

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7314700号**  
**(P7314700)**

(45)発行日 令和5年7月26日(2023.7.26)

(24)登録日 令和5年7月18日(2023.7.18)

(51)国際特許分類

F 1 6 C    33/64 (2006.01)	F I	F 1 6 C    33/64
B 2 3 K    26/342 (2014.01)		B 2 3 K    26/342
B 2 3 K    26/21 (2014.01)		B 2 3 K    26/21

W

請求項の数 7 (全14頁)

(21)出願番号 特願2019-144521(P2019-144521)  
 (22)出願日 令和1年8月6日(2019.8.6)  
 (65)公開番号 特開2021-25599(P2021-25599A)  
 (43)公開日 令和3年2月22日(2021.2.22)  
 審査請求日 令和4年4月11日(2022.4.11)

(73)特許権者 000004204  
 日本精工株式会社  
 東京都品川区大崎1丁目6番3号  
 (74)代理人 110000811  
 弁理士法人貴和特許事務所  
 ゴン 方奇  
 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  
 佐藤 努  
 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  
 宇山 英幸  
 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  
 (72)発明者 山岡 翔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 転がり軸受及び軌道輪の修復方法

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

互いに対向する面に軌道面を周間にわたり有し、かつ、互いに同軸に配置された一对の軌道輪と、

前記一对の軌道輪の前記軌道面同士の間に転動自在に配置された複数個の転動体と、を備え、

前記一对の軌道輪のうちの少なくとも一方の軌道輪は、前記軌道面を含む部分の表面部の1乃至複数箇所に、前記少なくとも一方の軌道輪を構成する基材とは異なる金属材料により構成された肉盛層と、該肉盛層の直下に存在する、前記肉盛層を構成する金属材料と前記基材を構成する金属材料との混合層とを備える、

転がり軸受。

**【請求項2】**

前記少なくとも一方の軌道輪の前記軌道面のビッカース硬さが、450以上である、請求項1に記載の転がり軸受。

**【請求項3】**

前記少なくとも一方の軌道輪の前記軌道面のうち、ビッカース硬さが600未満である部分の幅が、1.0mm以下である、

請求項2に記載の転がり軸受。

**【請求項4】**

前記少なくとも一方の軌道輪の前記軌道面が、0.3μm以下の算術平均粗さを有する、

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の転がり軸受。

**【請求項 5】**

軌道輪の元の軌道面の要修復箇所に、レーザ光源から発射されたレーザを照射し、かつ、前記要修復箇所に溶材を供給することにより、前記要修復箇所の上に肉盛部を形成する、肉盛工程と、

前記肉盛部の表面を含む前記軌道面の全周に研磨加工を施す、研磨工程と、を備える、

軌道輪の修復方法。

**【請求項 6】**

前記肉盛工程を、前記軌道輪のうち、前記元の軌道面を除く表面の少なくとも一部を拘束した状態で行う、

請求項 5 に記載の軌道輪の修復方法。

**【請求項 7】**

前記肉盛工程よりも前に、前記元の軌道面を脱脂洗浄する工程を備える、

請求項 5 または 6 に軌道輪の修復方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、軌道面に摩耗や剥離などの損傷が生じた軌道輪の修復方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

工作機械および産業機械などの回転機械の回転軸は、転がり軸受により、ハウジングなどの使用時に回転しない部分に対して支持される。転がり軸受は、互いに対向する面に軌道面を全周にわたり有し、かつ、互いに同軸に配置された一対の軌道輪と、該一対の軌道輪の前記軌道面同士の間に転動自在に配置された複数個の転動体と、を備える。このような転がり軸受として、具体的には、主に径方向の荷重を支承するためのラジアル転がり軸受と、主に軸方向の荷重を支承するためのスラスト転がり軸受とがある。

**【0003】**

ラジアル転がり軸受は、外周面に内輪軌道を有する内輪と、内周面に外輪軌道を有し、かつ、前記内輪の径方向外側に該内輪と同軸に配置された外輪と、前記内輪軌道と前記外輪軌道との間に転動自在に配置された複数個の転動体とを備える。

**【0004】**

スラスト転がり軸受は、軸方向に対向する側面に軌道面を全周にわたり有し、かつ、互いに同軸に配置された一対の軌道輪と、該一対の軌道輪の前記軌道面同士の間に転動自在に配置された複数個の転動体と、を備える。

**【0005】**

転がり軸受は、ラジアル転がり軸受であるか、スラスト転がり軸受であるかにかかわらず、荷重が負荷された状態で長時間使用すると、軌道面に摩耗が生じたり、金属疲労が生じて軌道面が剥離したりすることがある。軌道面に摩耗や剥離などの損傷が生じた場合には、前記軌道輪、または、該軌道輪を含む転がり軸受全体を交換することが考えられる。

**【0006】**

ただし、回転機械の運用コストを低減する面からは、軌道輪や転がり軸受を交換するのではなく、摩耗や剥離などの損傷が生じた軌道面を修復したうえで、軌道輪を引き続き使用することが望ましい。特に、鉄鋼圧延機用ロールネック用軸受などの大型の軸受に対しては、このような要望が大きい。なお、ロールネック用軸受としては、例えば、大型の円すいころ軸受および円筒ころ軸受などが用いられている。

**【0007】**

特開 2003 - 21147 号公報（特許文献 1）には、軌道輪の軌道面の表面層に予め取り代を設けておき、軌道面に損傷が生じた場合に、前記取り代を除去することで、転がり軸受を再生する方法が記載されている。しかしながら、特開 2003 - 21147 号公

10

20

30

40

50

報に記載の方法では、取り代の厚さよりも深い損傷が生じた場合に、損傷を修復あるいは除去できなかったり、取り代の除去に伴い、転がり軸受の内部隙間が増大したりするといった問題を生じる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特開2003-21147号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上述のような事情に鑑み、軌道輪の軌道面の表面層に予め取り代を設けることなく、摩耗や剥離などの損傷が生じた軌道面を修復することができる、軌道輪の修復方法を実現することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の転がり軸受は、

互いに対向する面に軌道面を全周にわたり有し、かつ、互いに同軸に配置された一対の軌道輪と、

前記一対の軌道輪の前記軌道面同士の間に転動自在に配置された複数個の転動体と、  
を備え、

前記一対の軌道輪のうちの少なくとも一方の軌道輪は、前記軌道面を含む部分の表面部の1乃至複数箇所に、前記少なくとも一方の軌道輪を構成する基材とは異なる金属材料により構成された肉盛層と、該肉盛層の直下に存在する、前記肉盛層を構成する金属材料と前記基材を構成する金属材料との混合層とを備えることを特徴とする。

【0011】

前記少なくとも一方の軌道輪の前記軌道面のビッカース硬さ(Hv)が、450以上であることが好ましく、500以上であることがより好ましい。

【0012】

前記少なくとも一方の軌道輪の前記軌道面のうち、ビッカース硬さが600未満である部分の幅(厚さ)が、1.0mm以下であることが好ましく、0.6mm以下であることがより好ましい。

【0013】

前記少なくとも一方の軌道輪の前記軌道面は、0.3μm以下の算術平均粗さを有することができる。

【0014】

本発明の軌道輪の修復方法は、

軌道輪の元の軌道面の要修復箇所に、レーザ光源から発射されたレーザを照射し、かつ、前記要修復箇所に粉末溶材やワイヤ溶材などの溶材を供給することにより、前記要修復箇所の上に肉盛部を形成する、肉盛工程と、

前記肉盛部の表面を含む前記軌道面の全周に研磨加工を施す、研磨工程と、  
を備えることを特徴とする。

【0015】

前記肉盛工程を、前記軌道輪のうち、前記元の軌道輪を除く表面の少なくとも一部を拘束した状態で行うことができる。

【0016】

本発明の軌道輪の修復方法は、前記肉盛工程よりも前に、前記元の軌道面を脱脂洗浄する工程を備えることができる。

【発明の効果】

【0017】

上述のような本発明の軌道輪の修復方法によれば、軌道輪の軌道面の表面層に予め取り

10

20

30

40

50

代を設けることなく、摩耗や剥離などの損傷が生じた軌道面を修復することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0018】**

**【図1】**図1は、本発明の実施の形態の第1例に係る円すいころ軸受を示す、部分切断斜視図である。

**【図2】**図2は、図1のX部に相当する部分の拡大模式図である。

**【図3】**図3(A)は、摩耗や剥離が発生した状態にある内輪軌道の要修復箇所を示す、部分拡大断面図であり、図3(B)は、要修復箇所に肉盛部を形成した状態を示す、部分拡大断面図であり、図3(C)は、肉盛部に研磨加工を施した後の状態を示す、部分拡大断面図である。

10

**【図4】**図4は、内輪軌道の要修復箇所に、レーザクラッディングにより肉盛部を形成する様子を示す、部分拡大模式図である。

**【図5】**図5は、レーザクラッディングを施す際に、変形防止治具により、内輪の内周面を拘束する様子を示す、断面図である。

**【図6】**図6は、本発明の対象となり得るスラスト転がり軸受の1例を示す、断面図である。

**【図7】**図7は、実施品について、軌道面に形成した凹部の形状を説明するための断面図である。

**【図8】**図8(A)は、実施品について、修復箇所の断面を撮影した顕微鏡写真であり、図8(B)は、新たな軌道面からの深さ約 $200\mu m$ 位置の円周方向のピッカース硬さとの関係を示す線図であり、図8(C)は、新たな軌道面からの深さ約 $200\mu m$ 位置の円周方向のモリブデン濃度との関係を示す線図である。

20

**【発明を実施するための形態】**

**【0019】**

以下、本発明の実施の形態の1例について、図1～図5を用いて説明する。本例では、図1に示すように、転動体1として円すいころを使用した円すいころ軸受2の内輪3を、本発明の軌道輪の修復方法により修復した場合について説明する。

**【0020】**

<円すいころ軸受の構造>

円すいころ軸受2は、外周面に内輪軌道4を全周にわたって有する内輪3と、内周面に外輪軌道5を全周にわたって有し、かつ、内輪3の径方向外側に該内輪3と同軸に配置された外輪6と、内輪軌道4と外輪軌道5との間に転動自在に配置された複数個の転動体1とを備える。

30

**【0021】**

本例では、内輪3は、本発明の軌道輪の修復方法により修復されている。内輪3は、基本的には修復前における元の内輪3aを基材7として構成される。本例の内輪3は、内輪軌道4を含む部分の表面部の1箇所に、その表面側から、基材7とは異なる金属材料により構成された肉盛層8と、肉盛層8の直下に位置する部分に存在する、基材7を構成する金属材料と肉盛層8を構成する金属材料との混合層9とを備える。ただし、内輪3は、内輪軌道4を含む部分の表面部の複数箇所に、それぞれの表面側から、肉盛層8と、混合層9とを備えることもできる。

40

**【0022】**

基材7は、円筒形状を有し、かつ、外周面に、内輪軌道4のうちで肉盛層8に備えられた部分を除く大部分を有する。基材7は、S U J 2 ~ 4などの高炭素クロム鋼や、浸炭処理または浸炭窒化処理が施された高炭素クロム鋼、S 5 3 Cなどの炭素鋼、S C r 4 2 0やS C M 4 2 0などの浸炭鋼などの硬質金属からなる金属材料により構成されている。基材7は、修復する以前の状態では、単独で内輪3aを構成し、元の内輪3aは、その外周面に、元の内輪軌道4aを有する。

**【0023】**

肉盛層8は、基材7の外周面のうち、元の内輪軌道4aを含む部分の1箇所位置を覆つ

50

ており、混合層 9 に接していない表面に、内輪軌道 4 の一部を有する。すなわち、修復後の内輪 3 は、基材 7 の外周面と肉盛層 8 の表面とに跨るように形成され、かつ、転動体 1 と転がり接触する、新たな内輪軌道 4 を有する。肉盛層 8 は、Fe 基合金、Cu 基合金、Ni 基合金、Co 基合金、炭素合金など、基材 7 との結合強度を十分に確保することができ、かつ、内輪軌道 4 の性能を十分に確保することができる金属材料により構成される。

#### 【0024】

混合層 9 は、基材 7 を構成する金属材料と肉盛層 8 を構成する金属材料とが混合している層である。より具体的には、混合層 9 は、修復時に、元の内輪 3a の基材を構成する金属材料と、肉盛部 8a を構成する金属材料である粉末溶材 10 が溶融し、混合して、凝固することにより形成される。すなわち、図 4 に示すように、レーザクラッディングにより肉盛層 8 を形成するには、レーザ光源から発射されたレーザ 11 を、元の内輪軌道 4a のうち、損傷が生じて修復が必要になった要修復箇所 12 に照射し、かつ、要修復箇所 12 に粉末溶材 10 を供給する。これにより、粉末溶材 10 が加熱されて溶融し、凝固することにより肉盛部 8a が形成される。このとき、レーザ 11 の照射によって、レーザ 11 が照射された要修復箇所 12 の表層部分に存在する金属材料が、融点以上になるまで加熱されて溶融し、溶融した粉末溶材 10 と混合される。したがって、基材 7 と肉盛部 8a との境界部分に、基材 7 を構成する金属材料と肉盛部 8a を構成する金属材料とが溶融し、混合した状態で凝固することにより、混合層 9 が形成される。混合層 9 は、肉盛部 8a を含む内輪 3a の外周面に研磨加工を施して、内輪軌道 4 の一部をその表面に有する肉盛層 8 を形成した後も、肉盛層 8 の直下に位置する部分に存在する。

#### 【0025】

内輪 3 は、混合層 9 の直下に位置する部分に、再焼入れ層 13 を有し、再焼入れ層 13 の直下に位置する部分に、再焼戻し層 14 を有し、かつ、再焼戻し層 14 よりも下側に位置する残部に、基層 15 を有する。換言すれば、内輪 3 は、肉盛層 8 と基層 15 との間に、上層側から順に、混合層 9 と、再焼入れ層 13 と、再焼戻し層 14 とを備える。

#### 【0026】

なお、層構造に関して、「下側」とは、基層 15 の側をいい、「上側」とは、肉盛層 8 の側をいう。特定の層の「直下」に位置する層とは、特定の層に対し、基層 15 の側に隣接する層のことという。

#### 【0027】

再焼入れ層 13 は、基材 7 のうち、レーザクラッディングにより肉盛層 8 を形成する際に、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 にレーザ 11 を照射することに伴って、焼入れ温度以上、融点未満の温度に加熱されることで、再度焼入れが施された部分である。

#### 【0028】

再焼戻し層 14 は、基材 7 のうち、レーザクラッディングにより肉盛層 8 を形成する際に、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 にレーザ 11 を照射することに伴って、焼戻し温度以上、焼入れ温度未満に加熱されることで、焼戻しが施された部分である。

#### 【0029】

基層 15 は、基材 7 のうち、レーザクラッディングにより肉盛層 8 を形成する際に、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 にレーザ 11 を照射することに伴う熱の影響をほとんど受けていない部分、すなわち、焼戻し温度までは加熱されなかった部分である。

#### 【0030】

本例は、内輪軌道 4 のビックカース硬さ (HV) を、450 以上、好ましくは 500 以上とし、かつ、内輪軌道 4 のうち、ビックカース硬さが 600 未満である部分の幅 (厚さ) を、1.0 mm 以下、好ましくは 0.6 mm 以下としている。

#### 【0031】

本例では、内輪 3 は、肉盛層 8 と基層 15 との間に、上層側から順に、混合層 9 と、再焼入れ層 13 と、再焼戻し層 14 とを有する。したがって、内輪軌道 4 のうち、肉盛層 8 に備えられた部分を囲む部分に、内側から順に、混合層 9 と、再焼入れ層 13 と、再焼戻し層 14 と、基層 15 とが露出している。内輪軌道 4 に露出する部分のうち、肉盛層 8 、

10

20

30

40

50

混合層 9、再焼入れ層 13 および基層 15 は、十分な硬さ、すなわち、600 以上のビックカース硬さを有する。これに対し、再焼戻し層 14 は、レーザ 11 の照射に伴い焼戻しが施され、軟化した部分である。本例では、再焼戻し層 14 のうちで硬さが最も低い部分のビックカース硬さを 450 以上とし、かつ、再焼戻し層 14 のうち、ビックカース硬さが 600 未満である部分の幅を、1.0 mm 以下としている。これにより、内輪軌道 4 の転がり疲れ寿命を十分に確保している。

#### 【0032】

また、本例では、内輪軌道 4 の算術平均粗さ ( $R_a$ ) を、0.3  $\mu m$  以下、好ましくは 0.2  $\mu m$  以下としている。これにより、円すいころ軸受 2 の運転時の振動や騒音を、所望の大きさ以下に抑えることができ、かつ、表面起点型剥離を生じにくくすることができる。

10

#### 【0033】

##### <内輪の修復方法>

長期間の使用に伴って、元の内輪軌道 4a に摩耗や剥離などの損傷が生じた円すいころ軸受 2 を設置箇所から取り外して分解し、元の内輪 3a を取り出す。必要に応じて、まず、元の内輪 3a の外周面に備えられた元の内輪軌道 4a の表面のうち、少なくとも、摩耗や剥離などの損傷が生じて修復が必要となった要修復箇所 12 を含む部分を、脱脂洗浄する。これにより、要修復箇所 12 の表層部分に存在する油分を除去し、かつ、要修復箇所 12 の表面に付着した摩耗粉、剥離屑などの異物や水分などを除去する。

#### 【0034】

元の内輪軌道 4a の表面のうち、要修復箇所 12 を含む部分を脱脂洗浄する方法については、特に限定されない。例えば、溶剤脱脂や、アルカリ溶液に浸漬するアルカリ脱脂、アルカリ溶液中に浸漬した素材と電極との間に電流を通電する電解脱脂などにより行うことができる。付加的あるいは代替的に、レーザクリーニングを施したり、有機溶剤などにより洗浄した後、熱風乾燥や加熱乾燥などにより乾燥したりすることができる。必要に応じて、元の内輪軌道 4a のうち、要修復箇所 12 を含む部分を脱脂洗浄する以前に、要修復箇所 12 を含む部分に研磨加工（研削加工を含む）を施して、表面を平滑化することもできる。

20

#### 【0035】

次に、レーザクラッディングにより、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 を覆うあるいは塞ぐように、肉盛部 8a を形成する。図 4 に示すように、図示しないレーザ光源から発射されたレーザ 11 を、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 に照射し、かつ、要修復箇所 12 に、ノズル 16 から粉末溶材 10 を、シールドガスとともに吹き付けることにより供給する。レーザ 11 を元の内輪軌道 4a に照射しつつ、粉末溶材 10 を吹き付けると、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 を覆うあるいは塞ぐように、肉盛部 8a が形成される。同時に、元の内輪 3a（基材 7）のうち、レーザ 11 が照射された元の内輪軌道 4a の表層部分に存在する金属材料と、肉盛部 8a を構成する金属材料である粉末溶材 10 と一緒に溶融されて、これらが混合した溶融池（モルテンプール）17 が形成される。そして、レーザ 11 の照射および粉末溶材 10 の供給を停止すると、溶融池 17 を構成する金属材料が冷却されて凝固する。この結果、要修復箇所 12 を覆うあるいは塞ぐように、肉盛部 8a が形成されると同時に、基材 7 と肉盛部 8a との境界部分に、基材 7 を構成する金属材料と粉末溶材 10（肉盛部 8a を構成する金属材料）との混合層 9 が形成される。

30

#### 【0036】

レーザクラッディングを行うために、レーザ 11 を、要修復箇所 12 に照射すると、元の内輪 3a（基材 7）のうち、要修復箇所 12 の表層部分よりも下側に存在する部分の金属材料も加熱される。混合層 9 の直下に位置する部分は、焼入れ温度以上、融点未満の温度に加熱されることで、再度焼入れが施される。この結果、混合層 9 の直下に位置する部分には、再焼入れ層 13 が形成される。

40

#### 【0037】

さらに、再焼入れ層 13 の直下に位置する部分は、焼戻し温度以上、焼入れ温度未満の

50

温度に加熱されることで、焼戻しが施される。この結果、再焼入れ層 13 の直下に位置する部分には、再焼戻し層 14 が形成される。なお、再焼戻し層 14 よりも下側に位置する基層 15 は、加熱されたとしても、焼戻し温度未満であるため、組織変化はほとんど生じない。なお、図 3 および図 4 は、再焼入れ層 13 および再焼戻し層 14 を省略して示している。

#### 【0038】

レーザクラッディングにより、肉盛部 8a を、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 を覆うあるいは塞ぐように形成する際に、元の内輪 3a（基材 7）の表面のうち、元の内輪軌道 4a が存在する部分を除く少なくとも一部を拘束することができる。これにより、レーザ 11 の照射によって発生する熱の影響により、基材 7 が変形することを抑えることができる。例えば、図 5 に示すように、元の内輪 3a（基材 7）に、円柱状の変形防止治具 18 をがたつきなく内嵌して、元の内輪 3a の内周面を拘束することができる。元の内輪 3a（基材 7）の内周面に加えて、または、元の内輪 3a の内周面に代えて、元の内輪 3a の軸方向側面（軸方向片側面または軸方向両側面）を拘束することもできる。また、レーザ 11 の照射によって発生する熱によっては、元の内輪 3a の変形がしなかつたり、問題にならない程度であったりする場合には、変形防止治具 18 の装着を省略することもできる。

10

#### 【0039】

レーザ 11 は、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 に所定時間だけ照射される。すなわち、レーザ 11 の照射時間は、要修復箇所 12 に存在する損傷の大きさや深さなどに応じて、適宜調整される。また、レーザ 11 は、元の内輪軌道 4a の表層部分に存在する金属材料、および、粉末溶材 10 を溶融できる程度の出力で、元の内輪軌道 4a に照射される。すなわち、レーザ 11 の出力は、元の内輪軌道 4a の表層部分に存在する金属材料や粉末溶材 10、元の内輪 3a の外径寸法などに、適宜調整される。

20

#### 【0040】

粉末溶材 10 は、Fe 基合金、Cu 基合金、Ni 基合金、Co 基合金、炭素合金などの金属粉末により構成される。粉末溶材 10 は、元の内輪 3a の外径寸法や、形成すべき研磨前の肉盛部 8a の厚さおよび幅などに応じて、適切な量が供給される。なお、粉末溶材 10 に代えて、ワイヤ溶材を使用することもできる。

30

#### 【0041】

なお、レーザクラッディングを行う前に、元の内輪 3a（基材 7）を予熱しておくことが好ましい。ただし、予熱温度は焼戻し温度以下とすることが好ましく、具体的には 200 度以下とすることが好ましい。すなわち、予熱温度が焼戻し温度を超えると、元の内輪 3a（基材 7）の表面に焼戻しが施されて、元の内輪 3a の表面の硬さが低下する可能性がある。および／または、レーザ 11 の照射および粉末溶材 10 の供給を複数回に分けて実施することができる。元の内輪 3a を予熱したり、レーザ 11 の照射および粉末溶材 10 の供給を複数回に分けたりすることにより、レーザ 11 を元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 に照射することに伴って、元の内輪 3a のうち、レーザ 11 を照射された部分の温度が急激に変化して、当該部分に割れなどの破損が生じるのを防止することができる。

40

#### 【0042】

なお、レーザクラッディングにより、肉盛部 8a を、元の内輪軌道 4a の要修復箇所 12 を覆うあるいは塞ぐように形成する際に、要修復箇所 12 の大きさによっては、レーザ 11 の照射位置と粉末溶材 10 の供給位置とを、周方向および／または軸方向に移動させることもできる。

#### 【0043】

レーザクラッディングにより、要修復箇所 12 を覆うあるいは塞ぐように肉盛部 8a を形成した後は、肉盛部 8a を含む内輪 3a の外周面に研磨加工を施すことにより、新たな内輪軌道 4 を形成して、修復後の内輪 3 を得る。新たな内輪軌道 4 を形成するための加工は、元の内輪 3a の外周面に、元の内輪軌道 4a を形成するための加工と基本的には同じである。本例では、肉盛部 8a を含む内輪 3a の外周面に砥石を押し付け、該砥石を、新

50

たな内輪軌道4の母線形状(断面形状)の曲率中心を揺動させながら、肉盛部8aを備える元の内輪3aを、その中心軸を中心に回転させる。これにより、肉盛部8aを含む元の内輪3aの外周面に全周にわたって研磨加工を施して、新たな内輪軌道4を形成し、さらに、必要に応じて洗浄処理などを施すことで、修復後の内輪3を得る。

#### 【0044】

上述のようにして得られた修復後の内輪3を、外輪6および転動体1と組み合わせて、修復後の円すいころ軸受2を組み立て、その設置箇所に再度組み込む。内輪3が、円すいころ軸受2の使用時にも回転しない静止輪である場合には、内輪3の内輪軌道4に備えられた肉盛層8が負荷圏から外れた位置に配置することが好ましい。

#### 【0045】

本例の修復方法では、長期間の使用に伴って、元の内輪軌道4aに摩耗や剥離などの損傷が生じた場合に、内輪軌道4aのうち、損傷が生じた要修復箇所12を覆うように、肉盛部8aを形成した後、肉盛部8aを含む元の内輪3aの外周面に研磨加工を施すことでき、新たな内輪軌道4を形成して、修復後の内輪3を得る。すなわち、本例の修復方法では、特開2003-21147号公報に記載の技術のように、内輪軌道の表面層に予め取り代を設けておく必要がない。このため、本例の修復方法では、取り代の厚さよりも深い損傷が生じた場合に、損傷を修復(除去)できない、および/または、取り代の除去に伴い、軸受の内部隙間が増大するといった問題は生じない。

10

#### 【0046】

本例では、レーザクラッディングにより肉盛部8aを形成するため、基材7と肉盛部8a(肉盛層8)との境界部分に、基材7を構成する金属材料と肉盛部8a(肉盛層8)を構成する金属材料とが溶融凝固した混合層9を形成することができる。このため、基材7と肉盛層8とを混合層9を介して十分な強度で結合することができ、修復後の内輪軌道4の転がり疲れ寿命を十分に確保することができる。

20

#### 【0047】

レーザクラッディングを用いて、元の内輪軌道4aの要修復箇所12の上に、肉盛部8aを形成するため、レーザ11の照射により、要修復箇所12の表層部分に存在する金属材料が溶融する。したがって、要修復箇所12の表層部分に、剥離に伴う亀裂が生じていた場合でも、該亀裂の周囲に存在する金属材料が溶融するので、亀裂を除去することができる。

30

#### 【0048】

本例の修復方法によれば、円すいころ軸受2を修復して、再利用することができるため、円すいころ軸受2を新たに製造し、交換する場合と比較して、コストを低減することができ、かつ、二酸化炭素の排出量を削減することができる。

#### 【0049】

本例の修復方法では、要修復箇所12にのみ肉盛部8aを形成するため、レーザクラッディングにより、内輪軌道を全周にわたり覆うように形成する場合と比較して、コストを低減することができ、かつ、二酸化炭素の排出量を削減することができる。

#### 【0050】

本例では、円すいころ軸受の内輪を修復する場合について説明したが、本発明の軌道輪の修復方法は、種々の転がり軸受を構成する軌道輪を対象とすることができる。すなわち、本発明の軌道輪の修復方法は、円すいころ軸受の外輪を対象とすることもできるし、転動体として円筒ころ(ニードルを含む)を使用したラジアルころ軸受の内輪および/または外輪、あるいは、玉を使用したラジアル玉軸受の内輪および/または外輪、あるいは、球面ころを使用したラジアル自動調心ころ軸受の内輪および/または外輪を対象とするともできる。

40

#### 【0051】

本発明の軌道輪の修復方法は、図6に示すような、転動体19として玉を使用したスラスト玉軸受20の一対の軌道輪21a、21bのうちの一方または両方を対象とすることもできる。スラスト玉軸受20は、軸方向に互いに対向する側面に軌道面22a、22b

50

を全周にわたり有し、かつ、互いに同軸に配置された一対の軌道輪 21a、21b と、軌道面 22a、22b 同士の間に、保持器 23 により保持された状態で転動自在に配置された複数個の転動体 19 とを備える。ただし、本発明の軌道輪の修復方法は、転動体として円筒ころ（ニードルを含む）を使用したスラスト転がり軸受の軌道輪、あるいは、円すいころを使用したスラスト円すいころ軸受、あるいは球面ころを使用した自動調心ころ軸受の軌道輪を対象とすることもできる。

#### 【0052】

さらに、本発明の軌道輪の修復方法は、ラジアル転がり軸受の内輪若しくは外輪であるか、または、スラスト転がり軸受の軌道輪であるかにかかわらず、軌道面を 2 つ以上備える多列転がり軸受の軌道輪を対象とすることもできる。

10

#### 【0053】

また、本発明の軌道輪の修復方法により、軌道面の複数箇所を修復することもできる。

#### 【0054】

本発明は、例えば、鉄鋼圧延機のロールネックを支持する転がり軸受など、大型で、かつ、大きな負荷を支承する転がり軸受に好ましく適用することができる。すなわち、大型の転がり軸受においては、本発明によるコスト低減効果および二酸化炭素の排出量削減効果が、特に顕著に得られる。

#### 【実施例】

#### 【0055】

本発明の効果を確認するために行った実験について説明する。

20

#### 【0056】

本実験は、図 6 に示すようなスラスト玉軸受 20 を、供試品として用いて行った。

#### 【0057】

実施品は、スラスト玉軸受 20 の一方の軌道輪 21a の軌道面 22a の円周方向 2 箇所位置に、ドリルによる切削加工を施すことで、図 7 に示すような凹部（人工欠陥）24 を形成し、本発明の軌道輪の修復方法により修復することで得た。すなわち、凹部 24 を有する軌道面 22a の上に、レーザクラッディングにより肉盛部を形成した後、該肉盛部を含む軸方向側面に全周にわたって研磨加工を施し、新たな軌道面を形成することで、実施品を得た。

#### 【0058】

30

供試品として使用したスラスト玉軸受 20 の諸元、並びに、凹部 24 の形状および実施品の修復条件は、以下のとおりである。

##### <スラスト玉軸受 20 の諸元>

呼び番号 : 51305

内径 : 25 (mm)

外径 : 52 (mm)

幅 : 18 (mm)

軌道輪 21a、21b の材質 : SUJ2

転動体 19 の材質 : SUJ2 (浸炭窒化処理済み)

転動体 19 の数 : 3 個

40

転動体 19 の直径 (玉径) : 9.525 (mm)

##### <凹部 24 の形状>

深さ D : 1 (mm)

直径 : 3 (mm)

面取り角 : 120 (度)

##### <実施品の修復条件>

###### (レーザクラッディングの条件)

レーザ 11 の出力 : 4.0 (kW)

粉末溶材 10 の材質 : ヘネガス社製 M2 ハイス鋼

粉末溶材 10 の供給量 : 12.6 (g/min)

50

レーザ 11 の照射回数 : 2

レーザ 11 の照射時間 : 0 . 25 (秒 / 層)

#### 【0059】

なお、実施品について、修復後の軌道輪 21a の新たな軌道面の算術表面粗さ Ra を測定したところ、いずれも 0 . 3 μm 以下であった。また、実施品について、修復後の軌道面 22a のビックカース硬さ (Hv) は、450 以上であり、かつ、該軌道面 22a のうち、ビックカース硬さが 600 未満である部分の幅は、1 . 0 mm 以下であった (図 8 (B) 参照)。

#### 【0060】

実施品について、修復後の軌道輪 21a の断面を撮影した顕微鏡写真 (図 8 (A) 参照) と、電子線マイクロアナライザ (EPMA) を用いて測定したモリブデン (Mo) 濃度 (図 8 (C) 参照) とを比較すると、修復前の軌道輪である基材と、レーザクラッディングにより形成された肉盛部との境界部分で、Mo 濃度が大きく変動していることが分かる。これにより、基材と肉盛層との境界部分に、基材を構成する金属材料と肉盛層を構成する金属材料とが溶融凝固してなる混合層が存在していることが確認された。

10

#### 【0061】

上述のような実施品について、転がり疲れ寿命を測定した。具体的には、以下に示す条件で実施品を運転した。

<スラスト玉軸受 20 の運転条件 >

潤滑油 : ISO - VG 68 相当の鉛油 (油浴方式)

20

試験荷重 : 5 . 39 (kN) (最大面圧 : 3 . 0 (GPa))

回転数 : 1000 (rpm)

#### 【0062】

実施品について、転がり疲れ寿命を測定したところ、 $3 . 0 \times 10^7$  回回転させても、転がり疲れ寿命にはならなかった。すなわち、スラスト玉軸受 20 を  $3 . 0 \times 10^7$  回回転させた段階で、試験後の実施品を分解し、軌道面を確認したところ、軌道面に剥離などの損傷は見られなかった。この数値は、下記 (1) 式で表される転がり軸受の計算寿命 L よりも 1 . 4 倍程度長い値であり、十分な転動疲労寿命を有すると判断できる。

$$L = (C/P)^3 \dots (1)$$

なお、(1) 式中、P は動等価荷重を表し、C は基本動定格荷重を表す。

30

#### 【0063】

なお、本発明の技術的範囲からは外れるが、軌道輪の軌道面以外の部分が破損した場合であっても、レーザクラッディングにより、肉盛部を形成した後、該肉盛部の表面部を研磨して修復することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0064】

1 転動体

40

2 円すいころ軸受

3、3a 内輪

4、4a 内輪軌道

5 外輪軌道

6 外輪

7 基材

8 肉盛層

8a 肉盛部

9 混合層

10 粉末溶材

11 レーザ

12 要修復箇所

13 再焼入れ層

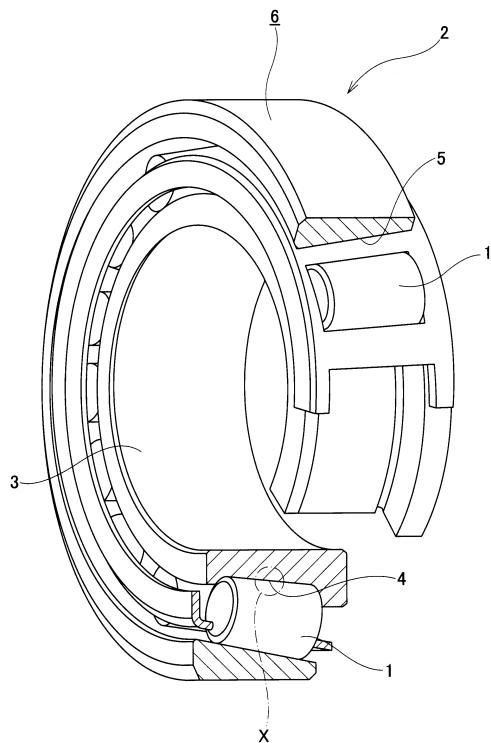
50

- 1 4 再焼戻し層  
 1 5 基層  
 1 6 ノズル  
 1 7 溶融池  
 1 8 变形防止治具  
 1 9 転動体  
 2 0 スラスト玉軸受  
 2 1 a、2 1 b 軌道輪  
 2 2 a、2 2 b 軌道面  
 2 3 保持器  
 2 4 凹部

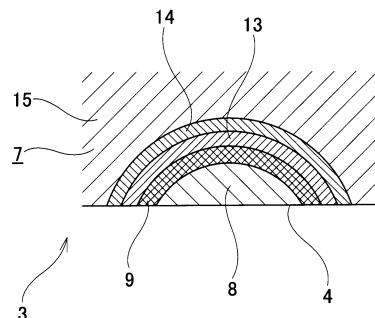
10

## 【図面】

## 【図1】



## 【図2】



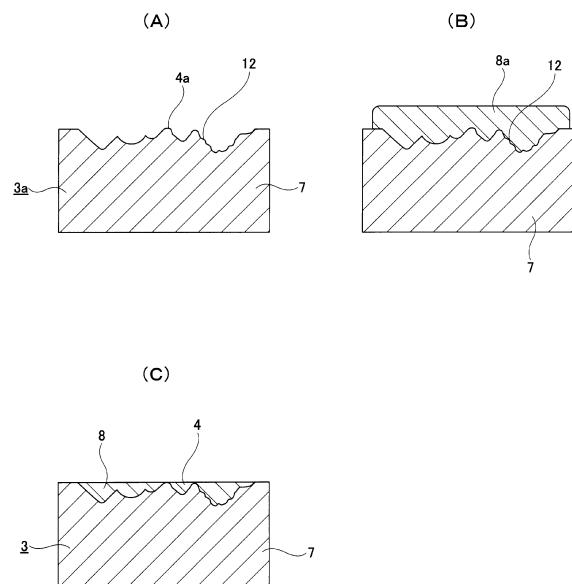
20

30

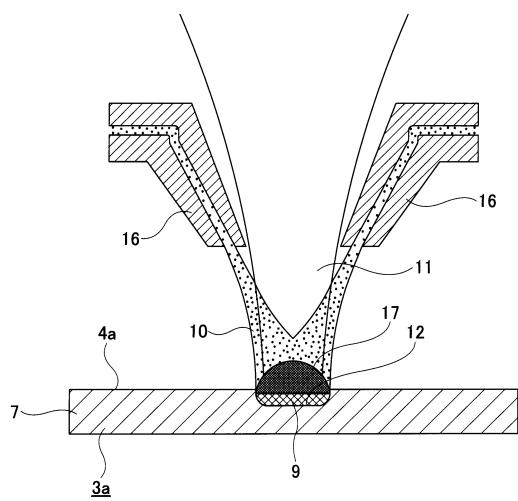
40

50

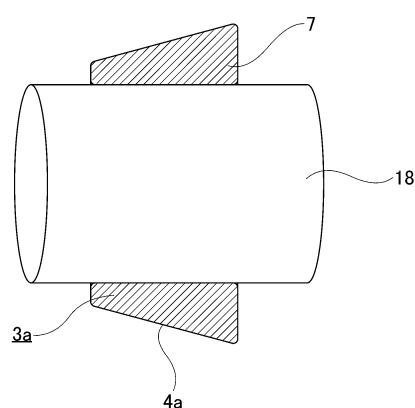
【図3】



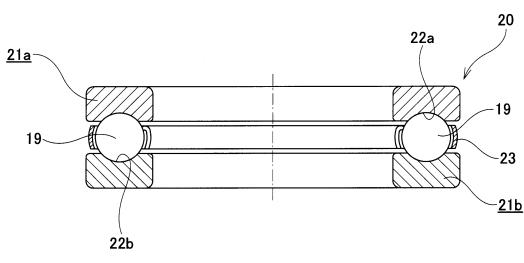
【図4】



【図5】



【図6】



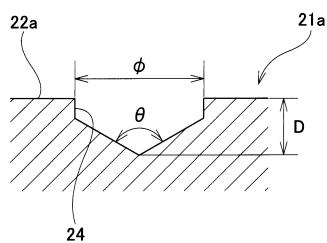
20

30

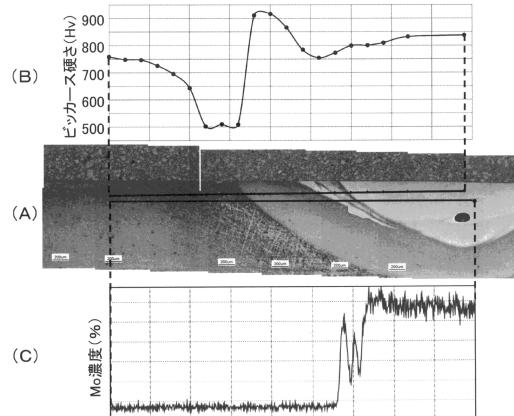
40

50

【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

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

(72)発明者 野村 剛

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

(72)発明者 田中 貞幸

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

審査官 松江川 宗

(56)参考文献 特公昭47-023481(JP, B1)

特開2004-314168(JP, A)

特開平04-297566(JP, A)

特開2004-169754(JP, A)

特開2004-116569(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F16C 19/00 - 19/56, 33/30 - 33/66

B23K 26/00 - 26/70

C23C 4/00 - 6/00