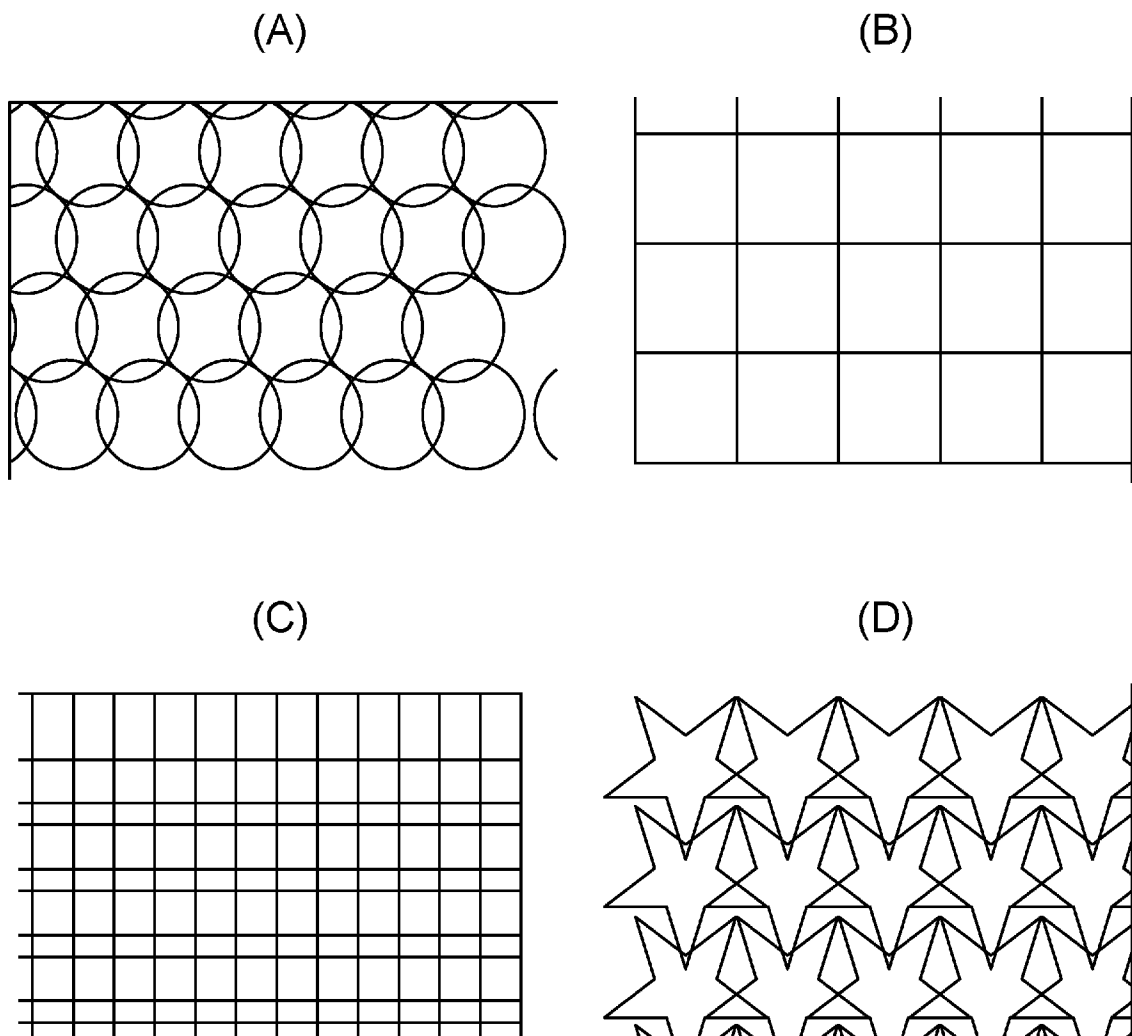
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005702

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B08B 5/04 (2006.01)i; B08B 7/04 (2006.01)i; F16C 19/06 (2006.01)i; F16C 33/64 (2006.01)i; F16C 33/78 (2006.01)i; B23K 26/08 (2014.01)i; B23K 26/36 (2014.01)i

FI: F116C33/64; B08B5/04 A; B08B7/04 Z; F16C19/06; F16C33/78 Z; B23K26/08 D; B23K26/36

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)

B08B5/04; B08B7/04; F16C19/06; F16C33/64; F16C33/78; B23K26/08; B23K26/36

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
Y	JP 2008-6506 A (SEAGATE TECHNOLOGY LLC.) 17.01.2008 (2008-01-17) paragraphs [0014]-[0030], fig. 1-10	1-42
Y	JP 2008-200699 A (ENSHU LIMITED) 04.09.2008 (2008-09-04) paragraphs [0038]-[0062], fig. 1-21	1-42
Y	JP 2001-30171 A (SEIKO EPSON CORP.) 06.02.2001 (2001-02-06) paragraphs [0036]-[0039]	1-42
Y	JP 2010-17732 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 28.01.2010 (2010-01-28) paragraphs [0012]-[0044], fig. 1-6	4, 6-8, 10-12, 16, 20, 22-24, 26-28, 32-42
Y	JP 2014-100720 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 05.06.2014 (2014-06-05) paragraphs [0022]-[0106], fig. 1-6	4, 6-8, 10-12, 16, 20, 22-24, 26-28, 32-42

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☒ See patent family annex.
--	--

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 April 2020 (07.04.2020)	Date of mailing of the international search report 21 April 2020 (21.04.2020)
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/JP2020/005702

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 2006-320907 A (KUTSUNA, Muneharu) 30.11.2006 (2006-11-30) paragraphs [0019]-[0025], fig. 7-14	17-42
Y	JP 2009-2436 A (NSK LTD.) 08.01.2009 (2009-01-08) paragraphs [0021]-[0055], fig. 1-7	17-42
Y	JP 2006-38000 A (BROTHER INDUSTRIES, LTD.) 09.02.2006 (2006-02-09) paragraphs [0035]-[0064], fig. 1-13	17-42

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/005702

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2008-6506 A	17 Jan. 2008	US 2008/0000887 A1 paragraphs [0024]- [0040], fig. 1-10 CN 101096065 A	
JP 2008-200699 A	04 Sep. 2008	(Family: none)	
JP 2001-30171 A	06 Feb. 2001	(Family: none)	
JP 2010-17732 A	28 Jan. 2010	(Family: none)	
JP 2014-100720 A	05 Jun. 2014	(Family: none)	
JP 2006-320907 A	30 Nov. 2006	(Family: none)	
JP 2009-2436 A	08 Jan. 2009	(Family: none)	
JP 2006-38000 A	09 Feb. 2006	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B08B 5/04(2006.01)i; B08B 7/04(2006.01)i; F16C 19/06(2006.01)i; F16C 33/64(2006.01)i; F16C 33/78(2006.01)i; B23K 26/08(2014.01)i; B23K 26/36(2014.01)i FI: F16C33/64; B08B5/04 A; B08B7/04 Z; F16C19/06; F16C33/78 Z; B23K26/08 D; B23K26/36		
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）） B08B5/04; B08B7/04; F16C19/06; F16C33/64; F16C33/78; B23K26/08; B23K26/36 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y	JP 2008-6506 A（シーゲイト テクノロジー エルエルシー）17.01.2008（2008-01-17） 段落 [0014] - [0030]、図1-10	1-42
Y	JP 2008-200699 A（エンシュウ株式会社）04.09.2008（2008-09-04） 段落 [0038] - [0062]、図1-21	1-42
Y	JP 2001-30171 A（セイコーエプソン株式会社）06.02.2001（2001-02-06） 段落 [0036] - [0039]	1-42
Y	JP 2010-17732 A（三菱電機株式会社）28.01.2010（2010-01-28） 段落 [0012] - [0044]、図1-6	4, 6-8, 10-12, 16, 20, 22-24, 26-28, 32-42
Y	JP 2014-100720 A（本田技研工業株式会社）05.06.2014（2014-06-05） 段落 [0022] - [0106]、図1-6	4, 6-8, 10-12, 16, 20, 22-24, 26-28, 32-42
Y	JP 2006-320907 A（匿名 宗春）30.11.2006（2006-11-30） 段落 [0019] - [0025]、図7-14	17-42
☒ 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 07.04.2020		国際調査報告の発送日 21.04.2020
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） 中島 亮 3J 8373 電話番号 03-3581-1101 内線 3328

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
Y	JP 2009-2436 A (日本精工株式会社) 08.01.2009 (2009 - 01 - 08) 段落 [0 0 2 1] - [0 0 5 5]、図 1 - 7	17-42
Y	JP 2006-38000 A (ブラザー工業株式会社) 09.02.2006 (2006 - 02 - 09) 段落 [0 0 3 5] - [0 0 6 4]、図 1 - 1 3	17-42

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/JP2020/005702

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2008-6506	A	17.01.2008	US 2008/0000887 A1 paragraphs [0024] to [0040], figures 1 to 10 CN 101096065 A	
JP	2008-200699	A	04.09.2008	(ファミリーなし)	
JP	2001-30171	A	06.02.2001	(ファミリーなし)	
JP	2010-17732	A	28.01.2010	(ファミリーなし)	
JP	2014-100720	A	05.06.2014	(ファミリーなし)	
JP	2006-320907	A	30.11.2006	(ファミリーなし)	
JP	2009-2436	A	08.01.2009	(ファミリーなし)	
JP	2006-38000	A	09.02.2006	(ファミリーなし)	