

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5773349号
(P5773349)

(45) 発行日 平成27年9月2日(2015.9.2)

(24) 登録日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(51) Int.Cl.

F 1

C 2 1 D	9/40	(2006.01)	C 2 1 D	9/40	A
C 2 1 D	1/10	(2006.01)	C 2 1 D	1/10	H
C 2 1 D	7/06	(2006.01)	C 2 1 D	1/10	D
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 1 D	7/06	A
C 2 2 C	38/22	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 O 1 Z

請求項の数 12 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2009-273386 (P2009-273386)

(22) 出願日

平成21年12月1日 (2009.12.1)

(65) 公開番号

特開2011-117017 (P2011-117017A)

(43) 公開日

平成23年6月16日 (2011.6.16)

審査請求日

平成24年11月28日 (2012.11.28)

(73) 特許権者 000102692

N T N 株式会社

大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

(74) 代理人 100085132

弁理士 森田 俊雄

(74) 代理人 100083703

弁理士 仲村 義平

(74) 代理人 100096781

弁理士 堀井 豊

(74) 代理人 100109162

弁理士 酒井 将行

(74) 代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】軌道輪および転がり軸受の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

転がり軸受の軌道輪の製造方法であって、
鋼から構成される成形体を準備する工程と、

前記成形体において前記軌道輪の転走面となるべき環状領域の一部に面するように配置され、前記成形体を誘導加熱する誘導加熱コイルを、前記環状領域の周方向に沿って相対的に回転させることにより、前記成形体に A₁ 点以上の温度に加熱された環状の加熱領域を形成する工程と、

前記加熱領域全体を M_s 点以下の温度に同時に冷却する工程と、

前記加熱領域を形成する工程の後、前記冷却する工程の前に、前記成形体を加熱が停止された状態に保持する工程とを備え、

前記加熱領域を形成する工程では、前記環状領域に面して前記環状領域の加熱に寄与する領域が同一平面内に含まれる形状を有する前記誘導加熱コイルが用いられる、軌道輪の製造方法。

【請求項 2】

前記加熱領域を形成する工程では、前記誘導加熱コイルは、前記成形体の周方向に沿って複数個配置される、請求項 1 に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 3】

前記加熱領域を形成する工程では、複数個の前記誘導加熱コイルは、前記成形体の周方向に沿って等間隔に配置される、請求項 2 に記載の軌道輪の製造方法。

10

20

【請求項 4】

前記加熱領域を形成する工程では、前記誘導加熱コイルは、前記成形体の周方向に沿つて相対的に2周以上回転する、請求項1～3のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 5】

前記加熱領域を形成する工程では、前記加熱領域の複数箇所の温度が測定される、請求項1～4のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 6】

前記成形体を準備する工程では、0.43質量%以上0.65質量%以下の炭素と、0.15質量%以上0.35質量%以下の珪素と、0.60質量%以上1.10質量%以下のマンガンと、0.30質量%以上1.20質量%以下のクロムと、0.15質量%以上0.75質量%以下のモリブデンとを含有し、残部鉄および不純物からなる鋼から構成される前記成形体が準備される、請求項1～5のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法。10

【請求項 7】

前記成形体を準備する工程では、0.43質量%以上0.65質量%以下の炭素と、0.15質量%以上0.35質量%以下の珪素と、0.60質量%以上1.10質量%以下のマンガンと、0.30質量%以上1.20質量%以下のクロムと、0.15質量%以上0.75質量%以下のモリブデンと、0.35質量%以上0.75質量%以下のニッケルとを含有し、残部鉄および不純物からなる鋼から構成される前記成形体が準備される、請求項1～5のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 8】

前記加熱領域を形成する工程よりも前に、前記成形体に焼ならし処理を実施する工程をさらに備えた、請求項1～7のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法。20

【請求項 9】

前記焼ならし処理を実施する工程では、前記成形体に気体とともに硬質の粒子が吹き付けられることにより、前記成形体が冷却されつつショットブラスト処理が実施される、請求項8に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 10】

前記加熱領域を形成する工程よりも前に、前記成形体全体に焼入処理を実施した後、焼戻処理を実施する工程をさらに備えた、請求項1～7のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法。30

【請求項 11】

軌道輪を準備する工程と、

転動体を準備する工程と、

前記軌道輪と前記転動体とを組み合わせて転がり軸受を組み立てる工程とを備え、

前記軌道輪は、請求項1～10のいずれか1項に記載の軌道輪の製造方法により製造される、転がり軸受の製造方法。

【請求項 12】

前記転がり軸受は、風力発電装置において、ブレードに接続された主軸を前記主軸に隣接する部材に対して回転自在に支持する風力発電装置用転がり軸受として用いられる、請求項11に記載の転がり軸受の製造方法。40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は軌道輪および転がり軸受の製造方法に関し、より特定的には、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって均質に形成することが可能な軌道輪および転がり軸受の製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

鋼からなる転がり軸受の軌道輪に対する焼入硬化処理として、高周波焼入が採用される場合がある。この高周波焼入は、軌道輪を炉内で加熱した後、油などの冷却液中に浸漬す50

る一般的な焼入硬化処理に比べて、設備を簡略化できるとともに、短時間での熱処理が可能となるなどの利点を有している。

【0003】

しかし、高周波焼入において、軌道輪の転走面に沿った焼入硬化すべき環状の領域を同時に加熱するためには、転走面に対向するように、当該軌道輪を誘導加熱するための誘導加熱コイルを配置する必要がある。そのため、大型の軌道輪を焼入硬化する場合、それに応じた大型のコイルや当該コイルに対応する大容量の電源が必要となり、焼入装置の製作コストが高くなるという問題がある。

【0004】

このような問題を回避する方策として、小型の誘導加熱コイルを用いた移動焼入が採用される場合がある。この移動焼入においては、軌道輪の加熱すべき環状の領域の一部に対向して配置され、当該領域に沿って相対的に移動するコイルを用いて高周波誘導加熱を実施し、加熱された領域に対してコイルの通過直後に水などの冷却液を噴射することにより、当該領域を順次焼入硬化する。しかし、単にこの移動焼入を採用した場合、焼入が開始された領域（焼入開始領域）からコイルが一回りし、最後に焼入を実施すべき領域（焼入終了領域）を焼入硬化する際、焼入開始領域と焼入終了領域とが部分的に重複する。そのため、重複した領域が再焼入されることによる焼割れの発生が懸念される。また、上記重複した領域に隣接する領域は、焼入終了領域の加熱に伴って A_1 点以下の温度に加熱されて焼戻されるため、硬度が低下するおそれもある。そのため、移動焼入が採用される場合、焼入開始領域と焼入終了領域との間に焼入を実施しない領域（ソフトゾーン）を残存させる対策が採られるのが一般的である。このソフトゾーンは、硬度が低いため降伏強度が低く、また耐摩耗性も不十分である。そのため、軌道輪にソフトゾーンを形成した場合、当該ソフトゾーンが負荷域とならないように配慮する必要がある。

10

20

【0005】

これに対し、ソフトゾーンを形成する上記移動焼入を実施した後、ソフトゾーンに相当する領域を切除するとともに、当該領域に焼入を施した栓体を嵌め込む方法が提案されている（たとえば、特許文献1参照）。これにより、硬度の低いソフトゾーンが残存することを回避することができる。

【0006】

また、軌道輪の周方向反対向きに移動する2つのコイルを用いて、ソフトゾーンの形成を回避する方法も提案されている（たとえば、特許文献2参照）。この方法では、2つのコイルが互いに隣接するように配置された状態で焼入を開始し、再度衝合する位置で焼入を終了することにより、ソフトゾーンの形成を回避しつつ、再焼入される領域の発生をも回避することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平6-17823号公報

【特許文献2】特開平6-200326号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記特許文献1に開示された方法では、軌道輪を製造するための工数が大幅に増加するという問題がある。また、上記特許文献2に開示された方法では、最後に焼入される領域に焼入硬化に伴う残留応力が集中し、熱処理ひずみや焼割れの発生が懸念される。

【0009】

また、従来の軌道輪の高周波焼入においては、コイルにおいて軌道輪に面して軌道輪の加熱に寄与する領域（誘導加熱領域）は軌道輪の形状に対応した曲面形状を有している。そのため、大きさや形状の異なる軌道輪の焼入を実施する場合、それぞれの軌道輪の形状

50

に応じたコイルが必要となり、焼入装置の製作コストが高くなる。

【0010】

本発明は上述のような問題を解決するためになされたものであり、その目的は、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって均質に形成することが可能な軌道輪および転がり軸受の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に従った軌道輪の製造方法は、転がり軸受の軌道輪の製造方法である。この軌道輪の製造方法は、鋼から構成される成形体を準備する工程と、成形体において軌道輪の転走面となるべき環状領域の一部に面するように配置され、成形体を誘導加熱する誘導加熱コイルを、環状領域の周方向に沿って相対的に回転させることにより、成形体に A_1 点以上の温度に加熱された環状の加熱領域を形成する工程と、加熱領域全体を M_s 点以下の温度に同時に冷却する工程と、加熱領域を形成する工程の後、冷却する工程の前に、成形体を加熱が停止された状態に保持する工程とを備えている。そして、加熱領域を形成する工程では、環状領域に面して環状領域の加熱に寄与する領域（誘導加熱領域）が同一平面内に含まれる形状を有する誘導加熱コイルが用いられる。

10

【0012】

本発明の軌道輪の製造方法においては、転走面となるべき環状領域の一部に面するように配置された誘導加熱コイルが周方向に沿って相対的に回転することにより、成形体に加熱領域が形成される。そのため、軌道輪の外形形状に対して小さい誘導加熱コイルを採用することが可能である。その結果、大型の軌道輪を焼入硬化する場合でも、焼入装置の製作コストを抑制することができる。また、本発明の軌道輪の製造方法においては、加熱領域全体が M_s 点以下の温度に同時に冷却される。そのため、焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって同時に形成することが可能となり、一部の領域に残留応力が集中することが抑制される。

20

【0013】

さらに、本発明の軌道輪の製造方法においては、誘導加熱領域が同一平面内に含まれる形状を有する誘導加熱コイルが用いられる。そのため、大きさや形状の異なる軌道輪の焼入を実施する場合でも、それぞれの軌道輪の形状に応じたコイルは必要なく、焼入装置の製作コストを低減することができる。以上のように、本発明の軌道輪の製造方法によれば、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって均質に形成することができる。

30

【0014】

なお、 A_1 点とは鋼を加熱した場合に、鋼の組織がフェライトからオーステナイトに変態を開始する温度に相当する点をいう。また、 M_s 点とはオーステナイト化した鋼が冷却される際に、マルテンサイト化を開始する温度に相当する点をいう。

【0015】

上記軌道輪の製造方法において好ましくは、加熱領域を形成する工程では、誘導加熱コイルは、成形体の周方向に沿って複数個配置される。これにより、転走面（環状領域）の周方向における温度のばらつきを抑制し、均質な焼入硬化を実現することができる。

40

【0016】

上記軌道輪の製造方法において好ましくは、加熱領域を形成する工程では、複数個の誘導加熱コイルは、成形体の周方向に沿って等間隔に配置される。これにより、転走面（環状領域）の周方向における温度のばらつきを抑制し、一層均質な焼入硬化を実現することができる。

【0017】

上記軌道輪の製造方法において好ましくは、加熱領域を形成する工程では、誘導加熱コイルは、成形体の周方向に沿って相対的に 2 周以上回転する。これにより、転走面（環状領域）の周方向における温度のばらつきを抑制し、均質な焼入硬化を実現することができ

50

る。

【0018】

上記軌道輪の製造方法において好ましくは、加熱領域を形成する工程では、加熱領域の複数箇所の温度が測定される。これにより、転走面の周方向において均質な加熱が実現されていることを確認した上で加熱領域を急冷して、焼入硬化処理を実施することができる。その結果、転走面の周方向において均質な焼入硬化を実現することができる。

【0019】

上記軌道輪の製造方法においては、成形体を準備する工程では、0.43質量%以上0.65質量%以下の炭素と、0.15質量%以上0.35質量%以下の珪素と、0.60質量%以上1.10質量%以下のマンガンと、0.30質量%以上1.20質量%以下のクロムと、0.15質量%以上0.75質量%以下のモリブデンとを含有し、残部鉄および不純物からなる鋼から構成される成形体が準備されてもよい。

【0020】

また、上記軌道輪の製造方法においては、成形体を準備する工程では、0.43質量%以上0.65質量%以下の炭素と、0.15質量%以上0.35質量%以下の珪素と、0.60質量%以上1.10質量%以下のマンガンと、0.30質量%以上1.20質量%以下のクロムと、0.15質量%以上0.75質量%以下のモリブデンと、0.35質量%以上0.75質量%以下のニッケルとを含有し、残部鉄および不純物からなる鋼から構成される成形体が準備されてもよい。

【0021】

このような成分組成の鋼を素材として採用することにより、焼入硬化により十分に高い硬度を実現できるとともに、高い焼入性を確保しつつ焼割れを抑制することができる。

【0022】

ここで、成形体を構成する鋼の成分範囲、すなわち製造される軌道輪を構成する鋼の成分範囲を上記の範囲とすることが好ましい理由について説明する。

【0023】

炭素：0.43質量%以上0.65%質量%以下

炭素含有量は、焼入硬化後における軌道輪の転走面の硬度に大きな影響を与える。軌道輪を構成する鋼の炭素含有量が0.43質量%未満では、焼入硬化後における転走面に十分な硬度を付与することが困難となるおそれがある。一方、炭素含有量が0.65質量%を超えると、焼入硬化の際の割れの発生（焼割れ）が懸念される。そのため、炭素含有量は0.43質量%以上0.65%質量%以下とすることが好ましい。

【0024】

珪素：0.15質量%以上0.35質量%以下

珪素は、鋼の焼戻軟化抵抗の向上に寄与する。軌道輪を構成する鋼の珪素含有量が0.15質量%未満では、焼戻軟化抵抗が不十分となり、焼入硬化後の焼戻や、軌道輪の使用中における温度上昇により転走面の硬度が大幅に低下する可能性がある。一方、珪素含有量が0.35質量%を超えると、焼入前の素材の硬度が高くなり、素材を軌道輪に成形する際の冷間加工における加工性が低下するおそれがある。そのため、珪素含有量は0.15質量%以上0.35質量%以下とすることが好ましい。

【0025】

マンガン：0.60質量%以上1.10質量%以下

マンガンは、鋼の焼入性の向上に寄与する。マンガン含有量が0.60質量%未満では、この効果が十分に得られない。一方、マンガン含有量が1.10質量%を超えると、焼入前の素材の硬度が高くなり、冷間加工における加工性が低下する。そのため、マンガン含有量は0.60質量%以上1.10質量%以下とすることが好ましい。

【0026】

クロム：0.30質量%以上1.20質量%以下

クロムは、鋼の焼入性の向上に寄与する。クロム含有量が0.30質量%未満では、この効果が十分に得られない。一方、クロム含有量が1.20質量%を超えると、素材コス

10

20

30

40

50

トが高くなるという問題が生じる。そのため、クロム含有量は0.30質量%以上1.20質量%以下とすることが好ましい。

【0027】

モリブデン：0.15質量%以上0.75質量%以下

モリブデンも、鋼の焼入性の向上に寄与する。モリブデン含有量が0.15質量%未満では、この効果が十分に得られない。一方、モリブデン含有量が0.75質量%を超えると、素材コストが高くなるという問題が生じる。そのため、モリブデン含有量は0.15質量%以上0.75質量%以下とすることが好ましい。

【0028】

ニッケル：0.35質量%以上0.75質量%以下

10

ニッケルも、鋼の焼入性の向上に寄与する。ニッケルは、軌道輪の外形が大きい場合など、軌道輪を構成する鋼に特に高い焼入性が求められる場合に添加することができる。ニッケル含有量が0.35質量%未満では、焼入性向上の効果が十分に得られない。一方、ニッケル含有量が0.75質量%を超えると、焼入後における残留オーステナイト量が多くなり、硬さの低下、寸法安定性の低下などの原因となるおそれがある。そのため、ニッケルは軌道輪を構成する鋼に0.35質量%以上0.75質量%以下の範囲で添加されることが好ましい。

【0029】

上記軌道輪の製造方法においては、加熱領域を形成する工程よりも前に、成形体に焼ならし処理を実施する工程をさらに備えていてもよい。

20

【0030】

高周波焼入により転走面を含む領域が部分的に焼入硬化されて製造される軌道輪においては、焼入硬化されない領域（非硬化領域）においても所定の強度を確保可能な硬度を有している必要がある。そして、非硬化領域において所定の硬度を確保するためには、高周波焼入処理前に成形体（軌道輪）全体に焼入処理を実施した後、さらに焼戻し処理を実施してもよい。しかし、炭素含有量が比較的高く、かつ焼入性の高い成分組成を有する鋼が素材として採用される場合、焼割れが発生しやすいという問題がある。一方、そのような成分組成の鋼からなる成形体においては、焼ならし処理により十分な硬度を確保することができる。そのため、上記焼入および焼戻による硬度の確保に代えて、焼ならし処理を高周波焼入の前に実施しておくことにより、非硬化領域に適切な硬度を付与することができる。

30

【0031】

上記軌道輪の製造方法においては、焼ならし処理を実施する工程では、成形体に気体とともに硬質の粒子が吹き付けられることにより、成形体が冷却されつつショットblast処理が実施されてもよい。

【0032】

これにより、焼ならし処理の際の衝風冷却と同時にショットblast処理を実施することができる。そのため、焼きならし処理の加熱によって成形体の表層部に生成したスケールが除去され、スケールの生成に起因した軌道輪の特性低下やスケールの生成による熱伝導率の低下が抑制される。

40

【0033】

本発明に従った転がり軸受の製造方法は、軌道輪を準備する工程と、転動体を準備する工程と、軌道輪と転動体とを組み合わせて転がり軸受を組み立てる工程とを備えている。そして、軌道輪は、上記本発明の軌道輪の製造方法により製造されて準備される。

【0034】

軌道輪を上記本発明の軌道輪の製造方法により製造することにより、本発明の転がり軸受の製造方法によれば、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層が転走面に沿って全周にわたって均質に形成された軌道輪を備えた転がり軸受を製造することができる。

【0035】

50

上記転がり軸受の製造方法においては、上記転がり軸受は、風力発電装置において、ブレードに接続された主軸を主軸に隣接する部材に対して回転自在に支持する風力発電装置用転がり軸受として用いられるものであってもよい。上述のように、大型の軌道輪の転走面を含む領域に焼入硬化層を低コストで形成可能な本発明の転がり軸受の製造方法は、風力発電装置用転がり軸受の製造方法として好適である。

【発明の効果】

【0036】

以上の説明から明らかなように、本発明の軌道輪および転がり軸受の製造方法によれば、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって均質に形成することが可能な軌道輪および転がり軸受の製造方法を提供することができる。10

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】転がり軸受の軌道輪および転がり軸受の製造方法の概略を示すフローチャートである。

【図2】焼入硬化工程を説明するための概略図である。

【図3】図2の線分I—I-I—I—Iに沿う断面を示す概略断面図である。

【図4】実施の形態2における焼入硬化工程を説明するための概略図である。

【図5】実施の形態3における焼入硬化工程を説明するための概略図である。

【図6】風力発電装置用転がり軸受を備えた風力発電装置の構成を示す概略図である。20

【図7】図6における主軸用軸受の周辺を拡大して示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰り返さない。

【0039】

(実施の形態1)

まず、本発明の一実施の形態である実施の形態1について説明する。以下、軌道輪の製造方法としては主に内輪の製造方法について説明するが、外輪についても同様に製造することができる。30

【0040】

図1を参照して、本実施の形態における内輪の製造方法では、まず工程(S10)として成形体準備工程が実施される。この工程(S10)では、高周波焼入処理に適した任意の成分組成を有する鋼材、たとえば0.43質量%以上0.65質量%以下の炭素と、0.15質量%以上0.35質量%以下の珪素と、0.60質量%以上1.10質量%以下のマンガンと、0.30質量%以上1.20質量%以下のクロムと、0.15質量%以上0.75質量%以下のモリブデンとを含有し、残部鉄および不純物からなる鋼材が準備され、鍛造、旋削などの加工が実施されることにより、所望の内輪の形状に応じた形状を有する成形体が作製される。より具体的には、1000mm以上の内径を有する内輪の形状に応じた成形体が作製される。ここで、製造すべき内輪が特に大きく、鋼により高い焼入性が求められる場合、上記合金成分に加えて0.35質量%以上0.75質量%以下のニッケルを添加した鋼材を採用してもよい。上記成分組成を満足する鋼としては、たとえばJIS規格SUP13、SCM445、SAE規格8660Hなどが挙げられる。40

【0041】

次に、工程(S20)として、焼ならし工程が実施される。この工程(S20)では、工程(S10)において作製された成形体がA₁変態点以上の温度に加熱された後、A₁変態点未満の温度に冷却されることにより焼ならし処理が実施される。このとき、焼ならし処理の冷却時における冷却速度は、成形体を構成する鋼がマルテンサイトに変態しない冷却速度、すなわち臨界冷却速度未満の冷却速度であればよい。そして、焼ならし処理後の成形体の硬度は、この冷却速度が大きくなると高く、冷却速度が小さくなると低くなる50

。そのため、当該冷却速度を調整することにより、所望の硬度を成形体に付与することができる。

【0042】

次に、図1を参照して、焼入硬化工程が実施される。この焼入硬化工程は、工程(S30)として実施される誘導加熱工程と、工程(S40)として実施される冷却工程とを含んでいる。工程(S30)では、図2および図3を参照して、誘導加熱コイルとしてのコイル21が、成形体10において転動体が転走すべき面である転走面11(環状領域)の一部に面するように配置される。ここで、コイル21において転走面11に面して転走面11の加熱に寄与する領域である誘導加熱領域21Aは、図2および図3に示すように同一平面内に含まれている。すなわち、コイル21において転走面11に対向する領域は、同一平面内に含まれる平面形状を有している。10

【0043】

次に、成形体10が中心軸周り、具体的には矢印の向きに回転されるとともに、コイル21に対して電源(図示しない)から高周波電流が供給される。これにより、成形体10の転走面11を含む表層領域がA₁点以上の温度に誘導加熱され、転走面11に沿った円環状の加熱領域11Aが形成される。このとき、転走面11の表面の温度は、放射温度計などの温度計22により測定され、管理される。

【0044】

次に、工程(S40)においては、工程(S30)において形成された加熱領域11Aを含む成形体10全体に対して、たとえば冷却液としての水が噴射されることにより、加熱領域11A全体がM_s点以下の温度に同時に冷却される。これにより、加熱領域11Aがマルテンサイトに変態し、転走面11を含む領域が硬化する。以上の手順により、高周波焼入が実施され、焼入硬化工程が完了する。20

【0045】

次に、工程(S50)として焼戻工程が実施される。この工程(S50)では、工程(S30)および(S40)において焼入硬化された成形体10が、たとえば炉内に装入され、A₁点以下の温度に加熱されて所定の時間保持されることにより、焼戻処理が実施される。

【0046】

次に、工程(S60)として仕上工程が実施される。この工程(S60)では、たとえば転走面11に対して研磨加工などの仕上げ加工が実施される。以上のプロセスにより、転がり軸受の内輪が完成し、本実施の形態における内輪の製造は完了する。その結果、図2および図3を参照して、1000mm以上の内径を有し、高周波焼入によって焼入硬化層が転走面11に沿って全周にわたって均質に形成された内輪10が完成する。30

【0047】

さらに、工程(S70)として組立工程が実施される。この工程(S70)では、上述のように作製された内輪10と、上記内輪10と同様に作製された外輪とが、別途準備された転動体、保持器などと組み合わされることにより、たとえば後述の図7に示す風力発電装置の主軸用軸受3が組み立てられる。以上の手順により、本実施の形態における転がり軸受の製造方法は完了する。40

【0048】

本実施の形態では、工程(S30)において、成形体10の転走面の一部に面するよう配置されたコイル21を周方向に沿って相対的に回転させることにより、成形体10に加熱領域11Aが形成される。そのため、成形体10の外形形状に対して小さいコイル21を採用することが可能となっており、大型の成形体10を焼入硬化する場合でも、焼入装置の製作コストを抑制することができる。また、本実施の形態では、加熱領域11A全体がM_s点以下の温度に同時に冷却される。そのため、周方向に均質な環状の焼入硬化領域を形成することが可能となり、一部の領域に残留応力が集中することが抑制される。

【0049】

さらに、本実施の形態では、工程(S30)において、誘導加熱領域が同一平面内に含50

まれる形状を有するコイル 21 が用いられる。そのため、大きさや形状の異なる成形体（内輪）10 の焼入を実施する場合でも、それぞれの成形体（内輪）の形状に応じたコイルは必要なく、焼入装置の製作コストを低減することができる。以上のように、本実施の形態における内輪の製造方法によれば、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって均質に形成することができる。

【0050】

また、本実施の形態における転がり軸受の製造方法によれば、高周波焼入によって焼入硬化層が転走面に沿って全周にわたって均質に形成された軌道輪を備える転がり軸受を低成本で製造することができる。

【0051】

なお、上記工程（S20）として実施される焼きならし工程は、本発明の軌道輪の製造方法において必須の工程ではないが、これを実施することにより焼割れの発生を抑制しつつ、JIS規格SUP13、SCM445、SAE規格8660Hなどの鋼からなる成形体の硬度を調整することができる。

10

【0052】

この工程（S20）では、成形体10に気体とともに硬質の粒子が吹き付けられることにより、成形体10が冷却されつつショットブラスト処理が実施されてもよい。これにより、焼ならし処理の際の衝風冷却と同時にショットブラスト処理を実施することができるため、成形体10の表層部に生成したスケールが除去され、スケールの生成に起因した内輪10の特性低下やスケールの生成による熱伝導率の低下が抑制される。ここで、硬質の粒子（投射材）としては、たとえば鋼や鋳鉄などからなる金属製の粒子を採用することができる。

20

【0053】

さらに、上記工程（S30）では、成形体10は少なくとも1回転すればよいが、周方向における温度のばらつきを抑制し、より均質な焼入硬化を実現するためには、複数回回転することが好ましい。すなわち、誘導加熱コイルとしてのコイル21は、成形体10の転走面11の周方向に沿って相対的に2周以上回転することが好ましい。

【0054】

（実施の形態2）

次に、本発明の他の実施の形態である実施の形態2について説明する。実施の形態2における内輪および転がり軸受の製造方法は、基本的には実施の形態1の場合と同様に実施され、同様の効果を奏する。しかし、実施の形態2における内輪および転がり軸受の製造方法は、工程（S30）におけるコイル21の配置において、実施の形態1の場合とは異なっている。

30

【0055】

すなわち、図4を参照して、実施の形態2における工程（S30）では、成形体10の外周面に形成された転走面11に沿って複数の（ここでは6個の）コイル21が配置される。そして、実施の形態1の場合と同様に、成形体10が矢印の向きに回転されるとともに、コイル21に対して電源（図示しない）から高周波電流が供給される。これにより、成形体10の転走面11を含む表層領域がA₁点以上の温度に誘導加熱され、転走面11に沿った円環状の加熱領域11Aが形成される。

40

【0056】

このように、コイル21が成形体10の周方向に沿って複数個配置されることにより、実施の形態2における転がり軸受の内輪の製造方法は、周方向における温度のばらつきを抑制し、均質な焼入硬化を実現可能な軌道輪の製造方法となっている。また、周方向における温度のばらつきを一層抑制するためには、コイル21は成形体10の周方向において等間隔に配置されることが好ましい。

【0057】

（実施の形態3）

次に、本発明のさらに他の実施の形態である実施の形態3について説明する。実施の形

50

態 3 における内輪の製造方法は、基本的には実施の形態 1 および 2 の場合と同様に実施され、同様の効果を奏する。しかし、実施の形態 3 における内輪の製造方法は、工程 (S 3 0) における温度計 2 2 の配置において、実施の形態 1 および 2 の場合とは異なっている。

【 0 0 5 8 】

すなわち、図 5 を参照して、実施の形態 3 における工程 (S 3 0) では、加熱領域である転走面 1 1 の複数箇所（ここでは 4 箇所）の温度が測定される。より具体的には、実施の形態 3 の工程 (S 3 0) では、成形体 1 0 の転走面 1 1 の周方向に沿って等間隔に複数の温度計 2 2 が配置される。

【 0 0 5 9 】

これにより、転走面 1 1 の周方向において同時に複数箇所の温度が測定されるため、転走面 1 1 の周方向において均質な加熱が実現されていることを確認した上で成形体 1 0 を急冷し、焼入硬化処理を実施することができる。その結果、実施の形態 3 における転がり軸受の内輪の製造方法によれば、転走面 1 1 の周方向において一層均質な焼入硬化を実現することができる。

10

【 0 0 6 0 】

なお、上記実施の形態においてはコイル 2 1 を固定し、成形体 1 0 を回転させる場合について説明したが、成形体 1 0 を固定し、コイル 2 1 を成形体 1 0 の周方向に回転させてもよいし、コイル 2 1 および成形体 1 0 の両方を回転させることにより、コイル 2 1 を成形体 1 0 の周方向に沿って相対的に回転させてもよい。ただし、コイル 2 1 には、コイル 2 1 に電流を供給する配線などが必要であるため、上述のようにコイル 2 1 を固定することが合理的である場合が多い。

20

【 0 0 6 1 】

また、上記実施の形態においては、軌道輪の一例としてラジアル型転がり軸受の内輪が製造される場合について説明したが、本発明を適用可能な軌道輪はこれに限られず、たとえばラジアル型転がり軸受の外輪であってもよいし、スラスト型軸受の軌道輪であってもよい。ここで、工程 (S 3 0) において、たとえばラジアル型転がり軸受の外輪を加熱する場合、コイル 2 1 を成形体の内周側に形成された転走面に面するように配置すればよい。また、工程 (S 3 0) において、たとえばスラスト型転がり軸受の軌道輪を加熱する場合、コイル 2 1 を成形体の端面側に形成された転走面に面するように配置すればよい。

30

【 0 0 6 2 】

また、周方向における温度のばらつきを抑制するためには、誘導加熱完了後、M_s 点以下の温度への冷却前に、成形体を加熱が停止された状態に保持する工程を設けることが好ましい。

【 0 0 6 3 】

（実施の形態 4 ）

次に、本発明の転がり軸受の製造方法により製造された転がり軸受が風力発電装置用軸受（風力発電装置用転がり軸受）として用いられる実施の形態 4 について説明する。

【 0 0 6 4 】

図 6 を参照して、風力発電装置 5 0 は、旋回翼であるブレード 5 2 と、ブレード 5 2 の中心軸を含むように、一端においてブレード 5 2 に接続された主軸 5 1 と、主軸 5 1 の他端に接続された增速機 5 4 とを備えている。さらに、增速機 5 4 は、出力軸 5 5 を含んでおり、出力軸 5 5 は、発電機 5 6 に接続されている。主軸 5 1 は、風力発電装置用転がり軸受である主軸用軸受 3 により、軸まわりに回転自在に支持されている。また、主軸用軸受 3 は、主軸 5 1 の軸方向に複数個（図 6 では 2 個）並べて配置されており、それぞれハウジング 5 3 により保持されている。主軸用軸受 3 、ハウジング 5 3 、增速機 5 4 および発電機 5 6 は、機械室であるナセル 5 9 の内部に格納されている。そして、主軸 5 1 は一端においてナセル 5 9 から突出し、ブレード 5 2 に接続されている。

40

【 0 0 6 5 】

次に、風力発電装置 5 0 の動作について説明する。図 6 を参照して、風力を受けてブレ

50

ード 5 2 が周方向に回転すると、ブレード 5 2 に接続された主軸 5 1 は、主軸用軸受 3 によりハウジング 5 3 に対して支持されつつ、軸まわりに回転する。主軸 5 1 の回転は、増速機 5 4 に伝達されて增速され、出力軸 5 5 の軸まわりの回転に変換される。そして、出力軸 5 5 の回転は、発電機 5 6 に伝達され、電磁誘導作用により起電力が発生して発電が達成される。

【 0 0 6 6 】

次に、風力発電装置 5 0 の主軸 5 1 の支持構造について説明する。図 7 を参照して、風力発電装置用軸受としての主軸用軸受 3 は、風力発電装置用軸受の軌道輪としての環状の外輪 3 1 と、外輪 3 1 の内周側に配置された風力発電装置用軸受の軌道輪としての環状の内輪 3 2 と、外輪 3 1 と内輪 3 2 との間に配置され、円環状の保持器 3 4 に保持された複数のころ 3 3 を備えている。外輪 3 1 の内周面には外輪転走面 3 1 A が形成されており、内輪 3 2 の外周面には内輪転走面 3 2 A が形成されている。そして、内輪転走面 3 2 A が、外輪転走面 3 1 A に対向するように、外輪 3 1 と内輪 3 2 とは配置されている。さらに、複数のころ 3 3 は、2つの内輪転走面 3 2 A のそれぞれに沿って、外輪転走面 3 1 A と内輪転走面 3 2 A とに、ころ接触面 3 3 A において接触し、かつ保持器 3 4 に保持されて周方向に所定のピッチで配置されることにより複列(2列)の円環状の軌道上に転動自在に保持されている。また、外輪 3 1 には、外輪 3 1 を径方向に貫通する貫通孔 3 1 E が形成されている。この貫通孔 3 1 E を通して、外輪 3 1 と内輪 3 2 の間の空間に潤滑剤を供給することができる。以上の構成により、主軸用軸受 3 の外輪 3 1 および内輪 3 2 は、互いに相対的に回転可能となっている。

10

20

【 0 0 6 7 】

一方、ブレード 5 2 に接続された主軸 5 1 は、主軸用軸受 3 の内輪 3 2 を貫通するとともに、外周面 5 1 A において内輪の内周面である嵌め合い面 3 2 F に接触し、内輪 3 2 に対して嵌め込まれて固定されている。また、主軸用軸受 3 の外輪 3 1 は、ハウジング 5 3 に形成された貫通孔の内壁 5 3 A に外周面である嵌め合い面 3 1 F において接触するように嵌め込まれ、ハウジング 5 3 に対して固定されている。以上の構成により、ブレード 5 2 に接続された主軸 5 1 は、内輪 3 2 と一緒に、外輪 3 1 およびハウジング 5 3 に対して軸まわりに回転可能となっている。

【 0 0 6 8 】

さらに、内輪転走面 3 2 A の幅方向両端には、外輪 3 1 に向けて突出する鍔部 3 2 E が形成されている。これにより、ブレード 5 2 が風を受けることにより発生する主軸 5 1 の軸方向(アキシャル方向)の荷重が支持される。また、外輪転走面 3 1 A は、球面形状を有している。そのため、外輪 3 1 と内輪 3 2 とは、ころ 3 3 の転走方向に垂直な断面において、当該球面の中心を中心として互いに角度をなすことができる。すなわち、主軸用軸受 3 は、複列自動調心ころ軸受である。その結果、ブレード 5 2 が風を受けることにより主軸 5 1 が撓んだ場合であっても、ハウジング 5 3 は、主軸用軸受 3 を介して主軸 5 1 を安定して回転自在に保持することができる。

30

【 0 0 6 9 】

そして、実施の形態 4 における風力発電装置用軸受の軌道輪としての外輪 3 1 および内輪 3 2 は、たとえば上記実施の形態 1 ~ 3 に記載の軌道輪の製造方法により製造されている。この外輪 3 1 および内輪 3 2 は、1000 mm 以上の内径を有する風力発電装置用軸受の軌道輪である。そして、外輪 3 1 および内輪 3 2 には、高周波焼入によって焼入硬化層が外輪転走面 3 1 A および内輪転走面 3 2 A に沿って全周にわたって均質に形成されている。すなわち、外輪 3 1 および内輪 3 2 は、1000 mm 以上の内径を有するとともに、高周波焼入により形成され、周方向に沿った円環形状の一様な深さの焼入硬化層を有し、当該焼入硬化層の表面が、それぞれ外輪転走面 3 1 A および内輪転走面 3 2 A となっている。その結果、上記外輪 3 1 および内輪 3 2 は、熱処理のコストが抑制されつつ、高周波焼入によって焼入硬化層が転走面に沿って全周にわたって均質に形成された大型の軌道輪となっており、過酷な環境下においても使用可能な風力発電装置用軸受を構成する軌道輪となっている。

40

50

【 0 0 7 0 】

なお、本発明の軌道輪および転がり軸受の製造方法は、大型の転がり軸受の軌道輪および大型の転がり軸受の製造に好適である。上記実施の形態4においては、大型の転がり軸受の一例として風力発電装置用軸受について説明したが、他の大型の転がり軸受への適用も可能である。具体的には、たとえばCTスキャナのX線照射部が設置された回転架台を、当該回転架台に対向するように配置される固定架台に対して回転自在に支持するCTスキャナ用転がり軸受の軌道輪およびCTスキャナ用転がり軸受の製造に、本発明の軌道輪および転がり軸受の製造方法を好適に適用することができる。また、本発明の軌道輪および転がり軸受の製造方法は、たとえば深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受、円すいころ軸受、自動調心ころ軸受、スラスト玉軸受など、任意の転がり軸受の軌道輪および転がり軸受に適用可能である。10

【 0 0 7 1 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

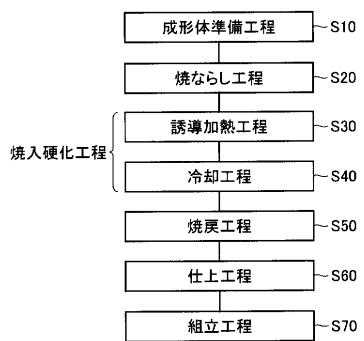
【 産業上の利用可能性】**【 0 0 7 2 】**

本発明の軌道輪および転がり軸受の製造方法は、焼入装置の製作コストを抑制しつつ、高周波焼入によって焼入硬化層を転走面に沿って全周にわたって均質に形成することが求められる軌道輪および転がり軸受の製造に、特に有利に適用され得る。20

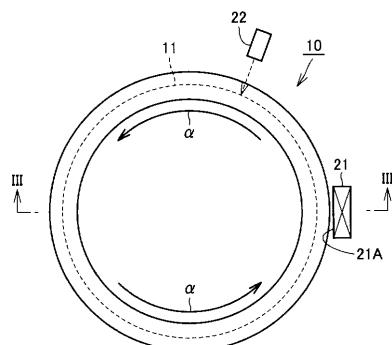
【 符号の説明】**【 0 0 7 3 】**

3 主軸用軸受、10 成形体(内輪)、11 転走面、11A 加熱領域、21 コイル、21A 誘導加熱領域、22 温度計、31 外輪、31A 外輪転走面、31E 貫通孔、31F 嵌め合い面、32 内輪、32A 内輪転走面、32E 銛部、32F 嵌め合い面、33 ころ、33A ころ接触面、34 保持器、50 風力発電装置、51 主軸、51A 外周面、52 ブレード、53 ハウジング、53A 内壁、54 増速機、55 出力軸、56 発電機、59 ナセル。

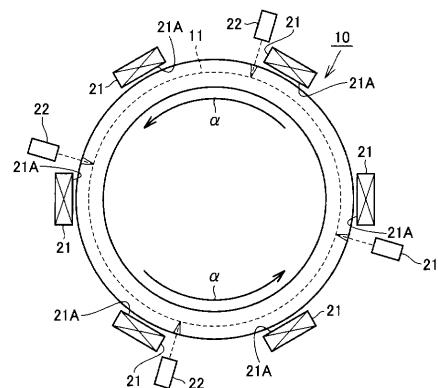
【図1】



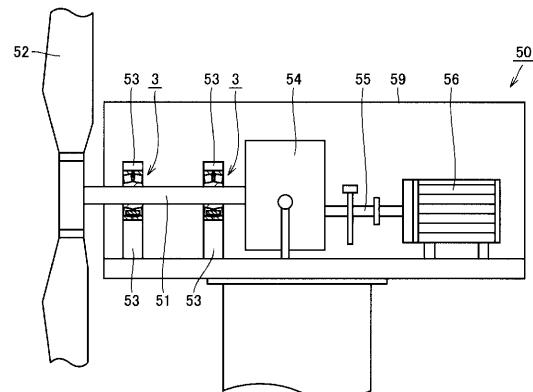
【図2】



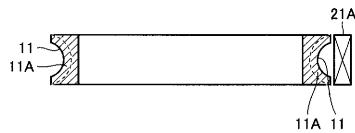
【図5】



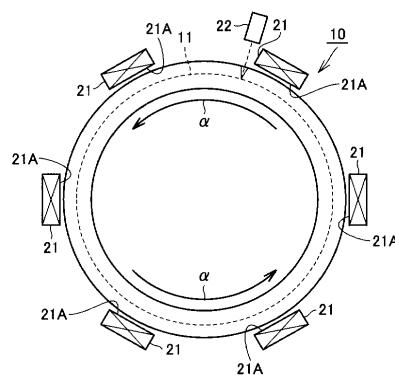
【図6】



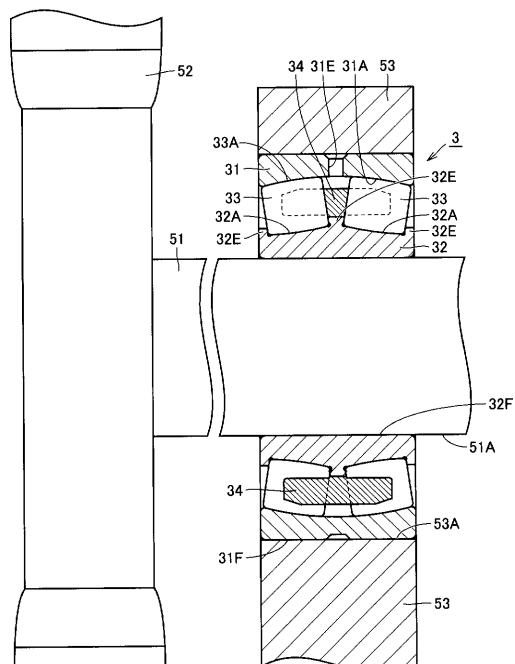
【 図 3 】



【図4】



【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
C 2 2 C 38/44 (2006.01)	C 2 2 C 38/22
B 2 4 C 1/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/44
F 1 6 C 33/62 (2006.01)	B 2 4 C 1/00
F 1 6 C 33/64 (2006.01)	F 1 6 C 33/62
	F 1 6 C 33/64

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 大木 力

三重県桑名市陽だまりの丘5丁目105番 NTN株式会社内

(72)発明者 八木田 和寛

三重県桑名市陽だまりの丘5丁目105番 NTN株式会社内

(72)発明者 結城 敬史

三重県桑名市陽だまりの丘5丁目105番 NTN株式会社内

審査官 静野 朋季

(56)参考文献 特開2008-303402 (JP, A)

特開昭60-145324 (JP, A)

特開平04-000349 (JP, A)

特開2004-100946 (JP, A)

特開2009-156295 (JP, A)

特開2009-197312 (JP, A)

特開2005-133123 (JP, A)

特開2004-044802 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 1 D 9 / 0 0 - 9 / 4 4