

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

軌道輪の製造方法であって、

鋼材および前記鋼材から前記軌道輪を得るための成形台を準備する工程と、

前記鋼材を前記成形台に設置する工程と、

前記成形台において前記鋼材を A_1 変態点以上の温度に加熱した後に前記鋼材の一部をリング状に打ち抜き、その後、前記成形台においてリング状の前記鋼材を焼入れ処理することにより前記軌道輪を得る工程とを備え、

前記軌道輪を得る工程では、前記鋼材の表面に沿った少なくとも一方向において前記成形台を挟んで間隔を隔てた前記鋼材の第 1 部分と第 2 部分との間に張力を加えた状態で、前記加熱と前記打ち抜きとを行い、

前記張力は、前記第 1 部分と前記第 2 部分との間隔を、前記軌道輪を得る工程において前記温度に加熱されることによる前記鋼材の前記第 1 部分と前記第 2 部分との間隔の熱膨張量に対応する長さ分広げるように印加され、

前記成形台は、前記鋼材を打ち抜くための第 1 の型および前記第 1 の型に対向する第 2 の型を含み、前記第 1 の型または前記第 2 の型の成形面は凹形状の曲面を有する、軌道輪の製造方法。

【請求項 2】

前記成形台のうち前記凹形状の曲面を有する型に対向する型は平坦な表面を有する、請求項 1 に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 3】

前記鋼材は、0.4 質量%以上の炭素を含み、2 mm 以下の厚みを有しており、かつ前記厚み方向においてリング状に打ち抜かれる、請求項 1 または 2 に記載の軌道輪の製造方法。

【請求項 4】

前記軌道輪を得る工程において、前記鋼材は、通電加熱、間接抵抗加熱、誘導加熱、接触伝熱、および遠赤外線加熱からなる群から選択される少なくともいずれか 1 つの方法により加熱される、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】

700HV 以上の硬度を有する前記軌道輪が得られる、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】

前記焼入れ処理の前に、前記成形台においてリング状の前記鋼材に成形加工が施され、

前記成形加工では、リング状の前記鋼材の内周部または外周部が、リング状の前記鋼材の厚み方向に向くように折り曲げられる、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の軌道輪の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、軌道輪の製造方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、スラストニードル軸受の軌道輪は、以下の工程により製造されている。まず、圧延された薄板状の鋼材がコイル状に巻き取られたコイル材が準備される。次に、このコイル材から巻き戻された薄板状の鋼材に対して打抜き加工および成形加工が順に施される。これにより、軌道輪の概略形状を有するリング状の成形体得られる。次に、熱処理前の段取り工程が実施される。そして、リング状の成形体に対して浸炭処理などの熱処理が施される。その後、衝風を当てて成形体を冷却することにより、当該成形体に焼入れ処理が施される。最後に、焼入れ後の成形体にプレステンパー（焼戻処理）を施すことにより、当該成形体の形状が整えられる。上記のような工程により、スラストニードル軸受の軌道

10

20

30

40

50

輪が製造されている。

【 0 0 0 3 】

また鋼材の成形加工技術として、たとえば特開 2 0 0 8 - 2 9 6 2 6 2 号公報 (特許文献 1) に開示されるようなダイクエンチ工法が知られている。このダイクエンチ工法は、加熱された鋼材をプレス成形すると同時にダイにより急冷して焼入れ処理を行う技術である。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 2 9 6 2 6 2 号公報

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、ダイクエンチ工法により成形された軌道輪は、エッジロードと呼ばれる問題が発生する可能性がある。エッジロードは、転動体とこれを挟む軌道輪とが直線状の接触面を形成して接触することにより、当該接触面の端部が特に外力負荷の悪影響を受けやすくなる不具合のことである。またエッジロードに起因して転動体の作動滑りが発生する可能性がある。作動滑りとは、転動体が転がるときのこれを挟む軌道輪との間の面の部分で発生する互いに反対方向の滑り運動のことであり、作動滑りにより当該軌道輪を含む軸受の動作性が低下する問題がある。特開 2 0 0 8 - 2 9 6 2 6 2 号公報においては、これら

20

【 0 0 0 6 】

本発明は上記の問題に鑑みなされたものであり、その目的は、エッジロードによる破損を抑制し、作動滑りによる発熱を低減することが可能な軌道輪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 】

【 0 0 0 7 】

本発明に係る軌道輪の製造方法は、鋼材および鋼材から軌道輪を得るための成形台を準備する工程と、鋼材を成形台に設置する工程と、成形台において鋼材を A_1 変態点以上の温度に加熱した後に鋼材の一部をリング状に打ち抜き、その後、成形台においてリング状の鋼材を焼入れ処理することにより軌道輪を得る工程とを備える。上記軌道輪を得る工程では、鋼材の表面に沿った少なくとも一方向において成形台を挟んで間隔を隔てた鋼材の第 1 部分と第 2 部分との間に張力を加えた状態で、加熱と打ち抜きとを行う。上記張力は、第 1 部分と第 2 部分との間隔を、軌道輪を得る工程において上記温度に加熱されることによる鋼材の第 1 部分と第 2 部分との間隔の熱膨張量に対応する長さ分広げるように印加される。成形台は、鋼材を打ち抜くための第 1 の型および第 1 の型に対向する第 2 の型を含み、第 1 の型または第 2 の型の成形面は凹形状の曲面を有する。

30

【 0 0 0 8 】

上記方法によれば、1 台の成形台を用いて鋼材の加熱、打ち抜きおよび焼入れの各工程がすべて時間的に連続してなされることが可能となるため、各処理の所要時間が短縮されて作業効率が非常に向上する。また鋼材に与える張力を上記のように印加することにより、鋼材から軌道輪を打ち抜く加工精度を高めることができる。

40

【 0 0 0 9 】

また上記方法によれば、成形台のうち第 1 の型または第 2 の型の成形面に凹形状の曲面を有する。これにより軌道輪は、転動体が接触する軌道輪転走面における接触面が凸形状の曲面を有する態様となる。このため形成される軌道輪転走面におけるエッジロードによる破損を抑制することができ、または作動滑りによる発熱を低減することができる。

【 0 0 1 0 】

上記軌道輪の製造方法においては、成形台のうち凹形状の曲面を有する型に対向する型は平坦な表面を有することが好ましい。これにより、形成される軌道輪のうち転動体が接

50

触する軌道輪転走面に対向する、転動体が接触しない側の軌道面は平坦な表面を有するように形成される。この平坦な表面が当該軌道輪を含むスラストニードル軸受全体の最表面に配置されるため、スラストニードル軸受の最表面が平坦となり、その載置および保管が容易となる。

【0011】

上記軌道輪の製造方法においては、鋼材は、0.4質量%以上の炭素を含み、2mm以下の厚みを有しており、かつ厚み方向においてリング状に打ち抜かれることが好ましい。これにより、焼入れ処理後において高い硬度を有する軌道輪を製造することができる。

【0012】

上記軌道輪の製造方法においては、軌道輪を得る工程において、鋼材は、通電加熱、間接抵抗加熱、誘導加熱、接触伝熱、および遠赤外線加熱からなる群から選択される少なくともいずれか1つの方法により加熱されることが好ましい。上記軌道輪の製造方法においては、700HV以上の硬度を有する軌道輪が得られることが好ましい。このようにすれば、鋼材に対して十分な焼入れ処理を行なうことにより、焼入れ処理後において高い硬度を有する軌道輪を製造することができる。

10

【0013】

上記軌道輪の製造方法においては、焼入れ処理の前に、成形台においてリング状の鋼材に成形加工が施され、上記成形加工では、リング状の鋼材の内周部または外周部が、リング状の鋼材の厚み方向に向くように折り曲げられることが好ましい。このようにすれば、成形加工についても加熱、打ち抜きおよび焼入れの各工程と同一の成形台により1つの工程として時間的に連続してなされる。このため上記各工程が別々に実施される場合に比べて製造工程をより短縮することができる。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、形成される軌道輪転走面におけるエッジロードによる破損を抑制することができ、または作動滑りによる発熱を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態に係るスラストニードルころ軸受の構成を示す概略断面図である。

30

【図2】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法を概略的に示すフローチャートである。

【図3】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法における、(A)鋼材に供給される電流の経時変化、(B)鋼材の温度の経時変化、(C)プレス機のストローク、(D)油圧式または空圧式チャックの動作、(E)第1および第2クランプ部の動作を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法に使用されるコイル材を示す概略斜視図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る機械部品製造装置の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第1例を用いて鋼材がプレス機に設置された状態を示す概略断面図である。

40

【図7】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第1例を用いて通電端子から鋼材に電流が供給される状態を示す概略断面図である。

【図8】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第1例を用いて鋼材がプレス機により打ち抜かれる状態を示す概略断面図である。

【図9】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第1例を用いてリング状に打ち抜かれた鋼材が焼入れ処理される状態を示す概略断面図である。

【図10】成形台の第1例を用いて形成された軌道輪の形状を示す概略断面図である。

【図11】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第2例を用いて鋼材がプレス機に設置された状態を示す概略断面図である。

50

【図 1 2】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第 3 例を用いて鋼材がプレス機に設置された状態を示す概略断面図である。

【図 1 3】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第 3 例を用いて通電端子から鋼材に電流が供給される状態を示す概略断面図である。

【図 1 4】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第 3 例を用いて鋼材がプレス機により打ち抜かれる状態を示す概略断面図である。

【図 1 5】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、リング状に打ち抜かれた鋼材が成形加工される状態を示す概略断面図である。

【図 1 6】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第 3 例を用いてリング状に打ち抜かれた鋼材が焼入処理される状態を示す概略断面図である。

10

【図 1 7】成形台の第 3 例を用いて形成された軌道輪の形状を示す概略断面図である。

【図 1 8】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法に使用されるプレス機に設けられた水冷回路を示す概略平面図である。

【図 1 9】鋼材の供給部を用いて鋼材に対して張力を加える方法を説明するための概略図である。

【図 2 0】鋼材の矯正部を用いて鋼材に対して張力を加える方法を説明するための概略図である。

【図 2 1】通電加熱を用いた加熱方法を説明するための概略図である。

【図 2 2】間接抵抗加熱を用いた加熱方法を説明するための概略図である。

【図 2 3】誘導加熱を用いた加熱方法を説明するための概略図である。

20

【図 2 4】接触伝熱を用いた加熱方法を説明するための概略図である。

【図 2 5】本発明の実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、成形台の第 4 例を用いてリング状に打ち抜かれた鋼材が焼入処理される状態を示す概略断面図である。

【図 2 6】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 2 7】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 2 8】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 2 9】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 3 0】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 3 1】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 3 2】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

30

【図 3 3】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 3 4】比較例における軌道輪の製造方法を説明するための概略図である。

【図 3 5】実施例に係る軌道輪の製造に用いた機械部品製造装置を示す概略断面図である。

【図 3 6】実施例に係る軌道輪の製造に用いたプレス部の凹形状の曲面を拡大して示す概略図である。

【図 3 7】実施例において形成された軌道輪の凸形状面を拡大して示す概略図である。

【図 3 8】実施例に係る軌道輪における鋼組織の写真である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

40

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。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、その説明は繰返さない。

【0017】

まず、本発明の一実施の形態に係るスラストニードルころ軸受 1 の構成について説明する。図 1 は、スラストニードルころ軸受 1 の軸方向に沿った断面構造を示している。図 1 を参照して、スラストニードルころ軸受 1 は、一对の軌道輪 1 1 と、複数のニードルころ 1 2 と、保持器 1 3 とを主に有している。

【0018】

軌道輪 1 1 は、たとえば炭素濃度が 0.4 質量%以上である鋼からなり、円盤形状を有している。軌道輪 1 1 は、一方の主面においてニードルころ 1 2 が接触する軌道輪転走面

50

11Aを有している。一对の軌道輪11は、軌道輪転走面11Aが互いに対向するように配置されている。軌道輪11は、ピッカース硬さが700HV以上である。軌道輪11の軌道輪転走面11Aにおける平面度は、約10μmである。

【0019】

ニードルころ12は鋼からなり、外周面においてころ転動面12Aを有している。ニードルころ12は、図1に示すように、ころ転動面12Aが軌道輪転走面11Aに接触するように、一对の軌道輪11の間に配置されている。

【0020】

保持器13はたとえば樹脂からなり、複数のニードルころ12を軌道輪11の周方向において所定のピッチで保持する。より具体的には、保持器13は、円環形状を有するとともに、周方向において等間隔に形成された複数のポケット（図示しない）を有している。そして、保持器13は、当該ポケットにおいてニードルころ13を収容する。

【0021】

複数のニードルころ12は、保持器13によって軌道輪11の周方向に沿った円環状の軌道上において転動自在に保持されている。以上の構成により、スラストニードルころ軸受1は、図1中の点線で囲まれた上側の領域Aの軌道輪11と、図1中の点線で囲まれた下側の領域Bの軌道輪11と的一对の軌道輪11が互いに相対的に回転可能に構成されている。また軌道輪11は、以下に説明する本実施の形態に係る軌道輪の製造方法により製造される。

【0022】

次に、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法について説明する。図2は、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法を概略的に示すフローチャートである。図3は、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法における、（A）鋼材に供給される電流の経時変化、（B）鋼材の温度の経時変化、（C）プレス機のストローク、（D）油圧式チャックの動作、（E）第1および第2クランプ部の動作をそれぞれ示している。以下、図2のフローチャートおよび図3のタイムチャートを主に参照しながら、図2および図3に付された「S0～S12」の順に本実施の形態に係る軌道輪の製造方法を説明する。

【0023】

まず、軌道輪11を得るための材料である鋼材が準備される（S0）。具体的には、図4を参照して、鋼材としてのコイル材2が準備される。コイル材2は、図4に示すように、圧延された薄板状の鋼材がコイル状に巻き取られたものである。

【0024】

コイル材2は、たとえば0.4質量%以上の炭素を含む鋼からなる。より具体的には、コイル材2は、たとえばSAE規格のSAE1070、機械構造用炭素鋼鋼材であるJIS規格のS40C、S45C、S50C、S55C、S60C、高炭素クロム軸受鋼であるJIS規格のSUJ2、炭素工具鋼鋼材であるJIS規格のSK85、SK95、機械構造用合金鋼鋼材であるJIS規格のSCM440、SCM445、合金工具鋼鋼材であるJIS規格のSKS5、SKS11、ばね鋼鋼材であるJIS規格のSUP13、またはステンレス鋼材であるJIS規格のSUS440Cなどの鋼からなる。またコイル材2は、2mm以下の厚みを有する薄板状の鋼材である。

【0025】

さらに、コイル材2から軌道輪11を得るための機械部品製造装置10が準備される（S0）。図5を参照して、機械部品製造装置10の構成を説明する。機械部品製造装置10は、成形台（加工部）3と、加熱部4と、張力付与部5と、制御部6とを備えている。

【0026】

まず、加工部3の構成の第1例について、図6を参照しながら説明する。図6は、加工部3の上下方向（図中両矢印に示す方向）に沿った断面を示している。加工部3は、コイル材2の一部を打ち抜くとともに打ち抜かれたコイル材2の一部を急冷して焼入れ処理するプレス機として構成されている。加工部3は、たとえば第1の型（たとえばパンチ）としてのプレス用ダイ30と、図6の上下方向に関してプレス用ダイ30に対向する第2の

10

20

30

40

50

型（たとえばダイ）としての成形用ダイ 3 1 , 3 2 を主に有している。

【 0 0 2 7 】

第 1 の型としてのプレス用ダイ 3 0 は、コイル材 2 を打ち抜く部分としての円筒状のプレス部 3 5 を有している。プレス部 3 5 は、コイル材 2 に接触させて、当該コイル材 2 の打抜き加工を行うための部分である。またプレス部 3 5 の図 6 における最下面すなわちコイル材 2 に対向する面には、凹形状の曲面 3 5 A が形成されている。なお凹形状の曲面 3 5 A は、プレス用ダイ 3 0 に形成されてもよいが、成形用ダイ 3 1 , 3 2 に形成されてもよい。またプレス用ダイ 3 0 は、図示しない駆動機構によって、成形用ダイ 3 1 , 3 2 に接近するように、または成形用ダイ 3 1 , 3 2 から離れるようにストロークさせることが可能となっている。

10

【 0 0 2 8 】

図 1 8 は、プレス部 3 5 を平面視した状態を示している。図 1 8 中破線で示すように、プレス部 3 5 の内部には、冷却水の通路となる水冷回路 3 5 C が周方向に沿って設けられている。図 1 8 では、冷却水の流れを示す矢印が付されている。このように冷却水を循環させてプレス部 3 5 を冷却することにより、当該プレス部 3 5 をコイル材 2 に接触させた際に、当該コイル材 2 の急速冷却（ダイクエンチ）を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

図 6 を参照して、第 2 の型としての成形用ダイ 3 1 , 3 2 は、上下方向においてプレス用ダイ 3 0 と対向するように配置されている。成形用ダイ 3 1 は、図 6 に示すように円柱形状を有している。成形用ダイ 3 2 は、成形用ダイ 3 1 の直径よりも大きい直径を有するリング形状からなる。成形用ダイ 3 2 は、径方向において成形用ダイ 3 1 との間に隙間を有するように、成形用ダイ 3 1 の外側に配置されている。図 8 に示すように、プレス用ダイ 3 0 が成形用ダイ 3 1 , 3 2 側へストロークされた場合、プレス部 3 5 が成形用ダイ 3 1 , 3 2 の隙間に位置する。

20

【 0 0 3 0 】

また第 2 の型は、成形用ダイ 3 1 , 3 2 のプレス用ダイ 3 0 と反対側（図 6 における下側）に、たとえば平板形状のベース部 3 6 を有している。ベース部 3 6 の上記成形用ダイ 3 1 , 3 2 の隙間に位置する領域は、第 2 の型のコイル材 2 を打ち抜く部分に相当するが、この領域におけるベース部 3 6 の表面は、基本的にベース部 3 6 の他の部分の表面と同様に平坦な表面を有している。なお成形用ダイ 3 1 , 3 2 が凹形状の曲面 3 5 A を有する場合には、プレス用ダイ 3 0 の曲面 3 5 A に対向する型の部分が平坦な表面を有している。

30

【 0 0 3 1 】

加熱部 4 は、コイル材 2 を後述する A_1 変態点以上の目標温度にまで加熱するためのものである。加熱部 4 は、通電加熱によりコイル材 2 を加熱可能に設けられており、コイル材 2 に直流電流を供給するための通電端子 4 1 と、通電端子 4 1 と接続されている直流安定化電源 4 2 とを主に含む。加熱部 4 は、直流安定化電源 4 2 から通電端子 4 1 を介してコイル材 2 を通電させることにより、コイル材 2 を加熱することができる。通電端子 4 1 は、たとえば後述する第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 よりも内側に位置し、コイル材 2 において第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 により張力が加えられている部分に接触可能に設けられている。直流安定化電源 4 2 は、ロードレギュレーション 0 . 2 % 以下、かつ、ラインレギュレーション 0 . 2 % 以下であるのが好ましい。直流安定化電源 4 2 は、サンプリング周期が 1 0 m s 以下であるのが好ましい。なお、ロードレギュレーションは、入力を一定に保ったまま負荷の電流を変化させたときの電圧変動であり、無負荷時の電圧計測により測定可能である。ロードレギュレーションは、無負荷時の電圧を E_0 、定格負荷時の定格電圧を E_L としたときに、 $(E_0 - E_L) / E_0 \times 100\%$ で表される。ラインレギュレーションは、入力電圧を変化させた場合の出力電圧の変動であり、負荷の電圧計測により測定可能である。ラインレギュレーションは、定格電源電圧時の出力電圧を E_R 、定格電源電圧の上限又は下限時の出力電圧を E_M としたときに、 $(E_R - E_M) / E_M \times 100\%$ で表される。サンプリング周期は、A - D 変換によるサンプリン

40

50

グ(標本化)による間隔 $T[s]$ の逆数 $f[Hz]$ である。

【0032】

張力付与部 5 は、コイル材 2 の表面に沿った少なくとも一方向にコイル材 2 に対し張力を付与するためのものである。張力付与部 5 は、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 を主に含む。第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、加工部 3 により打ち抜き加工されるコイル材 2 を固定し、かつコイル材 2 に対して張力を印加可能に設けられている。第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、コイル材 2 を上記上下方向から挟持している状態と、挟持していない状態とを変更可能に設けられている。第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、任意の構成を有していればよいが、たとえば油圧クランプやエアクランプであってもよい。

10

【0033】

第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、コイル材 2 の延在方向において、プレス用ダイ 3 0 および成形用ダイ 3 1, 3 2 を挟んで互いに対向する位置に設けられている。第 1 クランプ部 5 1 は上記延在方向においてコイル材 2 の供給側に配置され、第 2 クランプ部 5 2 は上記延在方向においてコイル材 2 の排出側に配置されている。言い換えると、コイル材 2 において第 1 クランプ部 5 1 に挟持された第 1 部分と第 2 クランプ部 5 2 に挟持された第 2 部分との間の少なくとも一部は、プレス用ダイ 3 0 と成形用ダイ 3 1, 3 2 との間に配置されている。

【0034】

第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、互いに対向する方向(コイル材 2 の延在方向)において相対的に移動可能に設けられている。たとえば、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 はそれぞれ油圧クランプであって油圧シリンダ(図 3 5 中の参照番号 5 3, 5 4)を含み、当該油圧シリンダにより上記対向する方向において互いに離れるように移動可能に設けられている。これにより、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、プレス用ダイ 3 0 と成形用ダイ 3 1, 3 2 との間に配置された当該コイル材 2 に対し、コイル材 2 の延在方向に張力を印加することができる。言い換えると、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 が上記対向する方向において相対的に離れるように移動することにより、コイル材 2 において第 1 クランプ部 5 1 に挟持された第 1 部分と第 2 クランプ部 5 2 に挟持された第 2 部分との間には張力が印加される。

20

【0035】

第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、コイル材 2 が後述する目標温度まで加熱されるときにたとえばコイル材 2 の上記第 1 部分と上記第 2 部分との間の熱膨張量以下だけ当該第 1 部分と当該第 2 部分との間隔を広げるように、コイル材 2 に対し張力を印加する。ここで、張力とは、コイル材 2 の延在方向の応力をいう。コイル材 2 の上記第 1 部分と上記第 2 部分との間の熱膨張量は、コイル材 2 の熱膨張係数(たとえば $10 \times 10^{-5} / ^\circ C$)、上記第 1 部分と上記第 2 部分との間隔 $L[mm]$ 、およびコイル材 2 のクランプ後の温度変化 ΔT を掛け合わせた量として考えることができる。第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、コイル材 2 に対して $0 MPa$ 超え $50 MPa$ 未満の張力を印加可能に設けられているのが好ましく、 $0 MPa$ 超え $30 MPa$ 以下の張力を印加可能に設けられているのがより好ましい。たとえば、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 は、コイル材 2 に対して $10 MPa$ の張力を印加可能に設けられている。コイル材 2 に印加される張力は、たとえば材料セット前にロードセルを用いることにより測定することができる。または、コイル材 2 に印加される張力は、クランプ装置の可動部にロードセルを取り付けることで測定することができる。

30

40

【0036】

制御部 6 は、加熱部 4 を制御するためのものである。制御部 6 は、加熱部 4 の出力(直流安定化電源 4 2 が通電端子 4 1 を介してコイル材 2 に供給する電流値)を制御可能に設けられている。制御部 6 は、加熱部 4 により加熱されたコイル材 2 が後述する目標温度に達する前に加熱部 4 の出力を低下させることができる。制御部 6 は、コイル材 2 の温度を測定する測温部(図示しない)を含んでいてもよい。この場合、制御部 6 は、当該測温部

50

により測定されたコイル材 2 の温度が上記目標温度より低い所定の温度に達したときに、加熱部 4 の出力を低下させることができる。制御部 6 は、たとえばコイル材 2 が上記目標温度の 80% 以上 95% 以下の温度に達したときに、加熱部 4 の出力を低下させる。制御部 6 は、加工部 3 を制御可能に設けられていてもよい。制御部 6 は、張力付与部 5 を制御可能に設けられていてもよい。制御部 6 は、加熱部 4 の出力または上記測温部により測定されたコイル材 2 の温度に応じて張力付与部 5 によりコイル材 2 に印加される張力を制御可能に設けられていてもよい。上記のような構成を有する機械部品製造装置 10 が準備される。

【0037】

次に、コイル材 2 が加工部 3 に設置される (S1)。具体的には、コイル材 2 が加工部 3 の第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 により挟持される (S2)。第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 には、コイル材 2 を保持するための圧力が供給される。

10

【0038】

次に、コイル材 2 に張力が加えられる (S3)。具体的には、第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 のうちの少なくとも一方がコイル材 2 の延在方向において他方から離れるように相対的に移動される。これにより、コイル材 2 において、第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 にそれぞれ保持されている部分の間に位置する領域には、第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 の相対的な移動量 (第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 間の距離の変化量) に応じた張力が加えられる。コイル材 2 に対して加えられる張力は、0 MPa 超え 50 MPa 未満であり、好ましくは 0 MPa 超え 30 MPa 以下である。第 1 クランプ部 51 および第 2 クランプ部 52 の相対的な位置関係は、少なくともプレス成形が終了する (S9) まで保持される。つまり、コイル材 2 に加えられる張力は、少なくとも加熱およびプレス成形が行われる間保持される。

20

【0039】

次に、通電加熱が開始される (S4)。具体的には、図 7 を参照して、まず通電端子 41 がコイル材 2 に接触させられる。そして、通電端子 41 を介してコイル材 2 に電流が供給される。これにより、コイル材 2 が電流の供給を受けることにより生じた発熱 (ジュール熱) によって加熱される (通電加熱)。このとき、直流安定化電源 42 によりコイル材 2 に供給される電流値 I_1 (図 3 参照) は、コイル材 2 を目標温度にまで短時間で加熱可能な値とすることができる。通電加熱は、任意の雰囲気下で実施し得るが、たとえば大気雰囲気 (酸素を含む雰囲気) 下で実施され得る。

30

【0040】

次に、通電加熱が開始された後、コイル材 2 の温度が目標温度に到達する前に、加熱部 4 の出力が低下される (S5)。好ましくはコイル材 2 が目標温度の 80% 以上 95% 以下の温度に達したときに、制御部 6 により直流安定化電源 42 がコイル材 2 に供給していた電流値が低下される。低下された後の電流値 I_2 (図 3 参照) は、コイル材 2 を目標温度まで昇温可能かつ目標温度で保持可能な値とすることができ、制御部 6 により制御される。このような電流値 I_2 がコイル材 2 に供給されることにより、コイル材 2 の温度が目標温度に到達するとともに、当該目標温度において一定時間保持される (S6)。コイル材 2 が目標温度において保持されている間にコイル材 2 に供給される電流値は、変動してもよく、たとえば図 3 に示されるように段階的に低下するように制御される。このようにして、コイル材 2 の通電加熱が完了する (S7)。

40

【0041】

コイル材 2 の加熱温度 (目標温度) は、当該コイル材 2 を構成する鋼の A_1 変態点以上の温度であって、たとえば 1000 である。「 A_1 変態点」とは、鋼を加熱した場合に、当該鋼の組織がフェライトからオーステナイトへ変態を開始する温度に相当する点をいう。そのため、上記通電加熱によって、コイル材 2 を構成する鋼の組織がオーステナイトに変態する。また、加熱部 4 の出力が低下されるとき温度 T_1 はコイル材 2 が上記目標温度の 80% 以上 95% 以下の温度であるのが好ましく、たとえば目標温度が 1000

50

の場合には温度 T_1 は800 以上950 以下であるのが好ましい。また、加熱部4によるコイル材2の加熱温度のオーバーシュートが上記目標温度の1%以内に抑制されているのが好ましい。

【0042】

通電加熱開始から完了までの加熱部4の出力は、フィードバック制御されていてもよい。たとえば、上記機械部品製造装置10がコイル材2の温度を測温可能な測温部を備え、通電加熱開始から完了までの加熱部4の出力は当該測温部により測定されたコイル材2の温度に基づいてフィードバック制御されていてもよい。好ましくは、通電加熱開始から完了までの加熱部4の出力の制御は、被加工材であるコイル材2に応じて予め出力パターンとして設定されているのが好ましい。たとえば、コイル材2に対して通電開始から供給される電流値 I_1 、当該電流値 I_1 が供給されたときにコイル材2が上記目標温度の80%以上95%以下に到達する時間、温度オーバーシュートを目標温度の1%以下に抑制可能な電流値 I_2 、当該電流値 I_2 が供給されたときにコイル材2が目標温度に到達する時間、および目標温度での保持時間を予め求めておき、加熱部4の出力パターンとして設定しておくのが好ましい。これにより、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法は、フィードバック制御により実施される場合と比べてフィードバック制御に係る時間（たとえば数ms以上数十ms以下）だけ製造時間を短縮することができ、高スループットを実現できる。

【0043】

次に、コイル材2のプレス成形が開始される（S8）。具体的には、図8を参照して、プレス用ダイ30が成形用ダイ31、32側へストロークする。これにより、図8に示すように、プレス部35がコイル材2に接触し、コイル材2の一部が当該コイル材2の厚み方向においてリング状に打ち抜かれる（S9）。これにより、リング状の成形体2Aが得られる。

【0044】

次に、図9を参照して、プレス用ダイ30がさらに成形用ダイ31、32側へストロークされることにより、成形体2Aの最上部がプレス用ダイ30のプレス部35の曲面35Aと接触する。そして、プレス用ダイ30がそのままストロークされることにより、下死点に到達する（S10）。

【0045】

これにより、成形体2Aが所望の形状となるように形成される。すなわち図10を参照して、打ち抜かれた後の成形体2Aは、リング状の軌道輪11として形成される。軌道輪11は、一方の主表面である軌道輪転走面11Aが凸形状面11Bを有するように形成されるが、凸形状面11Bとは反対側の主表面は平坦形状面11Cとして形成される。これは、凸形状面11Bは第1の型であるプレス用ダイ30の曲面35Aにより形成されるのに対し、平坦形状面11Cは第2の型である成形用ダイ31、32の平坦なベース部36により形成されるためである。

【0046】

再度図9を参照して、打ち抜かれた後の成形体2Aが加工部3（プレス用ダイ30、成形用ダイ31およびベース部36）と接触した状態において一定時間保持される。このとき、上記のようにプレス用ダイ30内の水冷回路35Cに冷却水が供給される（図18）。これにより、成形体2Aが M_s 点以下の温度にまで急冷されることにより、焼入れ処理が行われる。ここで、「 M_s 点（マルテンサイト変態点）」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。その結果、成形体2Aを構成する鋼の組織がマルテンサイトに変態する。このようにして、成形体2Aの焼入れ処理（ダイクエンチ）が完了する（S11）。最後に、コイル材2を保持するために第1クランプ部51および第2クランプ部52に供給されていた圧力がアンクランプされ（S12）、抜きカス材となったコイル材2および焼入れ処理が完了した成形体2Aが加工部3から取り出される。このとき、第1クランプ部51と第2クランプ部52との間のクランプ力を緩めることにより、コイル材2に加えられていた張力が緩められる（S12）。上記のような工程により、軌道輪11が製造され、本実施の形態に係る軌道輪

の製造方法が完了する。

【 0 0 4 7 】

再度図 1 0 を参照して、加工後の軌道輪 1 1 は、凸形状面 1 1 B が図 1 のニードルころ 1 2 に接するように配置される。したがって、図 1 の上側の領域 A の軌道輪 1 1 は、下側の面がニードルころ 1 2 に接触するため、平坦形状面 1 1 C が上側を向き凸形状面 1 1 B が下側を向くように配置される。また図 1 の下側の領域 B の軌道輪 1 1 は、上側の面がニードルころ 1 2 に接触するため、平坦形状面 1 1 C が下側を向き凸形状面 1 1 B が上側を向くように配置される。

【 0 0 4 8 】

次に図 1 1 を参照しながら、加工部 3 の構成の第 2 例について説明する。図 1 1 を参照して、この加工部 3 は基本的に図 6 の加工部 3 の第 1 例と同様の構成を有するが、成形用ダイ 3 1 , 3 2 が第 1 の型として、プレス用ダイ 3 0 が第 2 の型として配置される点において、図 6 の加工部 3 と異なっている。すなわち成形用ダイ 3 1 , 3 2 の隙間に位置するベース部 3 6 の表面に、第 1 の型のコイル材 2 を打ち抜く部分としての凹形状の曲面 3 6 A が形成されている。一方、第 2 の型としてのプレス用ダイ 3 0 のコイル材 2 を打ち抜く部分としてのプレス部 3 5 の最下面は平坦な表面となっている。このように、本実施の形態においては、プレス用ダイ 3 0 (プレス部 3 5 を含む) と、成形用ダイ 3 1 , 3 2 (ベース部 3 6 を含む) のいずれを第 1 の型としてもよく、いずれを第 2 の型としてもよい。図 1 1 の加工部 3 を用いた場合においても、軌道輪 1 1 の製造方法は基本的に図 6 の加工部 3 を用いた場合と同じであり、図 2 のフローチャートに従い加工することができる。

【 0 0 4 9 】

次に図 1 2 を参照しながら、加工部 3 の構成の第 3 例について説明する。図 1 1 を参照して、この加工部 3 は基本的に図 6 の加工部 3 の第 1 例と同様の構成を有するが、第 1 の型としてのプレス用ダイ 3 0 のプレス部 3 5 の下部すなわちコイル材 2 を打ち抜く部分には、凹形状の曲面 3 5 A に加えて、最下部の一部を切り欠いた切欠き部 3 5 B が形成されている。切欠き部 3 5 B は、プレス部 3 5 の最下部のうち、曲面 3 5 A のたとえば径方向内側に形成されている。また成形用ダイ 3 1 は、図 1 2 に示すように円柱形状を有しているが、その外周部において径方向外側に突出する凸部 3 1 A が形成されている。この点において図 1 2 の加工部 3 は図 6 の加工部 3 と異なっている。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 の加工部 3 を用いた場合の軌道輪 1 1 の製造方法においては、図 1 2 の工程は図 6 の工程に、図 1 3 の工程は図 7 の工程に、図 1 4 の工程は図 8 の工程に、それぞれ対応するため、詳細な説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

図 1 5 を参照して、図 1 2 の加工部 3 を用いた場合には、成形加工がさらに施される。すなわち図 9 の工程と同様に、プレス用ダイ 3 0 がさらに成形用ダイ 3 1 , 3 2 側へストロークされることにより、成形体 2 A の内周部が成形用ダイ 3 1 の凸部 3 1 A と接触する。そして、プレス用ダイ 3 0 がそのままストロークされることにより、下死点に到達する (S 1 0)。これにより、図 1 6 を参照して、成形体 2 A の内周部が、当該成形体 2 A の厚み方向に向くように折り曲げられる。このように成形体 2 A が折り曲げられる工程をここでは成形加工と呼ぶこととする。また図 9 と同様に、成形体 2 A の最上部の一部はプレス用ダイ 3 0 のプレス部 3 5 の曲面 3 5 A と接触する。このようにして、焼入れ処理の前に、加工部 3 においてリング状の成形体 2 A に成形加工が施される。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 6 を参照して、図 9 の工程と同様に、成形体 2 A が加工部 3 (プレス用ダイ 3 0、成形用ダイ 3 1 およびベース部 3 6) と接触した状態において一定時間保持される。このとき、上記のようにプレス用ダイ 3 0 内の水冷回路 3 5 C に冷却水が供給される (図 1 8)。これにより、成形体 2 A が Ms 点以下の温度にまで急冷されることにより、焼入れ処理が行われる。以降は第 1 例の加工部 3 における製造方法と同様に、軌道輪の製造方法が完了する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

図 1 7 を参照して、図 1 2 ~ 図 1 6 に示す加工後の軌道輪 1 1 は、曲面 3 5 A に形成される凸形状面 1 1 B に加え、それと並ぶように凸形状面 1 1 B の内側に、成形体 2 A の厚み方向上方に折り曲げられた屈曲部 1 1 D が形成されている。一方、凸形状面 1 1 B および屈曲部 1 1 D が形成される側の主表面と反対側の主表面は、ベース部 3 6 の平坦な表面により形成された平坦形状面 1 1 C となっている。

【 0 0 5 4 】

また図 1 0 と同様に、図 1 7 においても、図 1 の上側の領域 A の軌道輪 1 1 は、下側の面がニードルころ 1 2 に接触するため、平坦形状面 1 1 C が上側を向き凸形状面 1 1 B および屈曲部 1 1 D が下側を向くように配置される。また図 1 の下側の領域 B の軌道輪 1 1 は、上側の面がニードルころ 1 2 に接触するため、平坦形状面 1 1 C が下側を向き凸形状面 1 1 B および屈曲部 1 1 D が上側を向くように配置される。

【 0 0 5 5 】

なお図示を省略するが、図 1 2 の加工部 3 の第 3 例に対して、ベース部 3 6 側が第 1 の型すなわち凹形状の曲面 3 6 A (図 1 1 参照) および切欠き部 (図 1 2 の切欠き部 3 5 B 参照) を有し、プレス部 3 5 側が平坦な表面を有する第 2 の型として配置された構成が適用されてもよい。

【 0 0 5 6 】

なお、上述したコイル材 2 に対する加熱処理が大気雰囲気下で実施される場合には、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法は、軌道輪を得る工程の後に、軌道輪 (成形体) 1 1 の表面に形成された酸化膜 (酸化スケール) を除去する工程を備えるのが好ましい。酸化膜を除去する方法は、任意の方法とすることができるが、たとえば鋼などからなる硬質の粒子を軌道輪 1 1 に吹き付けるショットブラスト処理が実施されていてもよい。

【 0 0 5 7 】

本実施の形態に係る軌道輪の製造方法は、上記の構成に限られるものではない。

コイル材 2 に張力を加える方法としては、加工部 3 のプレス用ダイ 3 0 および成形用ダイ 3 1 , 3 2 の近傍に設けられた第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 を用いる方法に限られない。たとえば、図 6 における第 1 クランプ部 5 1 に代えて、図 1 9 に示すように加工部 3 にコイル材 2 を供給可能に設けられている供給部 6 0 (アンコイラ) を用いてもよいし、図 2 0 に示すように供給部 6 0 から加工部 3 に供給されるコイル材 2 の歪みを矯正可能に設けられている矯正部 7 0 (レベラ) を用いてもよい。このようにしても、これらと第 2 クランプ部 5 2 とのうちの少なくとも一方を駆動させることにより、これらと第 2 クランプ部 5 2 との間に位置するコイル材 2 に張力を加えることができる。

【 0 0 5 8 】

たとえば、供給部 6 0 に巻き戻し動作をさせることにより、供給部 6 0 と第 2 クランプ部 5 2 とにより保持されているコイル材 2 の延在方向における 2 点間に張力を加えることができる。また、たとえばコイル材 2 の延在方向において第 2 クランプ部 5 2 を矯正部 7 0 から離すように移動させることにより、矯正部 7 0 と第 2 クランプ部 5 2 とにより保持されているコイル材 2 の延在方向における 2 点間に張力を加えることができる。

【 0 0 5 9 】

コイル材 2 の加熱方法としては、直流電流による通電加熱に限られるものではなく、交流電流による通電加熱、間接抵抗加熱、誘導加熱、接触伝熱および遠赤外線加熱からなる群より選択される少なくともいずれかの方法を採用することができる。以下、各加熱方法についてより詳細に説明する。

【 0 0 6 0 】

図 2 1 を参照して、通電加熱では、被加熱物 1 0 0 (コイル材 2) を直接通電して生じたジュール熱により被加熱物 1 0 0 を加熱する。直流電流により通電加熱する場合には上述の通りだが、交流電流により通電加熱する場合には交流電源から通電端子 4 1 を介してコイル材 2 に交流電流が供給され、これにより生じたジュール熱によりコイル材 2 が加熱される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

図 2 2 を参照して、間接抵抗加熱では、所定の抵抗を有する発熱体 1 0 2 を通電して生じたジュール熱により、発熱体 1 0 2 の近くに配置された被加熱物 1 0 0 を間接的に加熱する。発熱体 1 0 2 に対しては、直流電流が供給されてもよいし、交流電流が供給されてもよい。

【 0 0 6 2 】

図 2 3 を参照して、誘導加熱においては、コイル 1 0 3 に対して交流電源 1 0 4 から交流電流が供給されることにより、被加熱物 1 0 0 において交番磁束 B が発生する。また被加熱物 1 0 0 において、交番磁束 B を打ち消す方向に渦電流 I が発生する。そして、渦電流 I と被加熱物 1 0 0 の抵抗 R とにより生じた発熱によって、被加熱物 1 0 0 が加熱される。

10

【 0 0 6 3 】

図 2 4 を参照して、接触伝熱においては、内部加熱ロール 1 0 5 と外部加熱ロール 1 0 6 からの伝熱によって、被加熱物 1 0 0 が加熱される。また遠赤外線加熱においては、被加熱物に遠赤外線を照射することにより、遠赤外線エネルギーが当該被加熱物に与えられる。これにより、被加熱物を構成する原子間の振動が活性化することで発熱が生じ、被加熱物が加熱される。

【 0 0 6 4 】

また、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法では、図 1 5 に示すように、成形体 2 A の内周部が成形体 2 A の厚み方向に向くように折り曲げられることにより、加工部 3 において成形体 2 A に成形加工が施されているが、これに限られるものではない。図 2 5 に示す加工部 3 の構成の第 4 例を参照して、リング状の成形体 2 A の外周部（内周部ではなく）に成形加工が施されてもよい。この場合、成形用ダイ 3 2 の内周面において径方向内側に突出する凸部 3 2 A が形成されている。このため、上記実施の形態の場合と同様にプレス用ダイ 3 0 のストロークを行った場合、リング状の成形体 2 A の外周部が当該凸部 3 2 A に接触する。そして、上記実施の形態の場合と同様に、プレス用ダイ 3 0 が下死点に到達するまでストロークされる。これにより、図 2 5 に示すように、成形体 2 A の外周部が、当該成形体 2 A の厚み方向に向くように折り曲げられる。このようにしても、焼入れ処理の前に加工部 3 において成形体 2 A に成形加工を施すことができ、上記実施の形態の場合と同様の効果を奏することができる。

20

30

【 0 0 6 5 】

また、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 において、コイル材 2 を上下方向に挟み込んでこれを保持する一方の部材は通電端子 4 1 を兼ねていてもよい。この場合、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 において、当該一方の部材とコイル材 2 を挟んで反対側に位置する他方の部材は、当該一方の部材との間で通電不能にもうけられている。このようにすれば、加工部 3 の構成を簡略化することができる。

【 0 0 6 6 】

次に、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法による作用効果について、比較例を参照しながら説明する。まず、比較例における軌道輪の製造方法について、図 2 6 ~ 図 3 4 を参照して説明する。図 2 6 を参照して、まず、圧延された薄板状の鋼材がコイル状に巻き取られたコイル材 2 0 0 が準備される。次に、図 2 7 および図 2 8 を参照して、コイル材 2 0 0 がダイ 3 1 0 上に設置され、ダイ 3 0 0 をダイ 3 1 0 側へストロークすることにより、コイル材 2 0 0 に打抜き加工が施される。これにより、リング状の成形体 2 0 0 A が得られる。次に、図 2 9 および図 3 0 を参照して、成形体 2 0 0 A がダイ 3 3 0 上に設置され、ダイ 3 2 0 をダイ 3 3 0 側へストロークすることにより、成形体 2 0 0 A の内周部に成形加工が施される。

40

【 0 0 6 7 】

次に、図 3 1 を参照して、熱処理前の段取り工程において、複数の成形体 2 0 0 A がバー 4 1 0 に掛けられた状態で並べられる。その後、図 3 1 および図 3 2 を参照して、これらの成形体 2 0 0 A が浸炭炉 4 0 0 の中に入れられ、当該成形体 2 0 0 A に対して浸炭処

50

理が実施される。次に、図 3 3 を参照して、浸炭処理後の成形体 2 0 0 A に衝風 4 2 0 を当てて冷却することにより、当該成形体 2 0 0 A に焼入れ処理が施される。最後に、図 3 4 を参照して、焼戻炉 4 3 0 において焼入れ処理後の成形体 2 0 0 A に対してプレステンパーが施される。以上のように、比較例の軌道輪の製造方法は多くの工程からなるため、軌道輪の製造コストが高くなる。

【 0 0 6 8 】

これに対して、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法では、コイル材 2 の加熱、打抜、成形加工および焼入れ処理のそれぞれの工程が、全て機械部品製造装置 1 0 において一つの工程として実施される。そのため、上記比較例における軌道輪の製造方法のように、上記工程が別々に実施される場合に比べて、製造工程をより短縮することができる。その結果、軌道輪の製造コストをより低減することが可能になり、より安価な軌道輪の提供が可能になる。

10

【 0 0 6 9 】

さらに、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、軌道輪を得る工程では、コイル材 2 に対してコイル材 2 の表面に沿った少なくとも一方向に張力を加えた状態で、加熱と打ち抜きとが行われる。そのため、当該軌道輪を得る工程において鋼材に対して張力を加えていない状態で上記加熱および上記打ち抜きを行う場合と比べて、得られる軌道輪の加工品質を向上させることができる。

【 0 0 7 0 】

具体的には、鋼材に対して上記張力を印加せずに、鋼材を成形台において A_1 変態点以上の温度に加熱する場合には、鋼材に加熱による変形が生じる。特に、スラストニードルころ軸受の軌道輪は、上述のように肉厚が薄いために加熱により変形が生じやすい。鋼材においてこのような変形が生じた場合、変形部分が加工部 3 (プレス機) の一部 (たとえば成形用ダイ 3 2) と接触する可能性が有る。このような接触が生じると、鋼材に与えられた熱は当該接触している部分から成形台に放熱されるため、鋼材 (特に加工対象部分。たとえば 2 つのクランプ部にそれぞれ保持されている部分に挟まれている部分) に熱分布が生じて A_1 変態点以上の温度まで加熱されない領域が生じることがある。その結果、鋼材に対して上記張力を印加せずに成形台において鋼材を A_1 変態点以上の温度に加熱されて、さらに打ち抜きおよび焼入れ処理されて得られた軌道輪には、上記変形に起因した加熱不良により十分な加工品質が得られていないものが生じることがあった。さらに、鋼材に対して上記張力を印加せずに、鋼材を成形台において打ち抜き加工をする場合には、鋼材に加熱による変形が生じた状態で打ち抜き加工を行うことになるため、打ち抜き加工の精度が低下するという問題があった。

20

30

【 0 0 7 1 】

これに対し、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法において、軌道輪を得る工程では、コイル材 2 に対してコイル材 2 の表面に沿った少なくとも一方向に張力を加えた状態で加熱が行われるため、加熱によるコイル材 2 の変形を軽減または抑制することができる。その結果、コイル材 2 と加工部 3 とが接触することを防止することができるため、コイル材 2 から加工部 3 へのコイル材 2 の一部分を介した放熱が抑制されており、コイル材 2 の上記加工対象部分の全体を A_1 変態点以上の温度に加熱することができる。また、変形が軽減または抑制されたコイル材 2 に対して打ち抜き加工を行うことができる。その結果、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法により製造された軌道輪 1 1 は、打ち抜き加工の精度低下が抑制されており、高精度で加工されている。また、当該軌道輪 1 1 は、加工品質のバラつきが低減されている。

40

【 0 0 7 2 】

さらに、本願発明者らは、軌道輪を得る工程においてコイル材 2 に印加される張力とコイル材 2 の上記第 1 部分と第 2 部分との間隔の熱膨張量との関係に応じて製造される軌道輪の表面粗さが変化することを見出した。軌道輪を得る工程においてコイル材 2 の第 1 部分と第 2 部分との間に印加される張力は、当該第 1 部分と第 2 部分との間隔を、軌道輪を得る工程において上記温度に加熱されることによるコイル材 2 の第 1 部分と第 2 部分との

50

間隔の熱膨張量に対応する長さ分広げるように印加される。本願発明者らは、このような微小な張力がコイル材 2 に印加されて上述のように製造された軌道輪の表面粗さが、第 1 部分と第 2 部分との間隔を上記熱膨張量よりも広げるような大きな張力がコイル材 2 に印加されて同様に製造された軌道輪の表面粗さよりも小さいことを確認した（詳細は後述する）。つまり、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法によれば、熱膨張量よりも大きく変形するような大きな張力をコイル材 2 に印加した状態で上記加熱および上記打ち抜き加工を行う場合と比べて、得られる軌道輪の表面の品質を向上させることができる。

【0073】

好ましくは、張力は、コイル材 2 が A_1 変態点以上の温度に加熱されることによる当該第 1 部分と第 2 部分との間隔の熱膨張量だけ、当該第 1 部分と第 2 部分との間隔を広げるように印加される。このような軌道輪の製造方法によれば、上述のように軌道輪 11 の打ち抜き加工精度と、軌道輪 11 の表面の品質とを同時に最大限向上させることができ、安価でかつ高い加工品質を有している軌道輪 11 を製造することができる。

【0074】

上記張力は、0 MPa 超え 50 MPa 未満であるのが好ましい。このようにすれば、図 3 に示されるようにコイル材 2 に張力が印加されてから除荷されるまで一定の張力を印加させておくことにより、コイル材 2 が A_1 変態点以上の温度に加熱されることによる当該第 1 部分と第 2 部分との間隔の熱膨張量以下だけ、当該第 1 部分と第 2 部分との間隔を広げることができる。その結果、上述のような軌道輪 11 を容易に製造することができる。

【0075】

上記軌道輪の製造方法の上記軌道輪を得る工程において、コイル材 2 には、加工部 3 にコイル材 2 を供給可能に設けられている供給部 60、供給部 60 から加工部 3 に供給される鋼材の歪みを矯正可能に設けられている矯正部 70、およびコイル材 2 の一部分を保持可能に設けられている第 1 クランプ部 51 の少なくともいずれか 1 つと、当該 1 つと加工部 3 に対して反対側に位置し、コイル材 2 の他の一部分を保持可能に設けられている第 2 クランプ部 52 とを用いて、張力が加えられる。これにより、供給部 60、矯正部 70 および第 1 クランプ部 51 の少なくともいずれか 1 つと、第 2 クランプ部 52 とが、それぞれコイル材 2 を保持している状態で互いに離れるように相対的に移動することにより、加工部 3 において加熱および打ち抜きの各工程が実施されるコイル材 2 に対して張力を加えることができる。このようにすれば、安価でかつ加工品質の高い軌道輪 11 を得ることができる。

【0076】

次に、上記軌道輪の製造方法においては、成形台としての加工部 3 が、コイル材 2 を打ち抜くための第 1 の型であるたとえばプレス用ダイ 30 と、それに対向する第 2 の型である成形用ダイ 31、32 とを含んでいる。そして図 6～図 9、図 12～図 16 に示すように、プレス用ダイ 30 のプレス部 35 には凹形状の曲面 35A を有し、成形用ダイ 31、32 側のベース部 36 のコイル材 2 を打ち抜く部分は平坦な表面を有している。このため当該加工部 3 の上記曲面 35A とベース部 36 の平坦な表面とに挟まれ打ち抜かれる軌道輪 11 は、その一方の面が図 10 の凸形状面 11B のように凸形状の曲面を有することとなり、他方の面が図 10 の平坦形状面 11C のような平坦な表面を有することとなる。軌道輪 11 の一方の面はプレス部 35 の曲面 35A の凹形状が転写され、他方の面はベース部 36 の平坦な表面が転写されるためである。

【0077】

凸形状面 11B が形成されることにより、凸形状面 11B がこれに接触するニードルころ 12 との間でエッジロードおよび作動滑りを発生させる可能性を低減することができる。このため、エッジロードによる破損および作動滑りによる発熱を低減することができる。エッジロードは特に、軌道輪 11 のニードルころ 12 との接触面が非常に平坦な直線状であることにより、その接触面の端部が外力分担に過敏になることにより生じる不具合である。このため凸形状面 11B を形成してそのニードルころ 12 との接触面を曲面にすることにより、エッジロードの発生を抑制することができる。またエッジロードの発生を抑

10

20

30

40

50

制することにより、転動体が転がるときのこれを挟む軌道輪との間の面の部分で発生する互いに反対方向の滑り運動である作動滑りを抑制することもできる。したがってスラストニードル軸受をより安定に動作させることができ、その寿命を向上させることができる。

【0078】

一方、他方の面が平坦形状面11Cであることにより、スラストニードル軸受全体の最表面が平坦となり、それを安定に載置および保管することができる。

【0079】

上記軌道輪の製造方法において、コイル材2は、0.4質量%以上の炭素を含んでいてもよい。コイル材2は、2mm以下の厚みを有していてもよい。またコイル材2は、厚み方向においてリング状に打ち抜かれてもよい。これにより、焼入れ処理後において高い硬度を有する軌道輪11を製造することができる。また、このように比較的薄いコイル材2を用いることにより、当該コイル材2の打抜きが容易になり、かつ当該コイル材2に対して十分な焼入れ処理を実施することができる。

10

【0080】

上記軌道輪の製造方法において、コイル材2は、通電加熱、間接抵抗加熱、誘導加熱、接触伝熱および遠赤外線加熱からなる群より選択される少なくともいずれかの方法により加熱されてもよい。このように、上記軌道輪の製造方法においては、コイル材2の加熱方法として任意の加熱方法を採用することができる。

【0081】

なお、通電加熱では、コイル材2に直流電流または交流電流が供給されることにより生じた発熱によりコイル材2が加熱されてもよい。このように、通電加熱においては、直流電流および交流電流のいずれも採用することができる。

20

【0082】

上記軌道輪の製造方法においては、700HV以上の硬度を有する軌道輪11が得られてもよい。このように、上記軌道輪の製造方法においては、製造工程を短縮するとともに、コイル材2に対して十分な焼入れ処理を実施することにより、当該焼入れ処理後において高い硬度を有する軌道輪11を製造することができる。

【0083】

上記軌道輪の製造方法において、焼入れ処理の前に、加工部3においてリング状の鋼材（リング状の成形体2A）に成形加工が施されてもよい。成形加工では、リング状の鋼材2Aの内周部または外周部が、リング状の鋼材2Aの厚み方向に向くように折り曲げられてもよい。これにより、コイル材2の加熱、打抜、成形加工および焼入れ処理のそれぞれの工程を、全て機械部品製造装置10において一つの工程として実施することができる。その結果、軌道輪11の製造工程をさらに短縮することができる。また、リング形状の内周部または外周部が厚み方向に折り曲げられたスラスト軸受用軌道輪11を製造することができる。

30

【0084】

上記軌道輪の製造方法の上記軌道輪を得る工程において、コイル材2は酸素含有雰囲気下で加熱され、軌道輪11を得る工程の後に、軌道輪11の表面に形成された酸化膜を除去する工程を備えてもよい。上記酸化膜を除去する工程後の軌道輪11の表面粗さRaが0.15μm以下である。つまり、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法によれば、表面粗さが小さく加工精度の高い軌道輪11を大気雰囲気下において低コストで製造することができる。

40

【0085】

さらに、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法は、上述のような機械部品製造装置10を用いることにより、図26～34に示されるような従来の機械部品製造装置を用いる従来の軌道輪の製造方法と比べて、軌道輪11の製造に係る時間を短縮することができる。

【0086】

具体的には、機械部品製造装置10は、通電加熱によりコイル材2をA₁変態点以上の目標温度に加熱する加熱部4と、コイル材2に対してコイル材2の表面に沿った少なくとも

50

も一方向に張力を付与可能に形成されている張力付与部 5 と、加熱部 4 により加熱され、かつ張力付与部 5 により張力が付与されたコイル材 2 の一部を打ち抜くとともに打ち抜かれたコイル材 2 の一部を急冷して焼入れ処理する加工部 3 と、加熱部 4 による加熱温度を制御する制御部 6 を備える。上記制御部 6 は、コイル材 2 が目標温度に達する前に加熱部 4 の出力を低下させる。

【0087】

このような機械部品製造装置 10 は、加熱部 4 の出力（電流値）を高めてコイル材 2 の温度を目標温度まで速やかに加熱することができる。さらに、コイル材 2 の温度が目標温度に到達する前に加熱部 4 の出力を制御部 6 が低下するため、コイル材 2 の温度が目標温度に到達した後に加熱部 4 の出力が低下される従来のダイクエンチ加工法と比べて、コイル材 2 の温度が目標温度に達した後の当該温度のオーバーシュートを抑制することができる。そのため、機械部品製造装置 10 によれば、従来のダイクエンチ加工に用いられる機械部品製造装置と比べて、軌道輪の製造方法において通電加熱開始から通電加熱完了までの時間を短縮することができ、軌道輪 11 の製造に係る時間を短縮することができる。つまり、機械部品製造装置 10 によれば、軌道輪の製造方法の高スループットを実現可能である。また、張力付与部 5 によりプレス用ダイ 30 と成形用ダイ 31, 32 との間に配置されたコイル材 2 に対して張力を付与することができるため、上述のように加工品質の高い軌道輪 11 を得ることができる。

【0088】

上記機械部品製造装置 10 において、加熱部 4 は直流安定化電源 42 を含んでいるのが好ましい。これにより、制御部 6 は、加熱部 4 からコイル材 2 に対して供給される直流電流値を高精度に制御することができる。このような機械部品製造装置 10 によれば、コイル材 2 の温度が目標温度に達した後の当該温度のオーバーシュートをより効果的に抑制することができる。

【0089】

直流安定化電源 42 は、ロードレギュレーション 0.2% 以下、かつ、ラインレギュレーション 0.2% 以下であるのが好ましい。このような直流安定化電源 42 は入力電圧および負荷電流の変動に対する出力電圧の変動が十分に抑制されているため、コイル材 2 に供給する電流値の変動を十分に抑制することができる。この結果、このような直流安定化電源 42 を備える機械部品製造装置 10 によれば、コイル材 2 の温度が目標温度に達した後の当該温度のオーバーシュートをより効果的に抑制することができる。

【0090】

直流安定化電源 42 は、サンプリング周期が 10ms 以下であるのが好ましい。これにより、直流安定化電源 42 は出力電圧の変動を 10ms 以下の周期でサンプリングすることができる。そのため、制御部 6 は、加熱部 4 からコイル材 2 に対して供給される直流電流値を直流安定化電源 42 によりサンプリングされたデータに基づいて高精度に制御することができる。

【0091】

上記制御部 6 は、コイル材 2 が上記目標温度の 80% 以上 95% 以下の温度に達したときに、加熱部 4 の出力を低下させるように設けられているのが好ましい。これにより、制御部 6 はコイル材 2 の温度が目標温度に達した後に当該温度のオーバーシュートをより効果的に抑制することができる。その結果、上記加熱部 4 によるコイル材 2 の加熱温度のオーバーシュートが上記目標温度の 1% 以内とすることができる。このような機械部品製造装置 10 を用いることにより、上述した従来の軌道輪の製造方法と比べて軌道輪 11 の製造に係る時間を大幅に短縮することができる。

【実施例 1】

【0092】

本実施の形態に係る軌道輪の製造方法により製造された軌道輪 11 は、以下のように評価することにより高い加工品質を有していることを確認できた。以下、図 35 ~ 図 38 を用いてそのことについて説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 3 】

具体的には、鋼材 S A E 1 0 7 0 からなるコイル材 2 と図 3 5 に示す機械部品製造装置 1 0 とを用いて本実施の形態に係る軌道輪の製造方法を実施した。図 3 5 に示す機械部品製造装置 1 0 は、第 1 クランプ部 5 1 と一方の通電端子 4 1 とが 1 つのシリンダ 5 3 に接続されており、第 2 クランプ部 5 2 と他方の通電端子 4 1 とが別の 1 つのシリンダ 5 4 に接続されている構成とした。さらに、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 において、コイル材 2 を上下方向に挟み込んでこれを保持する一方の部材と通電端子 4 1 とは、コイル材 2 に対して同時に接触可能な構成とした。つまり、第 1 クランプ部 5 1 および第 2 クランプ部 5 2 において当該一方の部材とコイル材 2 を挟んで反対側に位置する他方の部材上にコイル材 2 を配置し、当該一方の部材を降下させてコイル材 2 に接触させることにより、通電端子 4 1 をコイル材 2 に接触可能な構成とした。

10

【 0 0 9 4 】

図 3 5 に示す機械部品製造装置 1 0 を用いて、コイル材 2 に対して延在方向に 1 0 M P a の張力を印加した状態のまま、大気雰囲気下において A_1 変態点以上の温度である 1 0 0 0 °C までコイル材 2 を通電加熱し、その後ダイクエンチ加工を行った。つまり、第 1 クランプ部 5 1 と第 2 クランプ部 5 2 とによるコイル材 2 に対する引っ張り量は、熱膨張によるコイル材 2 の伸び量（コイル材 2 の熱膨張係数（ $10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ））、上記第 1 部分と上記第 2 部分との間隔 L mm、およびコイル材 2 のクランプ後の温度変化 ΔT を掛け合わせた量）以下とした。さらに、ダイクエンチ加工後、得られた成形体に対して酸化スケール除去工程としてタンブラ処理を行った。

20

【 0 0 9 5 】

図 3 6 を参照して、図中の点線で囲まれた部分の拡大形状が図中の右側に示されている。図 3 5 の機械部品製造装置 1 0 に含まれる第 1 の型としてのプレス用ダイ 3 0 は、プレス部 3 5 の点線で囲まれた最下面が、幅 1 0 mm の範囲における反りの最大値が 1 7 μm の曲面 3 5 A を有している。一方、図示されないが、図 3 5 の機械部品製造装置 1 0 に含まれる第 2 の型としてのベース部 3 6 は平坦な表面を有している。

【 0 0 9 6 】

図 3 7 を参照して、上記の第 1 および第 2 の型を有する機械部品製造装置 1 0 を用いてコイル材 2 に対して打ち抜きなどのダイクエンチ加工を行なうことにより、軌道輪 1 1 が形成された。その軌道輪 1 1 は、一方の主表面が、プレス部 3 5 の曲面 3 5 A の転写により凸形状面 1 1 B（図 1 0 および図 1 7 参照）を有していることが確認された。その凸形状面 1 1 B は、幅 1 0 mm の範囲における反りの最大値が 1 7 μm であった。

30

【 0 0 9 7 】

このようにして製造された複数の軌道輪 1 1（鋼材：S A E 1 0 7 0）に対してビッカース硬さ測定を行った結果、平均の硬さは約 7 9 0 H V であった。また、この軌道輪 1 1 の一部を切断し、その断面をナイトル腐食し、当該断面を光学顕微鏡によりミクロ組織観察した場合、図 3 8 の写真のようなマルテンサイト組織が確認された。

【 0 0 9 8 】

このように、本実施の形態に係る軌道輪の製造方法によれば、製造工程の短縮を図るとともに、十分な焼入れ処理を施すことにより高い硬度を有し、かつ高い加工品質を有する軌道輪 1 1 を製造することができることが確認された。また当該軌道輪の表面には凸形状面 1 1 B（図 1 0 および図 1 7 参照）が形成されることにより、エッジロードによる破損および作動滑りによる発熱を抑制することができると考えられる。

40

【 0 0 9 9 】

以上のように本発明の実施の形態および実施例について説明を行ったが、上述の実施の形態を様々に変形することも可能である。また、本発明の範囲は上述の実施の形態に限定されるものではない。本発明の範囲は、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を含むことが意図される。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 0 0 】

50

本発明の軌道輪の製造方法は、高い加工精度が要求される軌道輪の製造方法に特に有利に適用され得る。

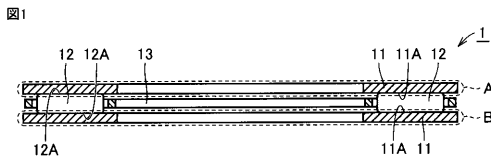
【符号の説明】

【0101】

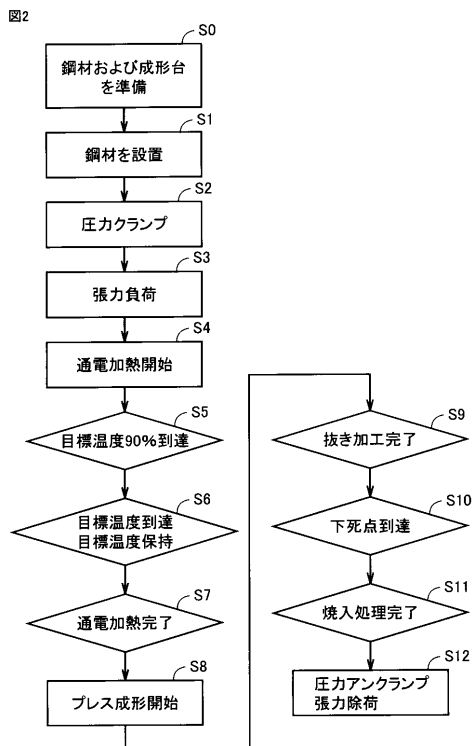
1 スラストニードルころ軸受、2, 200 コイル材、3 加工部、4 加熱部、5 張力付与部、6 制御部、10 機械部品製造装置、11 軌道輪、11A 軌道輪転走面、11B 凸形状面、11C 平坦形状面、11D 屈曲部、12 ニードルころ、12A ころ転動面、13 保持器、30 プレス用ダイ、31, 32 成形用ダイ、31A, 32A 凸部、35 プレス部、35A, 36A 曲面、35B 切欠き部、35C 水冷回路、36 ベース部、41 通電端子、42 直流安定化電源、51 第1クランプ部、52 第2クランプ部、53, 54 シリンダ、60 供給部、70 矯正部、100 被加熱物、102 発熱体、103 コイル、104 交流電源、105 内部加熱ロール、106 外部加熱ロール、200A 成形体、300, 310, 320, 330 ダイ、400 浸炭炉、410 バー、420 衝風、430 焼炭炉。

10

【図1】

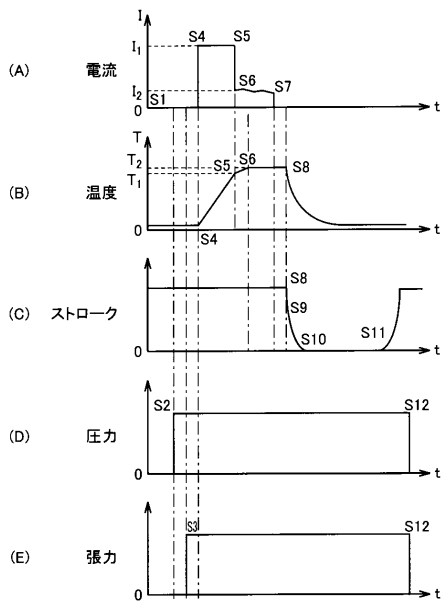


【図2】



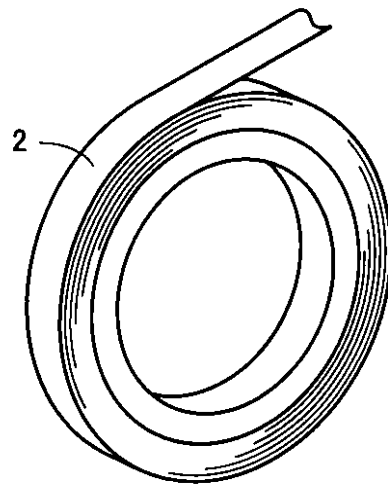
【図 3】

図3



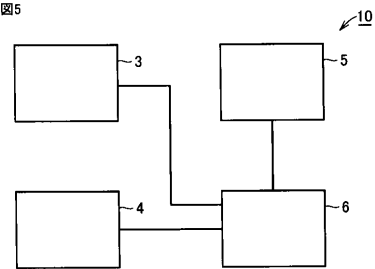
【図 4】

図4



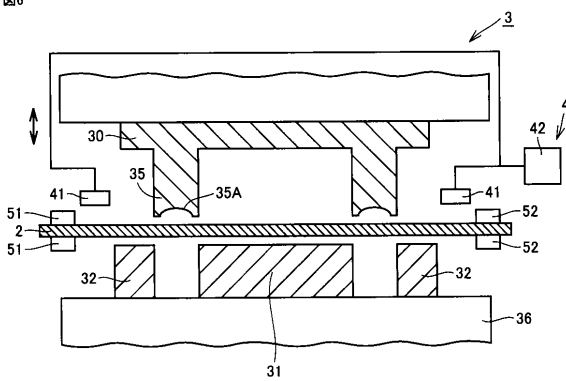
【図 5】

図5



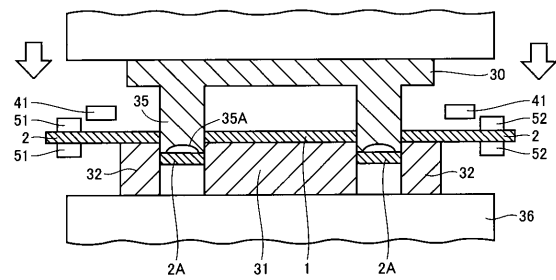
【図 6】

図6



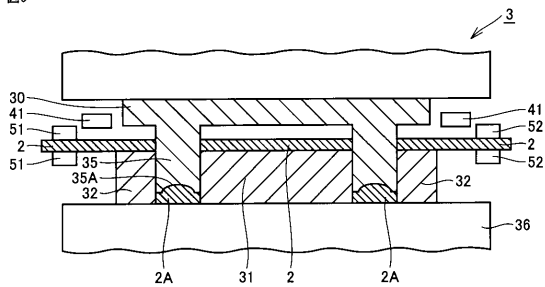
【図 8】

図8



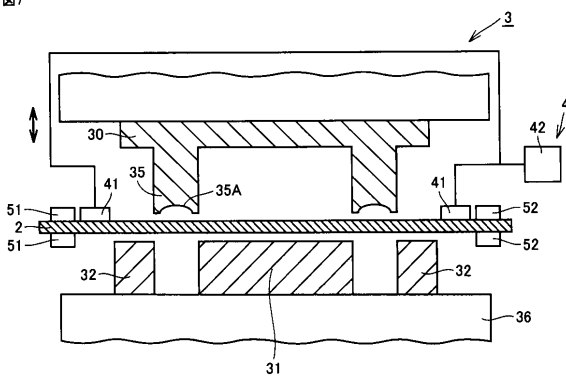
【図 9】

図9

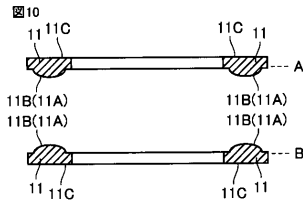


【図 7】

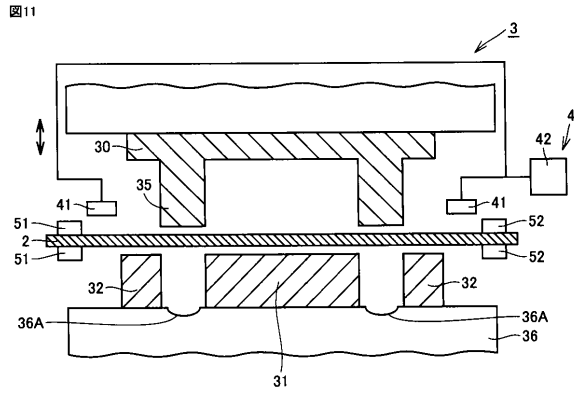
図7



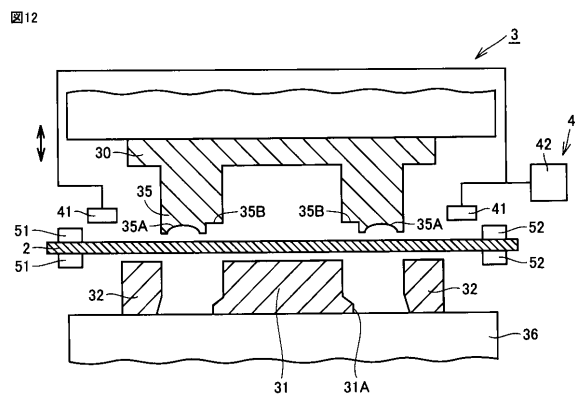
【図 10】



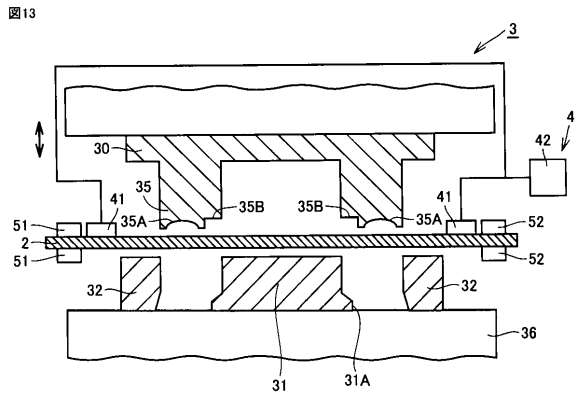
【図 11】



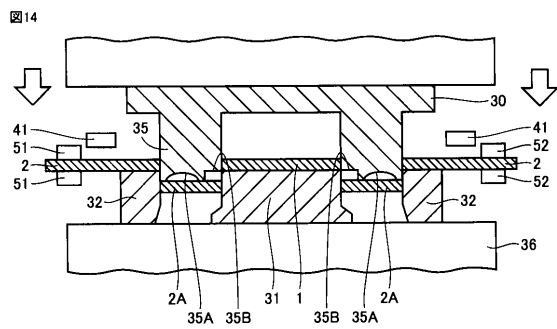
【図 12】



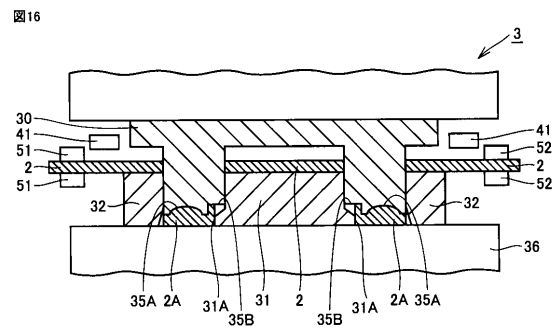
【図 13】



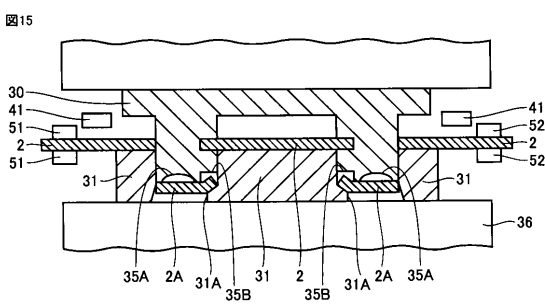
【図 14】



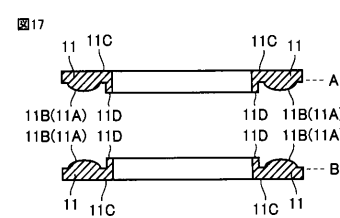
【図 16】



【図 15】

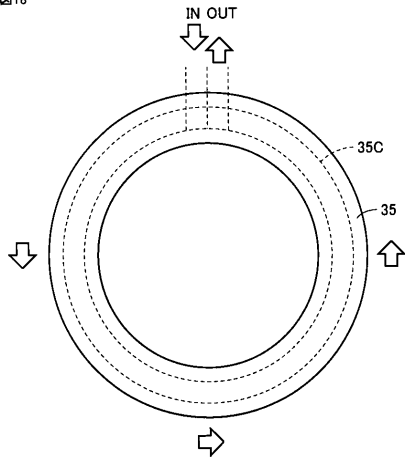


【図 17】



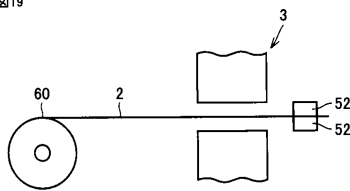
【図 18】

図18



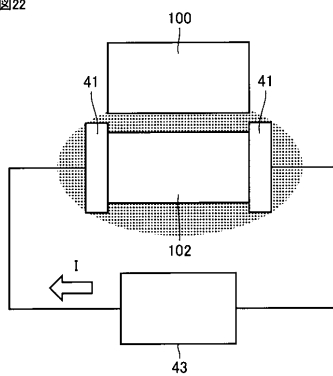
【図 19】

図19



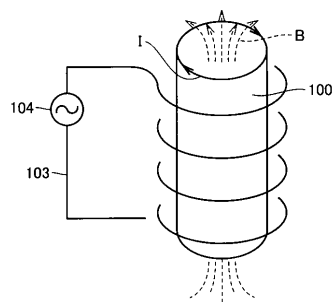
【図 22】

図22



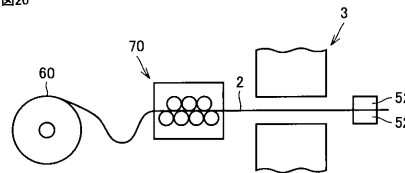
【図 23】

図23



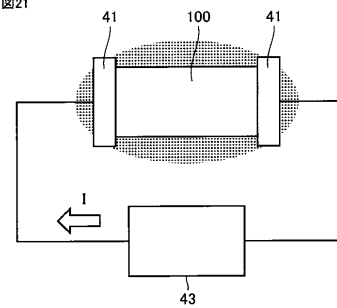
【図 20】

図20



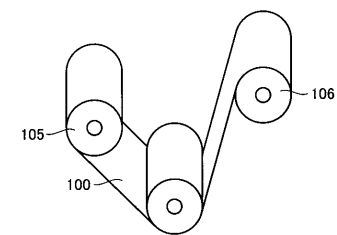
【図 21】

図21



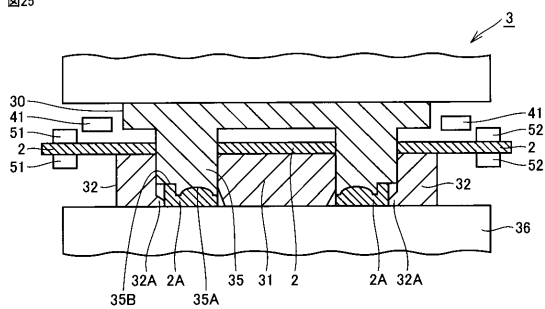
【図 24】

図24



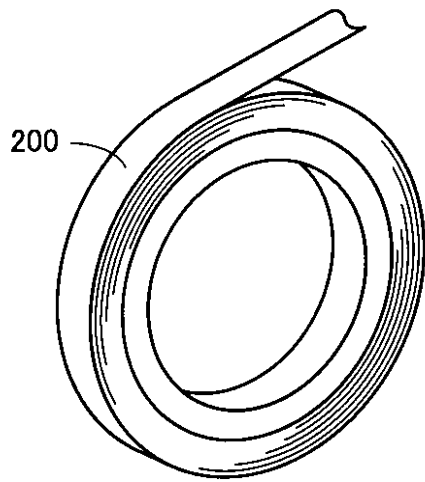
【図 25】

図25



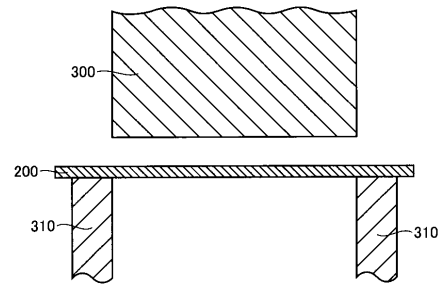
【図 26】

図26



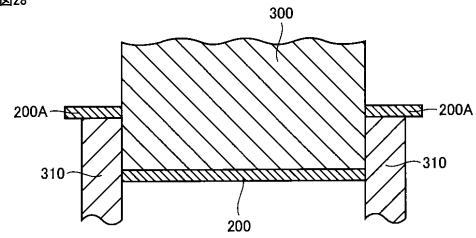
【図 27】

図27



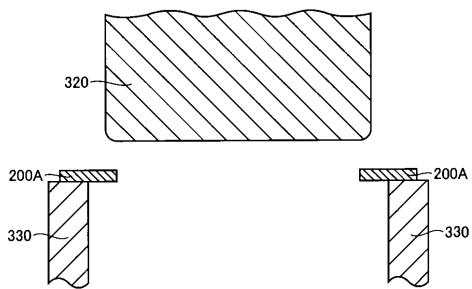
【図 28】

図28



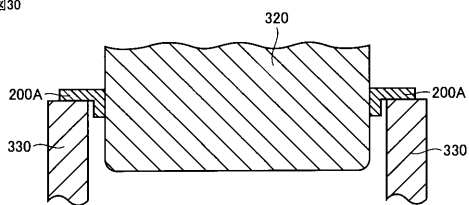
【図 29】

図29



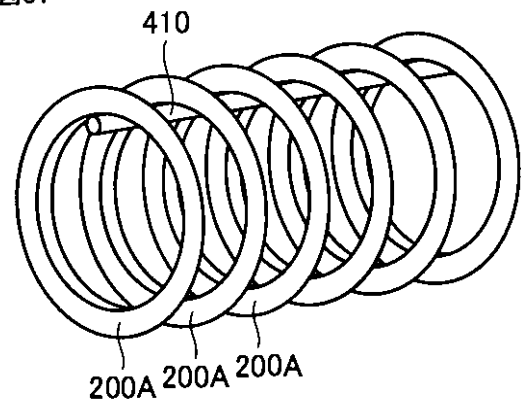
【図 30】

図30



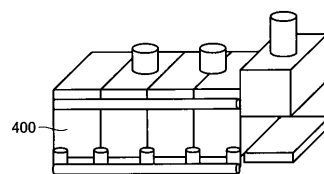
【図 31】

図31



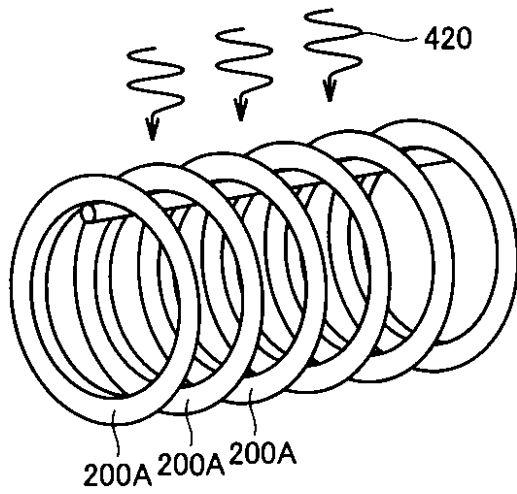
【図 32】

図32



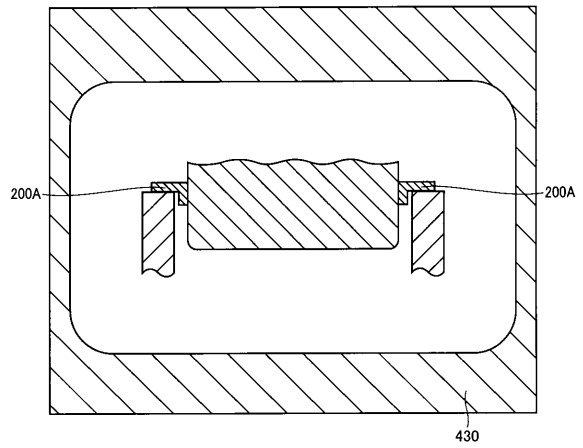
【図 3 3】

図33



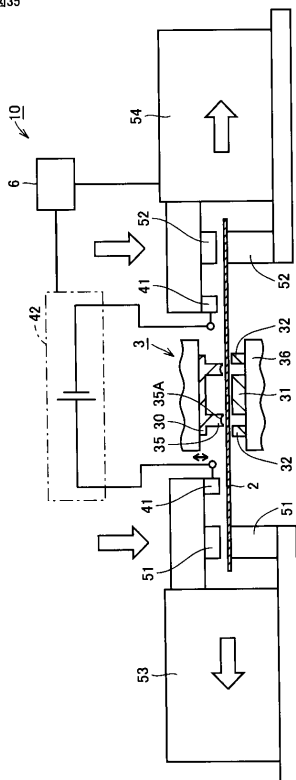
【図 3 4】

図34



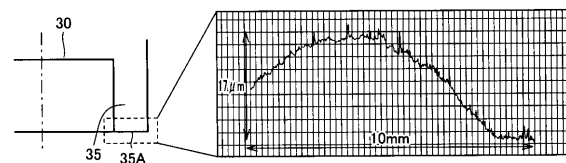
【図 3 5】

図35



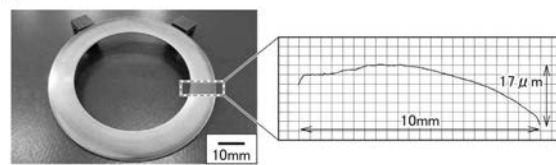
【図 3 6】

図36



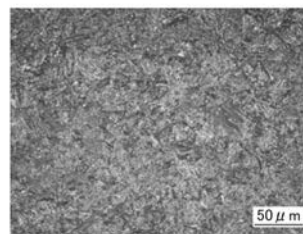
【図 3 7】

図37



【図 3 8】

図38



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
B 2 1 D	28/02	(2006.01)	B 2 1 D	28/02		Z		
B 2 1 D	37/16	(2006.01)	B 2 1 D	37/16				
B 2 1 J	5/08	(2006.01)	B 2 1 J	5/08		Z		
B 2 1 J	5/00	(2006.01)	B 2 1 J	5/00		A		
B 2 1 J	1/06	(2006.01)	B 2 1 J	1/06		Z		
F 1 6 C	33/64	(2006.01)	F 1 6 C	33/64				
F 1 6 C	33/62	(2006.01)	F 1 6 C	33/62				

F ターム(参考) 3J701 AA13 AA53 BA51 BA70 DA03 DA09 DA20 EA02 EA10 FA31
 XB03 XB33 XE03 XE30
 4E048 AB03 BA01 BA05 BA06
 4E050 GA02 GA04
 4E087 BA02 BA19 CA33 CB01 CB04 CC03 DB05 DB07 DB15 DB22
 DB23 EC24 HA41
 4K042 AA23 BA13 BA14 DA01 DB01 DB02 DB08 DC02 DC04 DD01
 EA03