(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2006-200724
(P2006-200724A)
(43)公開日　平成18年8月3日(2006.8.3)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
F16C 33/64	(2006.01)	F16C 33/64		3J101
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/00	301Z	4K042
F16C 19/30	(2006.01)	F16C 19/30		
F16C 33/62	(2006.01)	F16C 33/62		
F16H 41/24	(2006.01)	F16H 41/24	A	

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 38 頁）　最終頁に続く

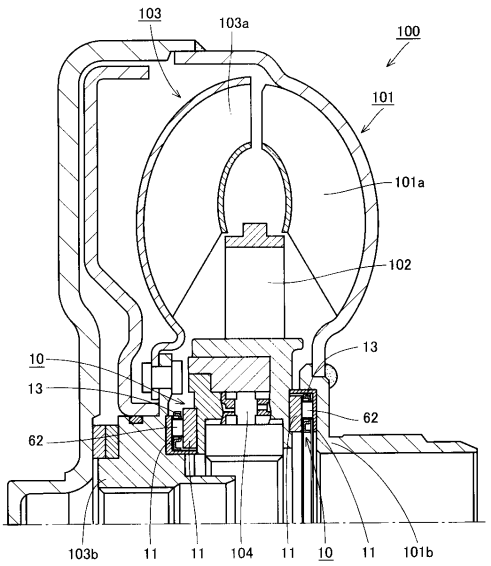
(21)出願番号　特願2005-16097(P2005-16097)
(22)出願日　平成17年1月24日(2005.1.24)

(71)出願人　000102692
ＮＴＮ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　100098316
弁理士　野田　久登
(74)代理人　100109162
弁理士　酒井　將行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受

(57)【要約】
【課題】　低コストでありながら耐久性および音響特性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を提供する。
【解決手段】　オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータ１００の部品１０１，１０２，１０３間に配置され、部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受１０であって、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤１１を備え、軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合の平均値に反り・うねりの標準偏差の３倍を加えた値が４０μm以下である軌道盤群からとられたものである。
【選択図】　図３０



【特許請求の範囲】
【請求項１】
オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、前記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受であって、
焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、
前記軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合の平均値に反り・うねりの標準偏差の３倍を加えた値が４０μｍ以下である軌道盤群からとられたものである、オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項２】
オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、前記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受であって、
焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、
前記軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合に反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率が０．１％以下である軌道盤群からとられたものである、オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項３】
オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、前記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受であって、
焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、
前記軌道盤の転走面に垂直な断面を鏡面研磨し、ピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えた腐食液に浸漬して前記鏡面研磨した面を腐食した後、光学顕微鏡により４００倍の倍率で前記断面の中央部を観察した場合に、旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の１０％以下である、オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項４】
オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、前記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受であって、
焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、
前記軌道盤の表層部の粒界酸化層の厚さは１μｍ以下である、オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項５】
前記トルクコンバータは、エンジンの出力軸に連結されるインペラと、トランスミッションの入力軸に連結され、前記インペラと対向するように位置するタービンと、前記インペラと前記タービンとの間に位置するステータとを有し、前記オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受が、前記インペラと前記ステータとの間および前記タービンと前記ステータとの間の少なくとも一方に配置されている、請求項１～４のいずれかに記載のオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項６】
前記軌道盤の表面硬さは６５３ＨＶ以上であり、前記軌道盤の内部硬さは６５３ＨＶ以上である、請求項１～５のいずれかに記載のオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項７】
前記軌道盤の材質は０．４重量％以上１．２重量％以下の炭素を含む鋼である、請求項１～６のいずれかに記載のオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【請求項８】
前記軌道盤は鋼板をプレス加工して成形することにより得られた部材を用いて構成されている、請求項１～７のいずれかに記載のオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明はオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受に関し、より特定的には焼入硬化して製造されるスラスト軸受の軌道盤において、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備えたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

一般的に、スラスト軸受には耐久性の向上（長寿命化）、音響特性の向上（低騒音化）等の機能の向上が求められている。一方、スラスト軸受の機能を低下させる要因の１つとして、軌道盤の反り・うねりがある。

【０００３】

たとえばスラストころ軸受の軌道盤の反り・うねりが大きい場合、軸受が動作する際、転動体であるころの転走面の一部のみが軌道盤に対して押し付けられる現象（片当たり）が生じる。この片当たりは、転動体であるころと軌道盤との間の油膜切れの原因となり得る。油膜切れが生じた場合、ころと軌道盤との間は金属接触となって、その部分の温度が上昇する。これにより、表面損傷や表面起点型の剥離が生じ、軸受の寿命が短くなるおそれがある。また、片当たりが生じることにより、片当たりの生じた部分で、ころと軌道盤との接触面圧が設計上予測される値を超える可能性がある。この場合、内部起点型の剥離が早期に生じて軸受の寿命が短くなるおそれがある。

【０００４】

また、スラスト軸受の軌道盤の反り・うねりが大きい場合、軸受の動作時の騒音や振動が大きくなる。動作音が小さいことが必要な環境で使用される軸受の場合、これは大きな問題となる。

【０００５】

これに対し、軌道盤に対応する環状体の焼入れの冷却工程において、環状体の組織がオーステナイト状態のうちに所定の加工を加える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、焼入後における環状体のひずみが抑制される。

【０００６】

また、軌道盤に対応するリング状部材に対して所定の加工率で矯正焼戻しを行う方法が提案されている。これにより、熱処理完了後におけるリング状部材の寸法精度が向上する（たとえば特許文献２参照）。

【０００７】

また、冷間加工後のリング状部材を型で拘束して加熱する方法が提案されている。これにより、リング状部材のサイジングが行われるとともに加工応力が除去される。その結果、その後の熱処理の際に生じるリング状部材の変形が抑制される（たとえば特許文献３参照）。

【特許文献１】特開平８－２２５８５１号公報
【特許文献２】特開平９－２５６０５８号公報
【特許文献３】特開平１１－４３７１７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかし近年、スラスト軸受が部品として使用される製品、たとえばオートマチック・トランスミッションはますます高機能化している。これに伴い、そこに使用されるスラスト軸受に対しては、さらなる高機能化および高精度化、たとえば長寿命化、低騒音化等が求められている。また、スラスト軸受の果たす役割の重要性に鑑み、スラスト軸受の精度に対して厳格な規格が要求される場合も少なくない。さらに、製品の価格競争力向上のため、スラスト軸受に対しても低コスト化の要求がある。

【０００９】

このような状況の下、前述の特許文献１～３において開示された製造方法により製造されたスラスト軸受では、熱処理終了時におけるスラスト軸受の軌道盤の精度が十分とはい

えず、その耐久性は十分とはいえない。特に、反り・うねりのばらつきが大きいことは、前述のように厳格な規格が要求される場合には、規格設定の大きな障害となる。また、音響特性についても近年の高い要求特性を考慮すれば十分とはいえない。また、熱処理終了後に研削加工を行えば十分な精度が得られるが、これでは製造コストが上昇し、前述の低コスト化の要求に応えることができない。さらに、熱処理の工程を追加する方法で精度を向上させることは、低コスト化の要求に反するものとなる。

【００１０】

また、特にオートマチック・トランスミッションに用いられるスラスト軸受では、省エネルギ化の観点からこの部分に用いるオイルに添加剤を入れて使用する場合がある。添加剤入りのオイルは、軸受における潤滑性能が通常のオイルよりも劣り、このためスラスト軸受のころと転走面との差動すべりにおいて、油膜切れを起し、金属接触となり接触部が発熱し、表面損傷（スミアリング）や表面起点型の剥離が発生しやすくなり、耐久性が低下する場合があった。

【００１１】

また、オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受では、エンジン動力の伝達のために、高速回転、また頻繁で大きな増減速の変動（それに伴う加速度の増減の変動）を受ける。さらに上記スラスト軸受では、小型化、軽量化、高荷重化のために、部品における応力は増大する一途であり、表面損傷のみならず荷重依存型の内部起点型の損傷抑止に対しても対策が求められている。このような大きくかつ頻繁な加速度の印加を受けるオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受における上記表面および内部における損傷発生は、上記軌道盤の反り・うねりのばらつき増大によって高められる可能性がある。上述のように、ドライビングの快適性を向上させるための騒音抑制にも上記軌道盤の反り・うねりのばらつき抑制は重要と考えられる。

【００１２】

そこで本発明の目的は、低コストでありながら耐久性および音響特性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を安定して提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明に従ったオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、上記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受である。このスラスト軸受は、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、上記軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合の平均値に反り・うねりの標準偏差の３倍を加えた値が４０μｍ以下である軌道盤群からとられたものである。

【００１４】

前述のように、軌道盤の反り・うねりが大きくなることはスラスト軸受の寿命、音響特性等に悪影響を及ぼす。本発明者は軌道盤の反り・うねりとスラスト軸受の音響特性との関係を詳細に検討した。その結果、スラスト軸受の音響特性は軌道盤の反り・うねりが大きくなるにつれて直線的関係をもって悪化するのではなく、反り・うねりに臨界値が存在し、これを超えると音響特性が急激に悪化すること、およびこの臨界値は４０μｍ～５０μｍであることを見出した。したがって、軌道盤群の反り・うねりの上限値を４０μｍ以下とすることができれば、音響特性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を安定して製造することができる。また、反り・うねりが小さくなれば、既に述べた片当たりなどの現象の発生確率を低くすることができるので、スラスト軸受の寿命を延ばす（耐久性を高める）ことができる。つまり、音響特性に加えて耐久性に優れたスラスト軸受を安定して製造することができる。そして、このようなスラスト軸受を適用することにより、オートマチック・トランスミッションの信頼性や耐久性を向上させることができる。

【００１５】

ここで一般に、平均値に標準偏差の３倍を加えた値は統計的品質管理において事実上の

上限値として扱われる値である。スラスト軸受の軌道盤の反り・うねりにおいても、その分布を正規分布と仮定すると、軌道盤の反り・うねりの平均値に標準偏差の３倍を加えた値が４０μｍ以下である軌道盤群においては、反り・うねりの値が４０μｍを超える軌道盤は軌道盤群全体の０．１３％となり、４０μｍが事実上の上限であると考えることができる。したがって、本発明の軌道盤によれば、上記軌道盤群を構成する軌道盤の反り・うねりの事実上の上限値が４０μｍであることにより、音響特性に優れたスラスト軸受を構成することが可能な軌道盤を安定して得ることができる。また、上述のように軌道盤の反り・うねりを小さくすることにより、耐久性に優れたスラスト軸受を構成することが可能な軌道盤を得ることもできる。

【００１６】

また、さらに音響特性に優れたスラスト軸受を構成することが可能な軌道盤群を安定して得るためには、無作為に抽出した軌道盤群を構成する各軌道盤群の反り・うねりを測定した場合に反り・うねりの平均値に標準偏差の３倍を加えた値は３０μｍ以下であることが好ましい。また、この場合、軌道盤の反り・うねりがより小さくなるため、当該軌道盤を用いたスラスト軸受の耐久性をより向上させることもできる。

【００１７】

本発明に従ったオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、上記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受である。このスラスト軸受は、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、上記軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合に反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率が０．１％以下である軌道盤群からとられたものである。すなわち、無作為に抽出した１０００枚の軌道盤の反り・うねりを測定した場合に４０μｍ以上の軌道盤が１枚以下である。

【００１８】

上述のように、反り・うねりの事実上の上限値を４０μｍ以下とすることができれば、音響特性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を安定して製造することができる。

【００１９】

ここで、無作為に抽出した軌道盤群を構成する各軌道盤群の反り・うねりを測定した場合に、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率が０．１％以下であれば、軌道盤の反り・うねりは４０μｍが事実上の上限であると考えることができる。したがって、本発明の軌道盤群からとられた軌道盤を備えたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受によれば、軌道盤群を構成する軌道盤の反り・うねりの事実上の上限が４０μｍであることにより、優れた音響特性を安定して得ることができる。また、耐久性にも優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を得ることもできる。

【００２０】

本発明に従ったオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、上記部品間に伝達される荷重を負荷されたスラスト軸受である。このスラスト軸受は、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、その軌道盤は軌道盤群からとられたものであり、その軌道盤群は、製造工程、特に焼入工程の１つのロットに属する（１回の焼入工程において処理される）軌道盤群であり、その軌道盤群の軌道盤の反り・うねりを測定した場合に反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率は０．１％以下である。

【００２１】

これにより、上記と同様に音響特性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を構成することができる。また、反り・うねりが小さくなれば、既に述べた片当たりなどの現象の発生確率を低くすることができるので、耐久性にも優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を得ることもできる。

【００２２】

また、上記軌道盤群を構成する軌道盤の数は１００枚とすることができるが、好ましくは５００枚、さらに好ましくは１０００枚とすることができる。

【００２３】

本発明に従ったオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、上記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受である。このスラスト軸受は、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、その軌道盤の転走面に垂直な断面を鏡面研磨し、ピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えた腐食液に浸漬して前記鏡面研磨した面を腐食した後、光学顕微鏡により４００倍の倍率で前記断面の中央部を観察した場合に、旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の１０％以下である。ここで、軌道盤の転走面とはスラスト軸受の軌道盤が転動体と接触する側の面をいう。また、旧オーステナイト結晶粒界とは軌道盤の鋼組織が焼入工程においてオーステナイト化した際に形成された結晶粒界であって、鋼組織を腐食液により腐食させた場合に優先的に腐食されて出現する境界線をいう。また、上述のように鏡面研磨した面を腐食した後、結晶粒界で閉じられた領域の存在比率を測定する測定領域は実サイズで２２５μｍ×１７５μｍの四角形状の領域であってもよい。このとき、結晶粒界で閉じられた領域は上記測定領域全体の１０％以下、より好ましくは５％以下としてもよい。

【００２４】

本発明者は以下のように旧オーステナイト結晶粒界とスラスト軸受の耐久性との関係について検討を行った。

【００２５】

一般にスラスト軸受の軌道盤は浸炭熱処理、光輝熱処理等により焼入硬化して製造される。この場合、まず軌道盤はA_{c1}点以上の温度に加熱され、鋼組織はオーステナイト化して結晶粒界が形成される。このとき、結晶粒界には粒内に比べて格子欠陥が多く存在する。また、結晶粒界には粒内に比べて鋼中の不純物元素が多く存在する。その後、軌道盤はM_s点以下の温度に急冷され、鋼組織はマルテンサイト化する。しかし、オーステナイト状態であった際に結晶粒界であった部位は組織がマルテンサイト化した後も、オーステナイト結晶粒界であったことに起因して周囲の組織と異なった特性を有する部位（旧オーステナイト結晶粒界）となる。この旧オーステナイト結晶粒界は周囲の組織に比較して腐食されやすいため、焼入後の組織を腐食することにより、その存在を確認することができる。

【００２６】

このように、旧オーステナイト結晶粒界は焼入後の組織に存在し、周囲の組織と異なった特性を有するため、スラスト軸受の軌道盤において亀裂の発生や進展を促進し、スラスト軸受の耐久性を低下させる可能性がある。

【００２７】

これに対し、本発明者は旧オーステナイト結晶粒界の形成を十分に進行させないことにより、具体的には軌道盤の転走面に垂直な断面を鏡面研磨し、ピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えた腐食液に浸漬して鏡面研磨した面を腐食した後、光学顕微鏡により４００倍の倍率でその断面の中央部を観察した場合に、結晶粒界で閉じられた領域が視野全体の１０％以下となるようにすることにより（または実サイズで２２５μｍ×１７５μｍの四角形状の測定領域について結晶粒界で閉じられた領域が１０％以下となるようにすることにより）、スラスト軸受の耐久性が著しく向上することを見出した。したがって、本発明のスラスト軸受の軌道盤によれば、耐久性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を提供することができる。つまり、本発明によるオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を用いることで、潤滑性能や差動すべりの点、また増減速の頻度および大きさの点から過酷な条件下におけるオートマチック・トランスミッションでの使用において優れた耐久性を得ることができる。

【００２８】

なお、結晶粒界で閉じられた領域が視野全体の１０％以下とすることでオートマチック

・トランスミッション用スラスト軸受の耐久性は明確に向上するが、より耐久性を向上させるためには５％以下とすることが好ましい。

【００２９】

本発明に従ったオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの部品間に配置され、上記部品間に伝達される荷重を負荷されるスラスト軸受である。このスラスト軸受は、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、その軌道盤の表層の粒界酸化層の厚さは１μｍ以下である。

【００３０】

本発明者は以下のように粒界酸化層とオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受の耐久性との関係について検討を行った。

【００３１】

すでに述べたように、一般にスラスト軸受の軌道盤は浸炭熱処理、光輝熱処理等により焼入硬化して製造される。この場合、軌道盤の表層部の結晶粒界においては鋼中のＣｒ、Ｍｎ等の合金元素と雰囲気ガス中に存在する酸素とが反応して、酸化物が形成される。そのため、軌道盤の厚み方向において、最表面から、酸化物が形成されている領域の最も深い部分までを含む層状部（以下、表層部の粒界酸化層と呼ぶ）では鋼中の合金元素量が低下する。その結果、軌道盤表層部の粒界酸化層は焼入硬化がされにくくなり、焼入後の硬さが低下するおそれがある。そうすると、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用されるスラスト軸受の軌道盤においては、表層部の硬さ（つまり強度）が低くなり、表層部を起点とした破損が起こりやすくなる。また、粒界酸化層に形成された酸化物は周囲の鋼の組織と比べて著しく硬さが異なるため、亀裂発生の起点となるおそれがある。以上の理由により、表層部に粒界酸化層を有する軌道盤を備えたスラスト軸受は表層部を起点とした破損が起こりやすくなり、耐久性（寿命）が低下するおそれがある。また、硬さの低い粒界酸化層の存在により、表面損傷が発生しやすくなる。

【００３２】

ここで、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用されるスラスト軸受の軌道盤においては、軌道盤表面から粒界酸化が発生していない領域までの距離（つまり粒界酸化層の厚さ）は通常２μｍ～１０μｍ程度である。これに対し、本発明者は粒界酸化層の厚さを十分小さくすることで、具体的には１μｍ以下とすることで、スラスト軸受の耐久性が著しく向上することを見出した。したがって、上述のような特性を有する軌道盤を用いて、耐久性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を提供することができる。

【００３３】

また、上記のように表層の粒界酸化層の厚さを非常に小さくすることにより、表層部の変形抵抗を向上させることができる。このため、上記オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受の転走面が関係するすべての損傷の発生を抑制する方向に作用し、上記過酷な条件下において優れた耐久性を得ることができる。

【００３４】

なお、粒界酸化層の厚さは１μｍ以下とすることでスラスト軸受の耐久性は明確に向上するが、さらに耐久性を向上させるためには０．５μｍ以下とすることが好ましい。

【００３５】

また、上記のトルクコンバータは、エンジンの出力軸に連結されるインペラと、トランスミッションの入力軸に連結され、上記インペラと対向するように位置するタービンと、上記インペラとタービンとの間に位置するステータとを有し、上記オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受が、上記インペラとステータとの間および上記タービンとステータとの間の少なくとも一方に配置されている構成とすることができる。この構成により、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータの耐久性を向上させ、また騒音を抑制することができる。

【００３６】

上記オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受において好ましくは、軌道盤の表面硬さは６５３ＨＶ以上であり、かつ軌道盤の内部硬さは６５３ＨＶ以上である。

【００３７】

軌道盤の表面硬さが６５３ＨＶより低くなると、スラスト軸受の転動疲労寿命は低下する。これに対し、表面硬さを６５３ＨＶ以上とすることで、転動疲労寿命の低下を回避することができる。さらに、表面だけでなく内部硬さをも６５３ＨＶ以上とすることで、表面のみ６５３ＨＶ以上である軌道盤に比べて軌道盤に塑性変形が生じにくくなり、よりオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受の転動疲労寿命が向上する。ここで、表面硬さとは軌道盤の表面においてころと接触する部分（転走面の転走部分）の硬さをいう。また、内部硬さとは軌道盤においてころと接触する面に垂直な断面の中央部の硬さをいう。

【００３８】

上記オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受において好ましくは、軌道盤の材質は０．４質量％以上１．２質量％以下の炭素を含む鋼である。

【００３９】

鋼を焼入硬化した場合の硬さの上限は鋼の炭素含有量に依存する。前述の６５３ＨＶ以上の硬さを確保するためには炭素量は少なくとも０．４質量％以上必要である。一方、炭素量が多くなると焼入後にマルテンサイト化せずに残留するオーステナイト（残留オーステナイト）が多くなる。残留オーステナイトは少量であればその影響は小さいが、炭素量が１．２質量％以上となると残留オーステナイト量が多くなり、焼入硬さが低下する。また、残留オーステナイトは経年変化によりマルテンサイト化し、寸法変化の原因となる。さらに、炭素量が１．２質量％以上になると炭化物（Fe_3C；セメンタイト）の粗大化、凝集化が生じ、軌道盤の靭性が著しく劣化する。したがって、炭素量を０．４質量％以上、１．２質量％以下とすることで、耐久性に優れたオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を構成する軌道盤に必要な硬さ、寸法安定性および靭性を確保することができる。

【００４０】

上記オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受において好ましくは、軌道盤は鋼板をプレス加工することにより得られた部材を用いて構成されている。

【００４１】

これにより、旋削などの方法で成形した部材を用いているものよりも、低コストな軌道盤とすることができる。この結果、オートマチック・トランスミッション用スラスト軸受の低コスト化を図ることができる。

【発明の効果】

【００４２】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、低コストでありながら、過酷な潤滑環境および応力印加条件下において、優れた耐久性および音響特性を有するオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４３】

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返さない。また、スラスト軸受とはオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受をさす。

【００４４】

（実施の形態１）

図１は本発明の一実施の形態である実施の形態１のスラスト軸受を示す概略断面図である。また、図２は実施の形態１のスラスト軸受の軌道盤の反り・うねりの測定部位を示す概略平面図である。また、図３は反り・うねりの測定により得られるプロファイルの一例を示す図である。図１～図３を参照して、本発明の実施の形態１のスラスト軸受の構成を説明する。

【００４５】
図１（ａ）を参照して、スラスト軸受１０は、たとえば一対の軌道盤１１、１１と、複数の転動体１２と、環状の保持器１３とを備えている。転動体１２は一対の軌道盤１１、１１の間において、軌道盤１１、１１の転走面１１Ａ、１１Ａに接触して配置されている。さらに、転動体１２は保持器１３により周方向に所定のピッチで配置され、かつ転動自在に保持されている。これにより、軌道盤１１、１１の各々は互いに相対的に回転することができる。
【００４６】
図２を参照して、反り・うねりの測定は破線で示すように内径から１ｍｍの位置、外径から１ｍｍの位置、および中央部の位置について行われている。図３を参照して、測定により得られる高さのプロファイルから高さの最高点と最低点との差が読み取られ、反り・うねりの値とされている。この測定方法により得られる本実施の形態１のスラスト軸受１０が備えている軌道盤１１の複数枚（軌道盤群）について反り・うねりを測定した場合、その値の平均値に標準偏差の３倍を加えた値は４０μｍ以下である。
【００４７】
また、上述した本発明によるスラスト軸受の軌道盤１１では、軌道盤１１の転走面１１Ａに垂直な断面の中央部において旧オーステナイト結晶粒界は、ほとんど観察することができない。これは、旧オーステナイト結晶粒界の形成が十分進んでいないためであると考えられる。この視野の旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は観察した視野全体の１０％以下である。また、この視野の中央部に実サイズで２２５μｍ×１７５μｍの測定領域を設定した場合、当該測定領域において旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域の比率は当該領域全体の１０％以下である。一方、従来のスラスト軸受の軌道盤では、転走面１１Ａに垂直な断面の中央部において明確な旧オーステナイト結晶粒界を観察することができる。これは、旧オーステナイト結晶粒界の形成が十分進んでいるためであると考えられる。この視野の旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の９０％以上である。
【００４８】
ここで、軌道盤１１の転走面１１Ａに垂直な断面の中央部における旧オーステナイト結晶粒界の観察はたとえば次の手順で行うことができる。まず、スラスト軸受１０の軌道盤１１を転走面１１Ａに垂直な面で切断する。次にその断面を鏡面研磨した後、研磨された面を室温で腐食液に３０分間浸漬して腐食する。腐食液はピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えたもの（ＪＩＳ　Ｇ　０５５１　附属書１）を使用した。その後、断面の中央部を４００倍の倍率で光学顕微鏡により観察する。
【００４９】
この観察方法により観察される本実施の形態１に係るスラスト軸受１０の軌道盤１１の転走面に垂直な断面の中央部における旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の１０％以下である。
【００５０】
また、本実施の形態１のスラスト軸受１０の軌道盤１１において、表層部の粒界酸化層の厚さは１μｍ以下である。一方、従来のスラスト軸受の軌道盤では表層部の粒界酸化層の厚さは６μｍ程度である。ここで、軌道盤１１の表層部の粒界酸化層の観察はたとえば次の手順で行うことができる。まず、スラスト軸受１０の軌道盤１１を転走面１１Ａに垂直な面で切断する。次にその断面を鏡面研磨した後、研磨された面を室温で３％ナイタルに浸漬して腐食する。浸漬時間は、たとえば２秒～１０秒程度であるが、鋼種により腐食されやすさが異なるため、腐食の進行状況を確認しながらそれぞれの軌道盤について適当な時間とすることができる。その後、転走面直下の表層部を光学顕微鏡により観察する。この観察方法により観察される本実施の形態１に係るスラスト軸受の軌道盤の表層部の粒界酸化層の厚さは上述のように１μｍ以下であった。
【００５１】
次に、本実施の形態１における軌道盤１１およびスラスト軸受１０の製造方法について

説明する。

【００５２】

図４は本実施の形態１における軌道盤１１の製造工程の一例を示した図である。図４を参照して、本実施の形態１の軌道盤１１の製造工程の一例を説明する。

【００５３】

まず、本実施の形態１における軌道盤１１の材料としては、たとえばＳ５５Ｃ、ＳＡＥ１０７０、ＳＫ５、ＳＵＪ２を選択することができる。これらの材料はいずれも０．４質量％以上１．２質量％以下の炭素を含む鋼である。たとえばこれらの材料の鋼板を素材として、プレス加工により軌道盤１１を成形する。これにより、軌道盤１１は鋼板をプレス加工して成形することにより得られた部材を用いて構成されることになる。次に、軌道盤１１に反り・うねりが発生するのを抑制するために軌道盤１１を拘束した状態で、誘導加熱による焼入れおよび焼戻しを行う。これにより、焼入工程における加熱時間が一般的焼入硬化処理である浸炭熱処理、光輝熱処理等と比較して極めて短いため、旧オーステナイト結晶粒界の形成は十分に進行せず、また粒界酸化層はほとんど形成されない。また、焼入焼戻工程において軌道盤を拘束しているため、反り・うねりが抑制される。さらに、軌道盤１１の表面硬さおよび内部硬さはいずれも６５３ＨＶ以上となっている。次に、研削加工を行うことなく、たとえばタンブラーにより仕上げが行われる。

【００５４】

なお、このような工程によれば、誘導加熱設備は比較的小規模で、かつ取り扱いに注意が必要な浸炭ガス等も使用しないため、加工工程とともに１つのラインを構成する（ワンライン化する）ことができる。そのため、熱処理前および熱処理後の仕掛品が発生しない。これにより製造コスト低減が可能となる。また、製品の管理も容易となるため、ピースバイピースの品質管理を行い得る。これにより製品の高品質化が実現される。

【００５５】

さらに、通常の工程では軌道盤の焼戻し終了時において反り・うねりが大きいため、矯正するためのプレステンパーの工程が設けられる場合が多い。これに対して、この工程では焼入焼戻工程において軌道盤の反り・うねりを抑制するための拘束がおこなわれているため、焼戻し終了時において、軌道盤１１の反り・うねりが小さい。そのため、プレステンパーの工程は不要となり、高精度の軌道盤１１を低コストで製造することが可能となっている。

【００５６】

次に、本実施の形態１における軌道盤１１の熱処理方法のうち、焼入れおよび焼戻しについて詳細に説明する。

【００５７】

図５は実施の形態１における軌道盤１１の製造工程で使用される熱処理装置の一例を示した図である。図５を参照して、実施の形態１における軌道盤１１の熱処理方法の一例を詳細に説明する。

【００５８】

図５を参照して、誘導熱処理装置３は、誘導コイル３０と、下部拘束用治具５０Ａと、上部拘束用治具５０Ｂと、中心軸５１と、治具押えナット５３とを備えている。誘導コイル３０は冷却水を吐出するための冷却水吐出口３１を有している。また、中心軸５１は下端に膨出部５１１を有し、上部にねじ部５１２を有している。また、治具押えナット５３は内径側にねじ溝を有している。

【００５９】

以下、同図を参照して熱処理の手順を説明する。

【００６０】

下部拘束用治具５０Ａには中心軸５１が挿入される。下部拘束用治具５０Ａは中心軸の下端の膨出部５１１に接触するように配置される。中央部に穴を有するスラスト軸受の軌道盤１１には、中心軸５１が挿入される。軌道盤１１は下部拘束用治具５０Ａの平滑な上面に接触するように配置される。軌道盤１１は１枚でもよいが、熱処理の効率向上の観点

から複数枚であることが好ましい。複数枚同時に熱処理を行う場合、軌道盤１１は中心軸５１を挟む両側に配置された誘導コイル３０による加熱が可能な範囲で、積み重ねて配置される。上部拘束用治具５０Ｂはその平滑な下面が軌道盤１１の上部に接触するように配置される。また、上部拘束用治具５０Ｂには、中心軸５１が挿入される。治具押えナット５３は内径側のねじ溝が中心軸５１のねじ部５１２と噛み合うように中心軸５１に嵌めこまれ、所定のトルクで締め付けられる。これにより、軌道盤１１は転走面１１Ａを押圧する向きの応力を転走部分全体に負荷される。

【００６１】

誘導コイル３０に高周波電流を通電すると軌道盤１１は誘導加熱される（加熱工程）。軌道盤１１はA_{c1}点以上の温度に加熱されて所定時間保持される。その後、通電が停止されるとともに誘導コイル３０の冷却水吐出口３１を通して冷却水が軌道盤１１に吹き付けられる。これにより、軌道盤１１はM_s点以下の温度に急速に冷却される（冷却工程）。以上の手順により、軌道盤１１は転走面を押圧する向きの応力を負荷された状態で、焼入硬化される。このとき、一様に加熱および冷却を行うため、矢印で示すように誘導熱処理装置３のうち誘導コイル３０以外の部分を中心軸５１を回転軸として誘導コイル３０に対して相対的に回転させることが好ましい。

【００６２】

なお、A_{c1}点とは鋼を連続的に加熱する際に、鋼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。また、軌道盤の転走面とは軌道盤において転動体が転走する側の面をいう。また、軌道盤の転走部分とは転走面のうち転動体が転走する部分をいう。

【００６３】

さらに、再度誘導コイル３０には高周波電流が通電され、軌道盤１１はA_{c1}点以下の温度に加熱される。その後軌道盤１１は所定の時間、所定の温度で保持された後、加熱が中止されることで冷却される（焼戻工程）。以上の手順により、軌道盤１１は転走面を押圧する向きの応力を負荷された状態で焼戻しされる。このとき、一様に加熱を行うため、矢印で示すように誘導熱処理装置３のうち誘導コイル３０以外の部分を中心軸５１を回転軸として誘導コイル３０に対して相対的に回転させることが好ましい。

【００６４】

以上の工程により、旧オーステナイト結晶粒界が十分に形成されることなく、かつ粒界酸化層はほとんど形成されず、軌道盤１１は転走面１１Ａを押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤１１の転走部分全体に対して負荷されながら焼入れおよび焼戻しされる。

【００６５】

なお、応力は必ずしも負荷し続ける必要はなく、必要に応じて解除することができるが、変形を抑制する観点および工程数を少なくする観点から、熱処理開始前に軌道盤１１を拘束し、かつ熱処理終了まで拘束し続けることが望ましい。また、軌道盤１１は１枚ずつ熱処理を行うこともできるが、軌道盤１１の製造コストをさらに低減するためには、複数枚同時に熱処理を行うことが望ましい。

【００６６】

本熱処理方法によれば、軌道盤１１の旧オーステナイト結晶粒界の形成を十分に進行させないことができる。また、軌道盤１１の表層部の粒界酸化層の厚さを１μｍ以下とすることができる。さらに、軌道盤１１の反り・うねりが抑制され、熱処理終了時において複数の軌道盤１１からなる軌道盤群の反り・うねりの値の平均値に標準偏差の３倍を加えた値は４０μｍ以下とすることができる。

【００６７】

以上の熱処理方法により、反り・うねりの値の平均値に標準偏差の３倍を加えた値は４０μｍ以下であり、かつ軌道盤１１の表面硬さおよび内部硬さが６５３ＨＶ以上であり、軌道盤１１の転走面１１Ａに垂直な断面を鏡面研磨し、ピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えた腐食液に浸漬して研磨した面を腐食した後、光学顕微鏡により４００倍の倍率

で断面の中央部を観察した場合に、旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域が視野全体の１０％以下であり、焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用されるスラスト軸受１０の軌道盤１１であって、表層部の粒界酸化層の厚さは１μｍ以下であり、かつ軌道盤１１の材質は０．４質量％以上１．２質量％以下の炭素を含む鋼であり、かつ軌道盤１１は鋼板をプレス加工することにより得られた部材を用いて構成されたスラスト軸受の軌道盤１１を製造することができる。また、この軌道盤１１を使用することにより、上記構成を有する軌道盤１１を備えたスラスト軸受１０を製造することができる。

【００６８】

なお、図１（ａ）においては転動体１２は単列に配置されているが、（ｂ）～（ｅ）のように複列に配置されてもよい。また、保持器１３の形状は図１（ａ）において示された形状に限られず、たとえば図１（ｂ）～図１（ｅ）に示すような形状であってもよい。また、図１（ａ）～図１（ｃ）においては保持器１３は金属製であるが、保持器１３の材質は金属に限られず、たとえば図１（ｄ）および図１（ｅ）に示すように材質は樹脂であってもよい。また、複列の転動体１２を有する場合、図１（ｂ）～図１（ｄ）では、径方向に隣り合う転動体は保持器に設けられた単一の保持領域で保持されているが、図１（ｅ）に示すように保持領域が分離され、複数の保持領域においてそれぞれの転動体１２が保持されてもよい。

【００６９】

また、上記のスラスト軸受の熱処理方法では図５に示した誘導熱処理装置３を用いて熱処理を行う場合について説明したが、上記熱処理方法を変形した他の熱処理方法を選択することもできる。

【００７０】

図６は実施の形態１における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。図６を参照して、第１の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。

【００７１】

図６を参照して、第１の変形例における誘導熱処理装置３と、上述した図５の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、第１の変形例の誘導熱処理装置３は中心軸５１およびこれに噛み合う治具押えナット５３を有さない一方で、軌道盤１１の内径側に誘導コイル３０が配置される点で図５の誘導熱処理装置３と異なっている。

【００７２】

以下、同図を参照して熱処理の手順を説明する。

【００７３】

熱処理の手順も基本的には図５の場合と同様である。しかし、図５の場合とは異なり、上部拘束用治具５０Ｂは治具押えナット５３で締め付けられて軌道盤１１に押し付けられるのではなく、他の手段（たとえば油圧シリンダなど）により圧力を負荷される。これにより、転走面を押圧する向きの応力が、少なくとも軌道盤１１の転走部分全体に対して負荷される。また、焼入れおよび焼戻しの加熱は、軌道盤１１の外径側からだけでなく、内径側からも行われる。

【００７４】

この第１の変形例によれば、軌道盤１１は実施の形態１の場合と比較して、より均一に加熱される。そのため、反り・うねりの抑制に有利である。

【００７５】

図７は実施の形態１における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。図７を参照して、第２の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。

【００７６】

図７を参照して、第２の変形例における誘導熱処理装置３と上述の図５の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、第２の変形例の誘導熱処理装置３は誘導コイル３０に代えて、焼入用誘導コイル３０Ａと焼戻用誘導コイル３０Ｂとがそれぞ

れ中心軸５１を挟む両側に配置される点で図５の誘導熱処理装置３と異なる。また、焼入用誘導コイル３０Ａは第１の焼入用誘導コイル３０Ａ１と、第１の焼入用誘導コイル３０Ａ１に隣接し、かつ焼戻用誘導コイル３０Ｂとの間に配置された第２の焼入用誘導コイル３０Ａ２からなっている。第２の焼入用誘導コイル３０Ａ２は冷却水吐出口３１を有している。また、図５の誘導熱処理装置３では配置されたすべての軌道盤１１が同時に加熱可能に構成されているのに対し、第２の変形例では一部の軌道盤１１のみが加熱可能に構成されている。具体的には、一部の軌道盤１１の端面にのみ対向することができるように、誘導コイル３０Ａ、３０Ｂの高さはセットされた複数の軌道盤１１の高さよりも小さくなっている。さらに、第２の変形例では、誘導コイル３０Ａ、３０Ｂおよび中心軸５１の一方または両方が中心軸５１の軸方向に移動可能であることにより、中心軸５１が誘導コイル３０Ａ、３０Ｂに対して相対的に移動可能な構成となっている。

【００７７】

以下、同図を参照して熱処理の手順を説明する。

【００７８】

下部拘束用治具５０Ａ、上部拘束用治具５０Ｂ、軌道盤１１、治具押えナット５３は図５の場合と同様に配置され、軌道盤１１の転走面を押圧する向きの応力が、少なくとも軌道盤１１の転走部分全体に対して負荷される。

【００７９】

次に、誘導コイル３０Ａおよび３０Ｂに高周波電流が通電されるとともに、中心軸５１は誘導コイル３０Ａおよび３０Ｂに対して相対的に移動する。これに伴い軌道盤１１は通電された第１の焼入用誘導コイル３０Ａ１に挟まれる位置に到達する。これにより軌道盤１１はA_{c_1}点以上の温度に誘導加熱される。そして、加熱された軌道盤１１は第１の焼入用誘導コイル３０Ａ１に対して相対的に移動しつつ、第２の焼入用誘導コイル３０Ａ２に挟まれる位置に到達し、その間所定時間A_{c_1}点以上の温度に保持される。その後、軌道盤１１に対する第２の焼入用誘導コイル３０Ａ２による加熱が中止されるとともに、軌道盤１１には冷却水吐出口３１から冷却水が吹き付けられ、M_s点以下の温度に急速に冷却される。以上の手順により、軌道盤１１に転走面１１Ａを押圧する向きの応力を負荷した状態で、焼入れが実施される。この焼入工程における加熱時間は一般的焼入硬化処理である浸炭熱処理、光輝熱処理等と比較して極めて短いため、旧オーステナイト結晶粒界の形成は十分に進行せず、また粒界酸化層はほとんど形成されない。

【００８０】

さらに軌道盤１１は誘導コイル３０Ａ、３０Ｂに対して相対的に移動し、焼戻用誘導コイル３０Ｂに挟まれる位置に到達する。これにより、軌道盤１１はA_{c_1}点以下の所定の焼戻温度に加熱される。そして、加熱された軌道盤１１は焼戻用誘導コイル３０Ｂに対して相対的に移動しつつ、所定時間経過後加熱範囲から離脱することで、空冷される。これにより、軌道盤１１に転走面を押圧する向きの応力を負荷した状態で焼戻しが実施される。

【００８１】

以上の工程により、軌道盤１１は転走面を押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤の転走部分全体に対して負荷されながら焼入れおよび焼戻しされる。

【００８２】

第２の変形例によれば、誘導コイル３０Ａ、３０Ｂの長さを超えて軌道盤１１を積み重ねても、軌道盤１１の熱処理を行うことができる。

【００８３】

（実施の形態２）

本実施の形態２のスラスト軸受１０と実施の形態１で図１～図３に基づいて説明したスラスト軸受１０とは基本的に同様の構成を有している。しかし、実施の形態１ではスラスト軸受１０が備えている軌道盤１１からなる軌道盤群の反り・うねりの値の平均値に標準偏差の３倍を加えた値は４０μｍ以下であったが、本実施の形態２では、軌道盤群を構成する、無作為に抽出した各軌道盤１１の反り・うねりを測定した場合に反り・うねりが４

０μｍ以上の軌道盤１１が検出される確率が０．１％以下である。

【００８４】

なお、軌道盤１１の反り・うねりの測定は上述のように実施の形態１において図２および図３に基づいて説明した方法で行ってもよいが、本実施の形態２では他の測定方法により行うこともできる。

【００８５】

図８は実施の形態２に適用可能な軌道盤の反り・うねりの測定方法の変形例を示した斜視図である。図８を参照して、反り・うねりの測定方法の変形例に用いる選別器具および選別方法について説明する。

【００８６】

図８を参照して、スリットゲージ２０は幅T_1＋ｄのスリット２１を有している。ここで、T_1は軌道盤１１の厚さである。また、ｄは反り・うねりの上限値である。

【００８７】

このスリット２１に軌道盤１１を挿入すると、軌道盤１１の反り・うねりがｄ以下であれば通り抜けることができるが、ｄを超える場合、通り抜けることができない。ここで、ｄ＝４０μｍとすることより、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤１１を選別することができる。これにより本実施の形態２の軌道盤１１からなる軌道盤群を選別した場合、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率は０．１％以下となっている。

【００８８】

また、本実施の形態の熱処理方法は実施の形態１で図４および図５に基づいて説明した方法と同様であり、第１の変形例または第２の変形例の熱処理方法を選択することもできる。

【００８９】

（実施の形態３）

図９は本発明の実施の形態３のスラスト軸受の転動体周辺の構成の一例を示す概略部分断面図である。図９を参照して、本発明のスラスト軸受の転動体周辺の構成の一例について説明する。

【００９０】

上述の実施の形態１および実施の形態２においては、スラスト軸受１０は、一対の軌道盤１１、１１と、複数の転動体１２と、環状の保持器１３とを備えており、軌道盤１１は平板状の形状を有している場合について説明した。本実施の形態３においては、図９（ａ）を参照して、スラスト軸受１０は、たとえば一対の軌道盤１１、１１と、転動体１２と、保持器１３とからなっている点では実施の形態１および実施の形態２と同様である。しかし、一方の軌道盤１１は径方向内径側に転走面１１Ａと交差する方向に延びる内径フランジ１１１を有しており、他方の軌道盤１１は径方向外径側に転走面１１Ａと交差する方向に延びる外径フランジ１１３を有している点で異なっている。また、内径フランジ１１１の先端部には径方向外径側に突出する内径フランジ突出部１１２が形成されており、外径フランジ１１３の先端部には径方向内径側に突出する外径フランジ突出部１１４が形成されている点でも異なっている。したがって、内径フランジ突出部１１２および外径フランジ突出部１１４の作用により、軌道盤１１と保持器１３および保持器１３に保持されている転動体１２は分離しない構成となっている。

【００９１】

なお、図９（ａ）では軌道盤１１が一対である場合について説明したが、図９（ｇ）～（ｋ）のように軌道盤１１は１枚であってもよい。また、図９（ａ）では軌道盤１１がフランジ１１１、１１３を有する場合について説明したが、図９（ｃ）～図９（ｆ）および図９（ｋ）のように一方または両方がフランジ１１１、１１３を有さないものであってもよい。また、図９（ａ）では軌道盤１１のフランジ１１１、１１３が突出部１１２および１１４を有する場合について説明したが、図９（ｂ）～図９（ｋ）のように一方または両方が突出部１１２および１１４を有さないものであってもよい。この場合、突出部１１２および１１４を有さない軌道盤１１と、保持器１３および保持器１３に保持されている転

動体１２とは分離可能となっている。

【００９２】

また、熱処理方法も基本的には実施の形態１および実施の形態２と同様であるが、上述のように、軌道盤１１はフランジ１１１、１１３を有する場合がある。この場合、実施の形態１および実施の形態２におけるスラスト軸受１０の熱処理方法については他の方法を選択する必要がある。以下、軌道盤１１がフランジ１１１、１１３を有する場合の本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

【００９３】

図１０は実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される熱処理装置の一例を示した図である。図１０を参照して、実施の形態３における軌道盤１１の熱処理方法の一例を詳細に説明する。

【００９４】

図１０を参照して、本実施の形態３における誘導熱処理装置３と上述の図５に示した実施の形態１の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、本実施の形態３で熱処理される軌道盤１１は内径フランジ１１１を有している。そのため、たとえば２枚の軌道盤１１を熱処理する場合、まず１枚目の軌道盤１１は転走面１１Ａの転走部分全体が下部拘束用治具５０Ａの平滑な上面に接触するように転走面１１Ａを下に向けて配置される。次に２枚目の軌道盤１１は１枚目の軌道盤１１の上部に転走面１１Ａを上に向けて配置される。さらに、その上部には上部拘束用治具５０Ｂが、その平滑な下面が転走面１１Ａの転走部分全体と接触するように配置される。これにより、図５と同様に軌道盤１１は転走面１１Ａを押圧する向きの応力を、軌道盤１１の転動部分全体において負荷される。

【００９５】

次に、誘導コイル３０に高周波電流が通電され、以後の熱処理は図５の実施の形態１の場合と同様に行われる。このようにして、内径フランジ１１１を有する軌道盤１１は、転走面１１Ａを押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤の転走部分全体に対して負荷されながら焼入れおよび焼戻しされる。また、この焼入工程における加熱時間は一般的焼入硬化処理である浸炭熱処理、光輝熱処理等と比較して極めて短いため、旧オーステナイト結晶粒界の形成は十分に進行せず、また粒界酸化層はほとんど形成されない。

【００９６】

図１１は実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。図１１を参照して、第１の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。

【００９７】

図１１を参照して、本実施の形態３の第１の変形例における誘導熱処理装置３と上述の図１０に示した実施の形態３の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、図１０では図５と同様に中心軸５１を有し、拘束用治具５０および治具抑えナット５３で軌道盤１１に応力を負荷する構成を有するが、図１１では図６の場合と同様に軌道盤１１の内径側に誘導コイル３０を配置する構成となっている点で異なっている。

【００９８】

次に、本変形例の熱処理の手順を説明する。まず、図１０の場合と同様に下部拘束用治具５０Ａ、軌道盤１１、および上部拘束用治具５０Ｂが配置される。そして、治具押えナット５３を使用せず、図６と同様に上部拘束用治具５０Ｂに圧力が負荷され、軌道盤１１が拘束される。次に、誘導コイル３０に高周波電流が通電され、以後の熱処理は図５の実施の形態１の場合と同様に行われる。このようにして、内径フランジ１１１を有する軌道盤１１は、転走面１１Ａを押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤の転走部分全体に対して負荷されながら焼入れおよび焼戻しされる。

【００９９】

図１２は実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。また、図１３は実施の形態３における軌道盤１１の

製造工程で使用される誘導熱処理装置の第３の変形例を示す概略断面図である。図１２および図１３を参照して、第２および第３の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。

【０１００】

図１２および図１３を参照して、第２および第３の変形例における誘導熱処理装置３と、上述の図１０および図１１に示した本実施の形態３および第１の変形例の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、図１０および図１１では軌道盤１１が内径フランジ１１１を有しているが、図１２および図１３では軌道盤１１は外径フランジ１１３を有している点で異なっている。この場合、図１２および図１３に示したように外径フランジ１１３を拘束用治具５０Ａ、５０Ｂの径方向外側に出した状態で軌道盤１１を拘束すれば、上述の図１０および図１１の場合と同様に軌道盤１１を拘束した状態で焼入れおよび焼戻しをすることができる。

【０１０１】

また、反り・うねりの測定方法も基本的には実施の形態１および実施の形態２と同様であるが、上述のように、軌道盤１１はフランジ１１１、１１３を有する場合がある。この場合において、実施の形態２で図８に基づいて説明した軌道盤１１の選別方法を用いる場合、選別方法を一部変形する必要がある。

【０１０２】

図１４は軌道盤１１が内径フランジ１１１を有する場合における、軌道盤１１の反り・うねりの選別方法を示した斜視図である。また、図１５は軌道盤１１が外径フランジ１１３を有する場合における、軌道盤１１の反り・うねりの選別方法を示した斜視図である。

【０１０３】

図１４および図１５を参照して、スリットゲージ２０は図８の場合と基本的に同様の構成を有している。しかし、スリット２１の幅が$T_1 + T_2 + d$である点で異なっている。また、選別において、測定用治具２２を使用する点でも異なっている。ここで、測定用治具２２は両底面が平行な平面である円筒状の形状を有し、かつフランジ１１１、１１３の高さより大きな厚さT_2を有している。

【０１０４】

この測定用治具２２の底面と軌道盤１１の転走面１１Ａとが全周にわたって接触するように合わせ、スリット２１に挿入する。そうすると、軌道盤１１の反り・うねりがｄ以下であれば通り抜けることができるが、ｄを超える場合、通り抜けることができない。ここで、ｄ＝４０μｍとすることより、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤１１を選別することができる。これにより本実施の形態３の軌道盤１１からなる軌道盤群を選別した場合、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率は０．１％以下となっている。

【０１０５】

（実施の形態４）

スラスト軸受１０の軌道盤１１が内径フランジ１１１または外径フランジ１１３を有する場合、軌道盤１１の熱処理方法については実施の形態１～実施の形態３で説明した方法に代えて、他の方法を選択することもできる。

【０１０６】

図１６は実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の一例を示した図である。図１６を参照して、実施の形態４における軌道盤１１の熱処理方法の一例を詳細に説明する。

【０１０７】

図１６を参照して、本実施の形態４における誘導熱処理装置３と上述の図５の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、本実施の形態４では軌道盤１１が内径フランジ１１１を有している。そのため、図１６で示した誘導熱処理装置３は中間部拘束用治具５０Ｃを有する点で図５で示した誘導熱処理装置１と異なっている。中間部拘束用治具５０Ｃはたとえば軌道盤１１の内径よりも大きな内径を有し、さらに上面および下面が平行かつ平滑な円筒状の形状を有している。

【０１０８】
次に同図を参照して、熱処理の手順を説明する。
【０１０９】
１枚目の軌道盤１１は下部拘束用治具５０Ａに接触し、かつ転走面１１Ａを上向きにして配置される。中間部拘束用治具５０Ｃはその上に重ねて、かつその平滑な下面が軌道盤１１の転走面１１Ａの少なくとも転走部分全体に接触するように配置される。次に２枚目の軌道盤１１は中間部拘束用治具５０Ｃの上に重ねて、かつ軌道盤１１の転走面１１Ａの少なくとも転走部分全体が中間部拘束用治具５０Ｃの平滑な上面に接触するように配置される。この中間部拘束用治具５０Ｃと２枚の軌道盤１１、１１との組み合わせを１つの単位として、誘導コイル３０が加熱可能な範囲でこれらが複数個積み重ねられる。その上部に上部拘束用治具５０Ｂが配置され、図５の場合と同様に治具押えナット５３により締め付けられる。これにより、軌道盤１１は転走面１１Ａを押圧する向きの応力を転走部分全体に負荷される。この状態で、軌道盤１１は図５の場合と同様に、転走面を押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤の転走部分全体に対して負荷されながら焼入れ、焼戻しされる。また、この焼入工程における加熱時間は一般的焼入硬化処理である浸炭熱処理、光輝熱処理等と比較して極めて短いため、旧オーステナイト結晶粒界の形成は十分に進行せず、また粒界酸化層はほとんど形成されない。
【０１１０】
図１７は実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。また、図１８は実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。図１７および図１８を参照して、第１および第２の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。
【０１１１】
図１６では中心軸５１および治具抑えナット５３を使用する場合について説明したが、図１７に示す誘導熱処理装置３のように、図６の場合と同様に中心軸５１および治具抑えナット５３に代えて軌道盤１１の内径側に誘導コイル３０を配置する構成を用いてもよい。また、図１８に示す誘導熱処理装置３のように、図７の場合と同様に中心軸５１が誘導コイル３０Ａおよび３０Ｂに対して相対的に移動可能な構成を用いてもよい。この場合の軌道盤１１の拘束は図１６の場合と同様に行い、以後の熱処理の手順は図６および図７の場合と同様である。
【０１１２】
図１９は実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第３の変形例を示す概略断面図である。図２０は実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第４の変形例を示す概略断面図である。また、図２１は実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第５の変形例を示す概略断面図である。図１９～図２１を参照して、第３、第４、および第５の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。
【０１１３】
図１９～図２１を参照して、図１９～図２１に示した第３、第４、および第５の変形例における誘導熱処理装置３と、上述の図１６～図１８に示した本実施の形態４および第１、第２の変形例の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、図１６～図１８では軌道盤１１は内径フランジ１１１を有しているのに対し、図１９～図２１では軌道盤１１は外径フランジ１１３を有している点で異なっている。この場合、外径フランジ１１３を図１９～図２１に示したように中間部拘束用治具５０Ｃの径方向外側に出した状態で軌道盤１１を拘束すれば、図１６～図１８で説明した上述の方法と同様に軌道盤１１を拘束した状態で、焼入れおよび焼戻しをすることができる。
【０１１４】
（実施の形態５）
内径フランジ１１１または外径フランジ１１３を有する軌道盤１１と、内径フランジ１

１１および外径フランジ１１３を有さない軌道盤１１とを組み合わせることで、軌道盤１１の熱処理方法についてはさらに他の方法を選択することもできる。

【０１１５】

図２２は実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の一例を示した図である。また、図２３は図２２の領域ＸＸＩＩＩの部分を拡大して示した部分拡大図である。図２２および図２３を参照して、実施の形態５における軌道盤１１の熱処理方法の一例を詳細に説明する。

【０１１６】

図２２および図２３を参照して、本実施の形態における誘導熱処理装置３と上述の図１６の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、本実施の形態５の誘導熱処理装置３では中間部拘束用治具５０Ｃに代えてフランジ１１１、１１３を有さない軌道盤１１が使用される点で図１６の誘導熱処理装置３と異なっている。

【０１１７】

次に同図を参照して、熱処理の手順を説明する。

【０１１８】

内径フランジ１１１を有する１枚目の軌道盤１１は下部拘束用治具５０Ａに接触し、かつ転走面１１Ａを上向きにして配置される。フランジ１１１、１１３を有さない軌道盤１１はその上に重ねて、かつ内径フランジ１１１を有する軌道盤１１の転走面１１Ａの少なくとも転走部分全体に接触するように配置される。次に内径フランジ１１１を有する２枚目の軌道盤１１はフランジ１１１、１１３を有さない軌道盤１１の上に重ねて、かつ内径フランジ１１１を有する軌道盤１１の転走面１１Ａの少なくとも転走部分全体がフランジ１１１、１１３を有さない軌道盤１１に接触するように配置される。フランジ１１１、１１３を有さない軌道盤１１はこのような配置が可能となるように複数枚重ねて配置されてもよい。以上の軌道盤１１の組み合わせを１つの単位として、誘導コイル３０が加熱可能な範囲でこれらが複数個積み重ねられる。以下、図１６の場合と同様にして、転走面１１Ａを押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤１１の転走部分全体に対して負荷されながら焼入れ、焼戻しが実施される。また、この焼入工程における加熱時間は一般的焼入硬化処理である浸炭熱処理、光輝熱処理等と比較して極めて短いため、旧オーステナイト結晶粒界の形成は十分に進行せず、また粒界酸化層はほとんど形成されない。

【０１１９】

図２４は実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。また、図２５は実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。図２４および図２５を参照して、第１および第２の変形例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。

【０１２０】

図２２では中心軸５１および治具抑えナット５３を使用する場合について説明したが、図２４に示す誘導熱処理装置３のように、図６の場合と同様に中心軸５１および治具抑えナット５３に代えて軌道盤１１の内径側に誘導コイル３０を配置する構成を用いてもよい。また、図２５に示す誘導熱処理装置３のように、図７の場合と同様に中心軸５１が誘導コイル３０Ａおよび３０Ｂに対して相対的に移動可能な構成を用いてもよい。この場合の軌道盤１１の拘束は図２２および図２３の場合と同様に行い、以後の熱処理の手順は図６および図７の場合と同様である。

【０１２１】

図２６は実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第３の変形例を示す概略断面図である。また、図２７は図２６の領域ＸＸＶＩＩの部分を拡大して示した部分拡大図である。また、図２８は実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第４の変形例を示す概略断面図である。また、図２９は実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第５の変形例を示す概略断面図である。図２６～図２９を参照して、第３、第４、および第５の変形

例の誘導熱処理装置を使用した熱処理について説明する。

【０１２２】

図２６～図２９を参照して、図２６～図２９に示した第３、第４、および第５の変形例における誘導熱処理装置３と、上述の図２２～図２５に示した本実施の形態５および第１、第２の変形例の誘導熱処理装置３とは基本的に同様の構成を有している。しかし、図２２～図２５では軌道盤１１は内径フランジ１１１を有しているのに対し、図２６～図２９では軌道盤１１は外径フランジ１１３を有している点で異なっている。この場合、外径フランジ１１３を図２６～図２９に示したようにフランジ１１１、１１３を有さない軌道盤１１の径方向外側にフランジ１１３を出した状態で軌道盤１１を拘束すれば、図２２～図２５で説明した上述の方法と同様に軌道盤１１を拘束した状態で、焼入れおよび焼戻しをすることができる。

【０１２３】

（実施の形態６）

図３０は、本発明の実施の形態６に係るオートマチック・トランスミッション（自動変速機）のスラスト軸受の配置を示す概略断面図である。オートマチック・トランスミッションは、通常、トルクコンバータ１００と、プラネタリーギア機構（図示せず）とで成り立っている。

【０１２４】

トルクコンバータ１００は、インペラ１０１と、ステータ１０２と、タービン１０３とを主に有している。本実施の形態のオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、たとえばインペラ１０１とステータ１０２との間、およびステータ１０２とタービン１０３との間に組み付けられたスラスト軸受１０である。

【０１２５】

このトルクコンバータ１００においては、エンジンの出力軸に連結されるインペラ１０１と、トランスミッションの入力軸に連結されるタービン１０３とが互いに対向するように配置されている。また、ステータ１０２は、ケーシングに固定されたステータシャフトに一方向クラッチ１０４を介して取り付けられている。このステータ１０２は、それぞれ椀状に形成されたインペラブレード１０１ａとタービンブレード１０３ａとの間で還流する流体を、これらの内径側でタービン１０３側からインペラ１０１側へ戻す際に、流体の流れ方向を変えてインペラ１０１に順方向の回転力を付与し、伝達トルクを増幅するものである。

【０１２６】

インペラ１０１とステータ１０２との間のスラスト軸受１０は、転動体の一例としてのころ６２と保持器１３と、軌道盤１１とを有している。一方の軌動盤１１はインペラハブ１０１ｂに組み付けられており、他方の軌道盤１１はステータ１０２側に組み付けられている。

【０１２７】

ステータ１０２とタービン１０３との間のスラスト軸受１０は、ころ６２と、保持器１３と、軌道盤１１とを有している。一方の軌道盤１１はタービンハブ１０３ｂに組み付けられており、他方の軌道盤１１はステータ１０２側に組み付けられている。

【０１２８】

上記のインペラ１０１とステータ１０２との間およびステータ１０２とタービン１０３との間に組み付けられるスラスト軸受１０の各々では、単列のころ６２が用いられている。

【０１２９】

上記のスラスト軸受は、両方とも図１に示すスラスト軸受と同類のものである。すなわち、転動体には単列のものが示されているが、複列であってもよく、次のスラスト軸受のいずれかに該当する。

（１）焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、上記軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合の平均値に反

り・うねりの標準偏差の３倍を加えた値が４０μｍ以下である軌道盤群からとられたものである。
（２）焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、その軌道盤は、複数の軌道盤の群から無作為に抽出した軌道盤の反り・うねりを測定した場合に反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率が０．１％以下である軌道盤群からとられたものである。
（３）焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、その軌道盤の転走面に垂直な断面を鏡面研磨し、ピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えた腐食液に浸漬して前記鏡面研磨した面を腐食した後、光学顕微鏡により４００倍の倍率で前記断面の中央部を観察した場合に、結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の１０％以下である。
（４）焼入硬化後に研削加工を行うことなく使用された軌道盤を備え、その軌道盤の表層部の粒界酸化層の厚さは１μｍ以下である。
（５）さらに上記の軌道盤の表面硬さは６５３ＨＶ以上であり、軌道盤の内部硬さは６５３ＨＶ以上である。
（６）さらに上記の軌道盤の材質は０．４質量％以上１．２質量％以下の炭素を含む鋼である。
（７）さらに上記の軌道盤は鋼板をプレス加工して成形することにより得られた部材を用いて構成されている。

【０１３０】

図３１は、ステータ１０２とタービン１０３との間に配置されたスラスト軸受を示す拡大図である。ステータ側の軌道盤１１の転走面１１Ａとタービン側の軌道盤１１の転走面１１Ａとの間（またはインペラ側の軌道盤の転走面とステータ側の軌道盤の転走面との間）をころ６２が転動するように、スラスト軸受１０は配置されている。軌道盤１１が回転すると、保持器１３もこの軌道盤１１とともに回転し、ころ６２が２つの軌道盤１１の対向する転走面１１Ａの間を転走する。ここで、図示しない油圧供給源から油路を経由してスラスト軸受１０内に潤滑油が供給される。

【０１３１】

潤滑油は、たとえば矢印ｂで示すようにスラスト軸受１０の径方向内周側から給油され、その後、ころ６２の周囲および保持器１３で形成される空間内を矢印ｃのように通って、ころ６２の側面と保持器１３のころ保持部との間、ころ６２の端面間、およびころ６２の側面と転走面１１Ａとの間を潤滑し、転走面１１Ａと保持器１３のころ保持部に対して径方向の外側部分との間を通って矢印ｄのように排出される。

【０１３２】

上述のようにオートマチック・トランスミッションでは潤滑油に添加剤が混入され、潤滑性能が低下する場合があり、上記潤滑油による各部の潤滑に際し、軌道盤の転走面１１Ａでは表面損傷を受けやすい。また、オートマチック・トランスミッションのトルクコンバータに用いられるスラスト軸受では、エンジンからの動力を車輪に伝達するため、高速回転、また頻繁で大きな増減速の変動（それに伴う加速度の増減の変動）を受け、上記表面損傷の感受性が高くなる。

【０１３３】

オイルの潤滑性能によらず、上記表面損傷の感受性は軌道盤の反り・うねりが大きくなると、スラスト軸受のころと転走面との差動すべりにおいて、油膜切れを起し、金属接触となり接触部が発熱し、表面損傷（スミアリング）や表面起点型の剥離を促進する。上述の（１）～（７）のいずれかの軌道盤を用いることにより、ころと転走面との接触部における損傷は大幅に低減され、耐久性を向上させることができる。

【実施例１】

【０１３４】

以下、本発明の実施例１について説明する。

【０１３５】

転がり軸受の転走面と転動体との接触部分のうち最大荷重となる部分においては、塑性

変形が発生して残留する場合がある。この残留変形量については、転動体の変形量と転走面の変形量との和が転動体の直径の０．０１％以下であれば、軸受のなめらかな回転や疲労寿命に対して悪影響がないことが経験的に知られている。

【０１３６】

そこで、本発明のスラストころ軸受と、従来のスラストころ軸受との許容静転動体荷重を測定し、安全率を比較する実験を行った。

【０１３７】

以下、実験の手順を説明する。実験に供する材料としてＳ５５Ｃ、ＳＡＥ１０７０、ＳＫ５、ＳＵＪ２を選択した。プレス加工により内径φ２５ｍｍ、外径φ４０ｍｍ、厚さ１ｍｍの円盤状の軌道盤を作製した。熱処理には図５に示す熱処理装置を使用した。軌道盤を４０枚重ねて拘束し、転走面を押圧する向きの応力を、少なくとも軌道盤の転走部分全体に対して負荷した。そして、誘導コイルに高周波電流（１０ＫＨｚ）を通電し、誘導加熱により軌道盤全体がA_{c1}点以上の温度になるように加熱した。所定時間経過後、加熱を停止するとともに、水を吹き付けることで軌道盤をM_s点以下の温度に急冷した。さらに、この軌道盤を拘束した状態を保持しつつ誘導加熱により２２０℃～２３０℃で１０秒間保持し、加熱を停止することにより空冷して焼戻しを行った（後述の実施例Ａ～Ｄ）。また、他の一部は拘束を中止し、雰囲気炉において１６０℃で２時間保持することにより焼戻しを行った（後述の実施例Ｅ～Ｈ）。

【０１３８】

一方、従来のスラストころ軸受の例として、ＳＰＣ、ＳＣＭ４１５、ＳＣＭ４２０、ＳＵＪ２を材料として選択した（後述の比較例Ａ～Ｄ）。軌道盤は本実施例と同様に、プレス加工により作製した。ＳＰＣ、ＳＣＭ４１５、ＳＣＭ４２０の軌道盤については浸炭炉において８８０℃で４０分間保持して浸炭を行った後、８２０℃で１０分間保持して拡散を行い、その後油冷することにより焼入れを行った。また、ＳＵＪ２の軌道盤については光輝熱処理炉において８５０℃で４０分間保持した後、油冷することにより焼入れを行った。その後、軌道盤を１６０℃で２時間保持することで焼戻しを行った。さらに、２００℃で１時間のプレステンパー（加熱矯正）により、反り・うねりを軽減する処理を行った。

【０１３９】

上記熱処理が終了した軌道盤について、反り・うねり、表面硬度および内部硬度の測定を行った。反り・うねりは真円度測定器を用いて、実施の形態１で図２および３に基づいて説明した方法で測定した。また、表面硬度および内部硬度はビッカース硬度計（荷重１ｋｇｆ（９．８Ｎ））を用いて測定した。なお、表面硬さは軌道盤の表面においてころと接触する部分（転走面の転走部分）の硬さを測定した。また、内部硬さは軌道盤においてころと接触する面に垂直な断面の中央部の硬さを測定した。

【０１４０】

【表１】

	材料	熱処理	反り・うねり平均(範囲) μm	反り・うねり標準偏差 μm	表面硬度 HV	内部硬度 HV
実施例A	S55C	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	12(3～20)	3.2	700	690
実施例B	SAE1070	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	13(2～23)	3.8	740	740
実施例C	SK5	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	17(3～26)	4.2	770	770
実施例D	SUJ2	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	18(3～25)	4.1	760	760
実施例E	S55C	誘導熱処理(焼入時拘束)	15(3～30)	4.8	700	690
実施例F	SAE1070	誘導熱処理(焼入時拘束)	15(2～28)	4.6	740	740
実施例G	SK5	誘導熱処理(焼入時拘束)	20(3～36)	5.8	770	770
実施例H	SUJ2	誘導熱処理(焼入時拘束)	22(3～37)	6.0	760	760
比較例A	SPC	浸炭熱処理(プレステンパー)	78(52～127)	12.8	720	180
比較例B	SCM415	浸炭熱処理(プレステンパー)	82(54～146)	15.8	710	400
比較例C	SCM420	浸炭熱処理(プレステンパー)	80(58～134)	13.0	710	420
比較例D	SUJ2	光輝熱処理(プレステンパー)	88(55～168)	19.1	740	740

【０１４１】

表１は作製した軌道盤の反り・うねりおよび硬度の測定結果である。表１を参照して、実施例Ａ～Ｈの軌道盤の反り・うねりの平均値に反り・うねりの標準偏差の３倍を加えた

値はいずれも４０μｍ以下となっていた。また、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤は１枚もなく、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率が０．１％以下となっていた。さらに表面硬度および内部硬度はいずれも６５３ＨＶ以上となっていた。

【０１４２】

一方、比較例Ａ～Ｄの軌道盤の反り・うねりの平均値に反り・うねりの標準偏差の３倍を加えた値はいずれも４０μｍを超える値となっていた。また、反り・うねりが４０μｍ未満の軌道盤は１枚もなく、反り・うねりが４０μｍ以上の軌道盤が検出される確率が１００％となっていた。

【０１４３】

なお、上記実験結果は内径φ２５ｍｍ、外径φ４０ｍｍ、厚さ１ｍｍの円盤状の軌道盤についてのものであるが、同様の実験を内径φ６０ｍｍ、外径φ８５ｍｍ、厚さ１ｍｍの円盤状の軌道盤についても行った。その結果、本発明の製造方法に係る熱処理方法で作製された軌道盤の反り・うねりの最大値は２８μｍであること等、上記内径φ２５ｍｍ、外径φ４０ｍｍ、厚さ１ｍｍの円盤状の軌道盤の場合と同様の効果が得られることが確認された。

【０１４４】

次に実施例Ａ～Ｈおよび比較例Ａ～Ｄの軌道盤を用いてスラストころ軸受を作製した。そして、アムスラー試験機を用い、作製した軸受に荷重を負荷して転動体の直径の０．０１％の総永久変形量が発生する荷重を測定した。この測定結果から、安全率を算出した。ここで、安全率は式１で示される。

$S_0 = C_0 / P_{0max}$ ・・（式１）

S_0：安全率、C_0：基本静定格荷重、P_{0max}：最大静転動体荷重

なお、安全率の数値は低い方が軸受の特性が優れていることを示している。

【０１４５】

【表２】

	材料	熱処理	安全率
実施例Ａ	S55C	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	1.25
実施例Ｂ	SAE1070	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	1.25
実施例Ｃ	SK5	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	1.00
実施例Ｄ	SUJ2	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	1.00
比較例Ａ	SPC	浸炭熱処理(プレステンパー)	3.00
比較例Ｂ	SCM415	浸炭熱処理(プレステンパー)	2.00
比較例Ｃ	SCM420	浸炭熱処理(プレステンパー)	2.00
比較例Ｄ	SUJ2	光輝熱処理(プレステンパー)	1.25

【０１４６】

表２は本実験の結果を示している。表２を参照して、本発明に係る実施例Ａ～Ｈは比較例Ａ～Ｃと比較して安全率の数値が小さくなっている。これは、比較例Ａ～Ｃの軌道盤は表層部のみが硬化されているのに対し、本発明の実施例Ａ～Ｈの軌道盤は内部まで一様に硬化されているため、軌道盤に塑性変形が生じにくく、許容静転動体荷重が上昇したためであると考えられる。

【０１４７】

一方、比較例Ｄと実施例ＤおよびＨとは同一の材料から作製されており、かつ両者とも軌道盤の内部まで硬化されている。しかし、実施例ＤおよびＨは比較例Ｄと比較して、安全率の数値が小さくなっている。これは以下の理由によるものと考えられる。

【０１４８】

前述のように、実施例ＤおよびＨは焼入れの際の加熱が誘導加熱により行われる。そのため、光輝熱処理が行われる比較例Ｄに比べて、$Ａ_{ｃ1}$点以上の温度に加熱される時間が非常に短い。その結果、実施例ＤおよびＨにおいてはオーステナイト結晶粒界の形成が比較例Ｄほど進行していない。そのため、実施例ＤおよびＨの変形抵抗は比較例Ｄの変形抵抗よりも高くなり、許容静転動体荷重が向上して、安全率の数値が低くなったものと考えられる。

【０１４９】

また、比較例Ｄでは焼入工程として行われる光輝熱処理により軌道盤の表層部に硬さの低い粒界酸化層が形成されるのに対し、実施例ＤおよびＨでは焼入工程が短時間の誘導加熱であるため粒界酸化層はほとんど形成されない。そのため、実施例ＤおよびＨの軌道盤は比較例Ｄの軌道盤に比べて表層部の変形抵抗が高い。その結果、実施例ＤおよびＨの許容静転動体荷重は比較例Ｄの許容静転動体荷重よりも高くなり、安全率の数値が低くなったものと考えられる。

【０１５０】

図３２は上記観察の際撮影された、本発明の実施例Ｄ（ａ）および比較例Ｄ（ｂ）のオーステナイト結晶粒界の光学顕微鏡写真である。図３２（ａ）は本発明の実施例であるＳＵＪ２を素材として作製した軌道盤（実施例Ｄ）、図３２（ｂ）はＳＵＪ２を素材として作製した従来の軌道盤である（比較例Ｄ）。また、図３３は実施例Ｄ（ａ）および比較例Ｄ（ｂ）のオーステナイト結晶粒界の模式図である。旧オーステナイト結晶粒界の観察は以下の手順で行った。まず、軌道盤を転走面に垂直な面で切断した。次にその断面を鏡面研磨した後、研磨された面を室温で腐食液に３０分間浸漬して腐食した。腐食液はピクリン酸飽和水溶液に界面活性剤を加えたものを使用した。その後、断面の中央部を４００倍の倍率で光学顕微鏡により観察した。なお、観察は断面の中央部で場所を変えて５視野について行った。

【０１５１】

図３２（ａ）を参照して、実施例Ｄでは旧オーステナイト粒界はほとんど観察することができなかった。これは図３３（ａ）に示すように、旧オーステナイト結晶粒界の形成が十分進んでいないことを示していると考えられる。この視野の旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の１０％以下であった。また、他の４視野についても同様であった。さらに、実施例Ａ～ＣおよびＥ～Ｈについても同様に全視野において旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の１０％以下であった。これは、実施例Ａ～Ｈは焼入れの際の加熱が誘導加熱により行われており、$Ａ_{ｃ1}$点以上の温度に加熱される時間が非常に短いためであると考えられる。一方、図３２（ｂ）を参照して、比較例Ｄでは明確な旧オーステナイト結晶粒界を観察することができた。これは図３３（ｂ）に示すように、旧オーステナイト結晶粒界の形成が十分進んでいることを示していると考えられる。この視野の旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の９０％以上であった。また、他の４視野についても同様であった。さらに、比較例Ａ～Ｃについても同様に全視野において旧オーステナイト結晶粒界で閉じられた領域は視野全体の９０％以上であった。

【０１５２】

図３４は本発明の実施例Ｄ（ａ）および比較例Ｄ（ｂ）の軌道盤の表層付近の光学顕微鏡写真である。軌道盤の表層付近の観察は以下の手順で行った。まず、軌道盤を転走面に垂直な面で切断した。次にその断面を鏡面研磨した後、研磨された面を室温で３％ナイタルに浸漬して腐食した。浸漬時間は、たとえば２秒～１０秒程度であるが、鋼種により腐食されやすさが異なるため、腐食の進行状況を確認しながらそれぞれの軌道盤について適当な時間とした。その後、転走面直下の表層部を光学顕微鏡により観察した。

【０１５３】

図３４（ａ）を参照して、実施例Ｄでは粒界酸化層はほとんど観察されず、粒界酸化層の厚さは１μｍ以下となっていることが確認される。他の実施例Ａ～ＣおよびＥ～Ｈも同様に粒界酸化層の厚さは１μｍ以下となっていた。これは、実施例Ａ～Ｈは焼入れの際の

加熱が誘導加熱により行われており、Ac_1点以上の温度に加熱される時間が非常に短いためであると考えられる。一方、図３４（ｂ）を参照して、比較例Ｄでは６μｍ程度の粒界酸化層が形成されていたことが確認される。他の比較例Ａ～Ｃにも４μｍ～７μｍ程度の粒界酸化層が形成されていた。

【実施例２】

【０１５４】

以下、本発明の実施例２について説明する。

【０１５５】

本発明のスラストころ軸受と、従来のスラストころ軸受との寿命を比較する実験を行った。

【０１５６】

以下、実験の手順を説明する。実施例１で作製した実施例Ａ～Ｈおよび比較例Ａ～Ｄのスラストころ軸受に対し、スラスト荷重４ｋＮ、回転速度５０００ｒ／ｍｉｎ．、潤滑油ＶＧ２の条件で寿命試験を行った。

【０１５７】

【表３】

	材料	熱処理	寿命比
実施例 A	S55C	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	3.2
実施例 B	SAE1070	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	4.4
実施例 C	SK5	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	3.5
実施例 D	SUJ2	誘導熱処理(焼入焼戻時拘束)	4.8
比較例 A	SPC	浸炭熱処理(プレステンパー)	1.0
比較例 B	SCM415	浸炭熱処理(プレステンパー)	1.5
比較例 C	SCM420	浸炭熱処理(プレステンパー)	1.5
比較例 D	SUJ2	光輝熱処理(プレステンパー)	1.5

【０１５８】

表３は寿命試験の結果を示している。また、なお、試験結果は比較例Ａの寿命を１とした寿命比で示している。

【０１５９】

表３を参照して、実施例Ａ～Ｈの寿命はいずれも比較例Ａ～Ｄの２倍以上となった。これは以下の理由によるものであると考えられる。

【０１６０】

前述のように、実施例Ａ～Ｈの軌道盤の反り・うねりは比較例Ａ～Ｄと比較して小さい。そのため、ころと軌道盤の片当たりが生じない。その結果、油膜切れや局所的な面圧上昇が起こらず、長寿命となったものと考えられる。また、表１に示すように実施例Ａ～Ｈの軌道盤の反り・うねりはいずれも４０μｍ以下であるのに対し、比較例Ａ～Ｄの軌道盤の反り・うねりはいずれも５０μｍ以上である。すなわち、実施例Ａ～Ｈの軌道盤の反り・うねりが４０μｍ以下であり、また、前述のように、実施例Ａ～Ｈの許容静転動体荷重も比較例より高く、軸受の寿命が長寿命となったものと考えられる。

【０１６１】

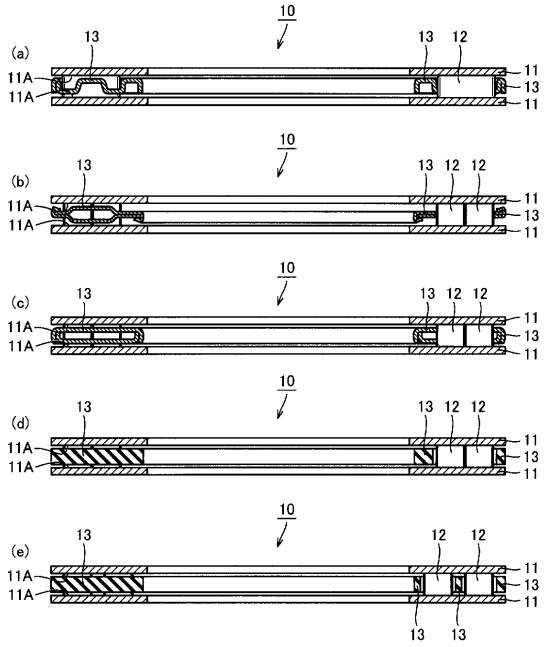
また、前述のように、実施例Ａ～Ｈにおいてはオーステナイト結晶粒界の形成が比較例Ａ～Ｄほど進行していない。そのため、亀裂の発生および進展に対する抵抗が大きくなっている。その結果、ころの滑りによる表面起点の亀裂の発生および進展が抑制される。また、内部起点の亀裂についても同様に亀裂の発生および進展が抑制される。このような亀裂の発生および進展の抑制効果により、長寿命になったものと考えられる。

【０１６２】
また、比較例Ａ～Ｄでは焼入工程として行われる浸炭処理または光輝熱処理により軌道盤の表層に粒界酸化層が形成されるのに対し、実施例Ａ～Ｈでは焼入工程が短時間の誘導加熱であるため粒界酸化層はほとんど形成されない。そのため、表面起点の亀裂の発生が抑制され、長寿命になったものと考えられる。
【０１６３】
以上より、本発明のスラスト軸受は従来のスラスト軸受と比較して、長寿命であることが分かる。
【実施例３】
【０１６４】
以下、本発明の実施例３について説明する。
【０１６５】
本発明のスラストころ軸受と、従来のスラストころ軸受との音響特性を比較する実験を行った。以下、実験の手順を説明する。
【０１６６】
実施例１で作製した実施例Ａ～Ｈおよび比較例Ａ～Ｄの軌道盤を用いてスラストころ軸受を作製した。この軸受に対し、スラスト荷重１００Ｎ、回転速度１８００ｒ／ｍｉｎ．、その他の条件は日本工業規格（ＪＩＳ　Ｂ　１５４８）に従って軸受の騒音レベルを測定する試験を行った。
【０１６７】
図３５はスラストころ軸受の軌道盤の反り・うねりと音響との関係を示した図である。なお、図３５の各反り・うねりの範囲における音響の値は、各１０個の軸受について音響測定を行い、その平均値を示したものである。
【０１６８】
図３５を参照して、音響の値は反り・うねりの増加とともに徐々に大きくなるのではなく、４０μｍ以下では７９～８１ｄＢＡ程度であるのに対し、４０～５０μｍ付近で大きくなり、それ以上ではほぼ８４ｄＢＡ以上となっている。このことから、軌道盤の反り・うねりの値が４０～５０μｍとなる付近に臨界値が存在するものと考えられる。したがって、音響特性が重視される用途に用いられるスラストころ軸受については、反り・うねりを確実に４０μｍ以下に抑えることが重要であることが分かる。
【０１６９】
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】
【０１７０】
本発明のオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受は、焼入硬化して製造されるスラスト軸受の軌道盤を備え、頻繁に大きな加速度が印加されるオートマチック・トランスミッションに特に有利に適用され得る。
【図面の簡単な説明】
【０１７１】
【図１】実施の形態１のスラスト軸受を示す概略断面図である。
【図２】実施の形態１のスラスト軸受の軌道盤の反り・うねりの測定部位を示す概略平面図である。
【図３】反り・うねりの測定により得られるプロファイルの一例を示す図である。
【図４】実施の形態１における軌道盤１１の製造工程の一例を示した図である。
【図５】実施の形態１における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の一例を示した図である。
【図６】実施の形態１における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１

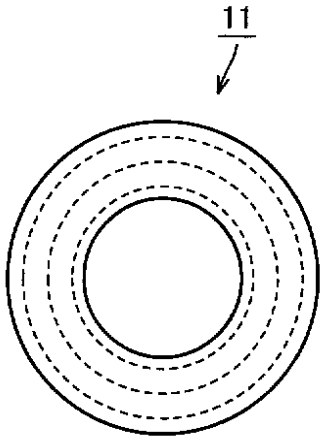
の変形例を示す概略断面図である。
【図７】図７は実施の形態１における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。
【図８】実施の形態２に適用可能な軌道盤の反り・うねりの測定方法の変形例を示した斜視図である。
【図９】実施の形態３のスラスト軸受の転動体周辺の構成の一例を示す概略部分断面図である。
【図１０】実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の一例を示した図である。
【図１１】実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。
【図１２】実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。
【図１３】実施の形態３における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第３の変形例を示す概略断面図である。
【図１４】軌道盤１１が内径フランジ１１１を有する場合における、軌道盤１１の反り・うねりの選別方法を示した斜視図である。
【図１５】軌道盤１１が外径フランジ１１３を有する場合における、軌道盤１１の反り・うねりの選別方法を示した斜視図である。
【図１６】実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の一例を示した図である。
【図１７】実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。
【図１８】実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。
【図１９】実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第３の変形例を示す概略断面図である。
【図２０】実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第４の変形例を示す概略断面図である。
【図２１】実施の形態４における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第５の変形例を示す概略断面図である。
【図２２】実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の一例を示した図である。
【図２３】図２２の領域ＸＸＩＩＩの部分を拡大して示した部分拡大図である。
【図２４】実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第１の変形例を示す概略断面図である。
【図２５】実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第２の変形例を示す概略断面図である。
【図２６】実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第３の変形例を示す概略断面図である。
【図２７】図２６の領域ＸＸＶＩＩの部分を拡大して示した部分拡大図である。
【図２８】実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第４の変形例を示す概略断面図である。
【図２９】実施の形態５における軌道盤１１の製造工程で使用される誘導熱処理装置の第５の変形例を示す概略断面図である。
【図３０】本発明の実施の形態６に係るオートマチック・トランスミッション用スラスト軸受の配置箇所を示す図である。
【図３１】ステータとタービンとの間に配置されたスラスト軸受を示す拡大図である。
【図３２】実施例Ｄ（ａ）および比較例Ｄ（ｂ）のオーステナイト結晶粒界の光学顕微鏡写真である。

【図３３】実施例Ｄ（ａ）および比較例Ｄ（ｂ）のオーステナイト結晶粒界の模式図である。
【図３４】本発明の実施例Ｄ（ａ）および比較例Ｄ（ｂ）の軌道盤の表層付近の光学顕微鏡写真である。
【図３５】スラストころ軸受の軌道盤の反り・うねりと音響との関係を示した図である。
【符号の説明】
【０１７２】
１０　スラスト軸受、１１　スラスト軸受軌道盤、１１Ａ　転走面、１１１　軌道盤内径側フランジ、１１２　軌道盤内径側フランジ突出部、１１３　軌道盤外径側フランジ、１１４　軌道盤外径側フランジ突出部、１２　転動体、１３　保持器、２０　スリットゲージ、２１　スリット、２２　測定用治具、３　誘導熱処理装置、３０　誘導コイル、３０Ａ１　第１の焼入用誘導コイル、３０Ａ２　第２の焼入用誘導コイル、３０Ｂ　焼戻用誘導コイル、３１　冷却水吐出口、５０Ａ　上部拘束用治具、５０Ｂ　下部拘束用治具、５０Ｃ　中間部拘束用治具、５１　中心軸、５１１　中心軸膨出部、５１２　中心軸ねじ部、５３　治具押えナット、６２　ころ、１００　トルクコンバータ、１０１　インペラ、１０１ａ　インペラブレード、１０１ｂ　インペラハブ、１０２　ステータ、１０３　タービン、１０３ａ　タービンブレード、１０４　一方向クラッチ。

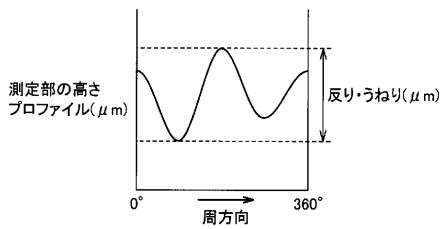
【図１】



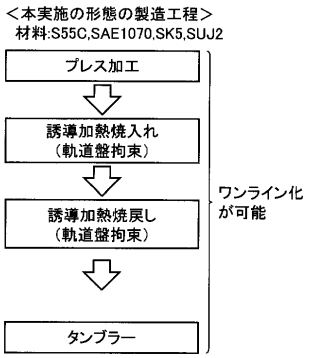
【図２】



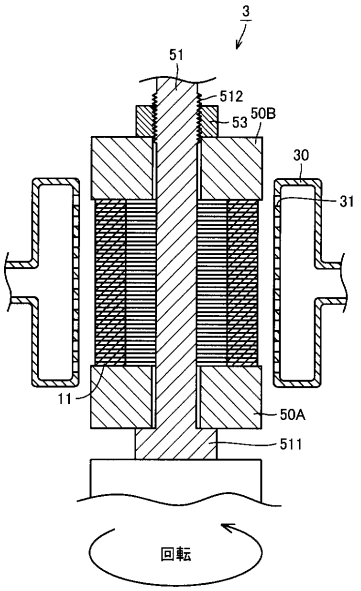
【図３】



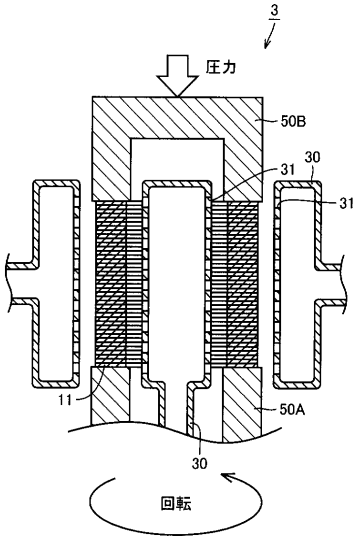
【図４】


<本実施の形態の製造工程>
材料:S55C,SAE1070,SK5,SUJ2
プレス加工
誘導加熱焼入れ
（軌道盤拘束）
誘導加熱焼戻し
（軌道盤拘束）
タンブラー
ワンライン化
が可能

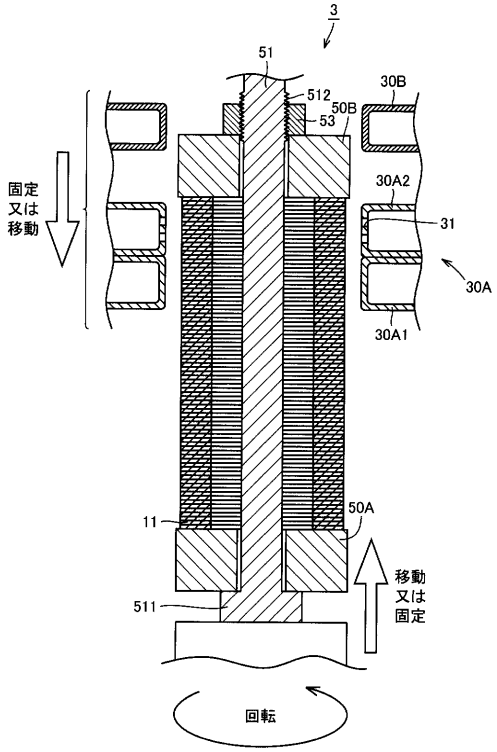
【図５】


3
51
512
53
50B
30
31
11
50A
511
回転

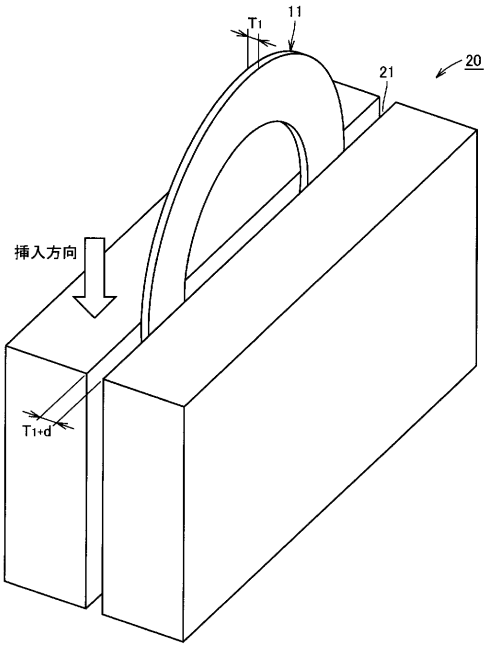
【図６】


3
圧力
50B
31
30
31
11
50A
30
回転

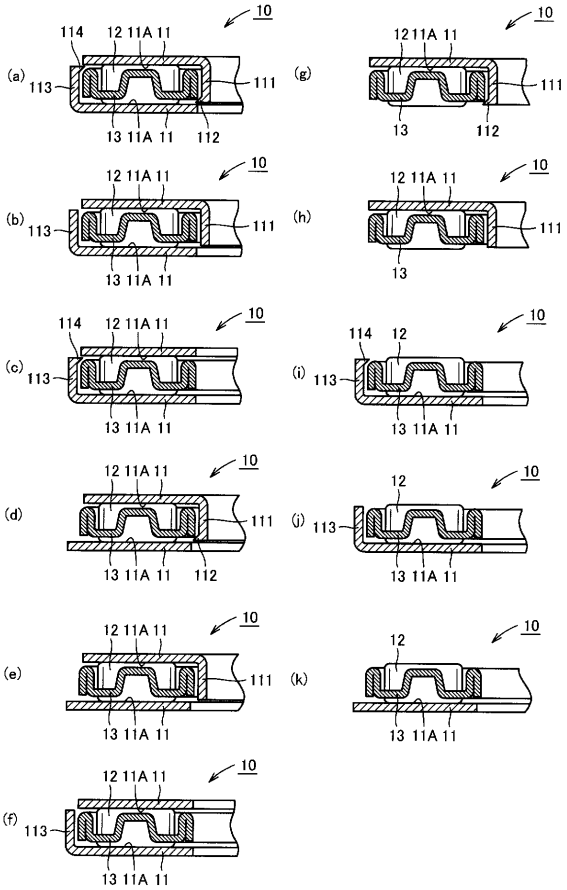
【図７】


3
51
512
53
50B
30B
30A2
31
30A
30A1
固定
又は
移動
11
50A
511
移動
又は
固定
回転

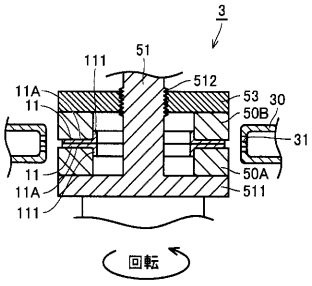
【図８】



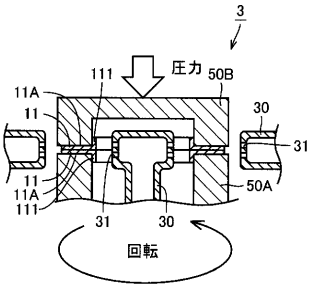
【図９】



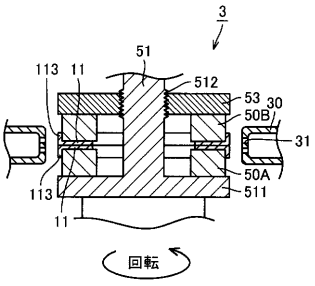
【図１０】



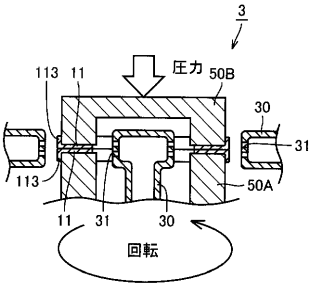
【図１１】



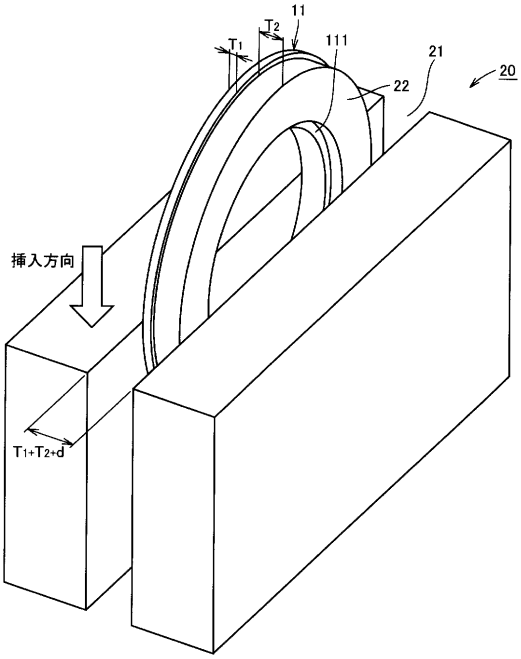
【図１２】



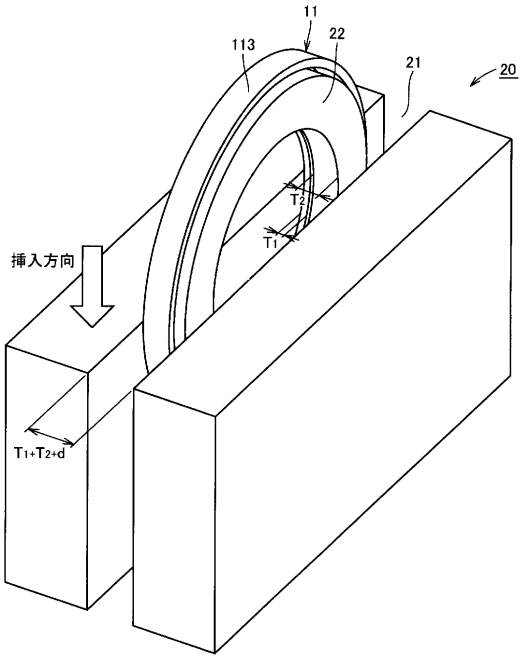
【図１３】



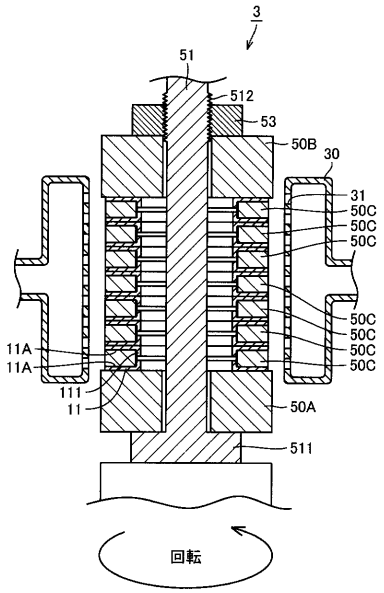
【図１４】



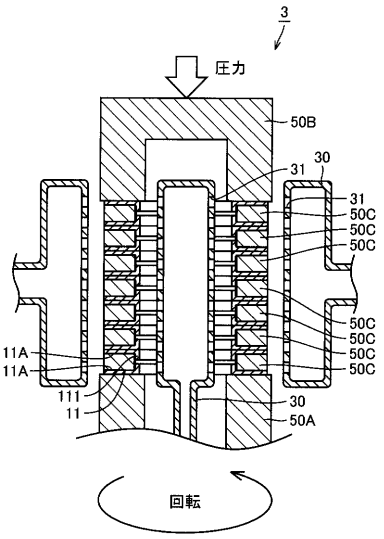
【図１５】



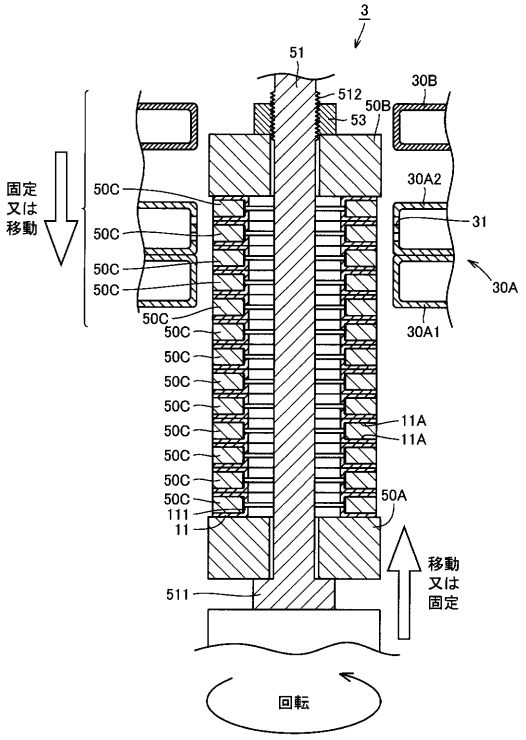
【図１６】



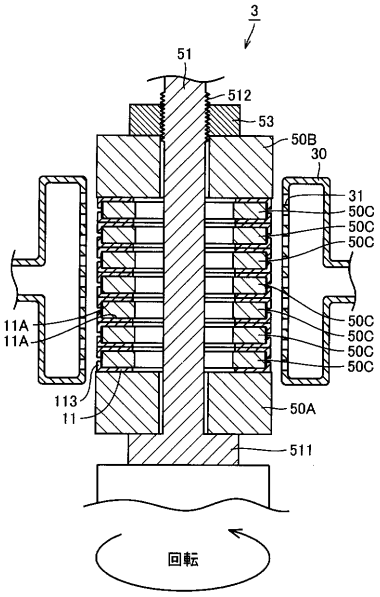
【図１７】



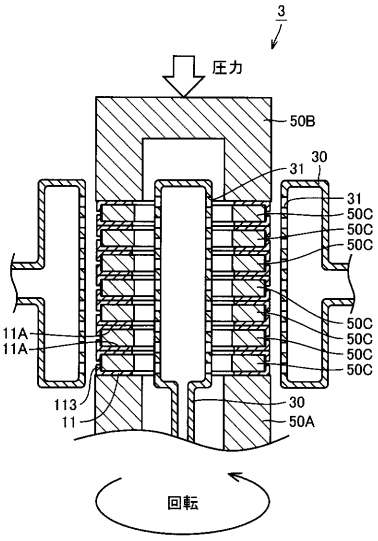
【図１８】



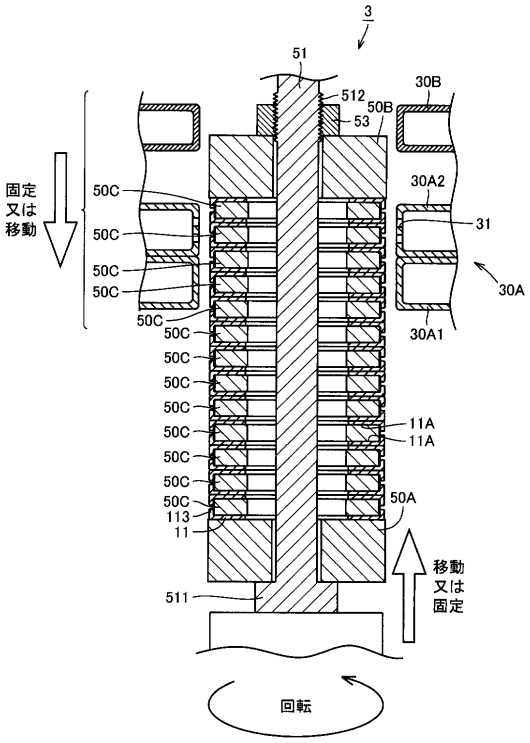
【図１９】



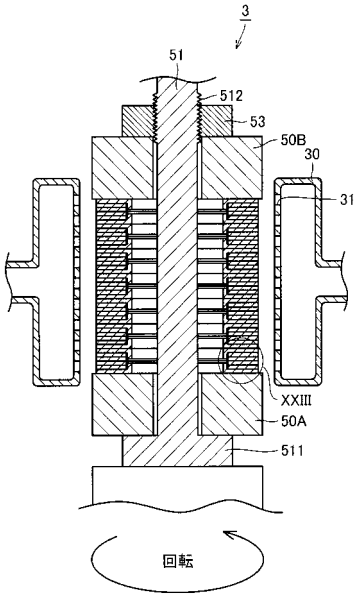
【図２０】



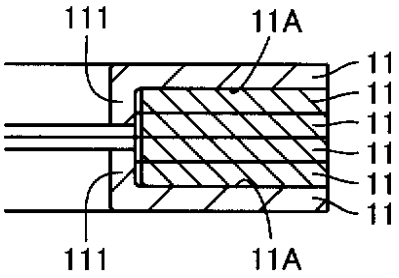
【図２１】



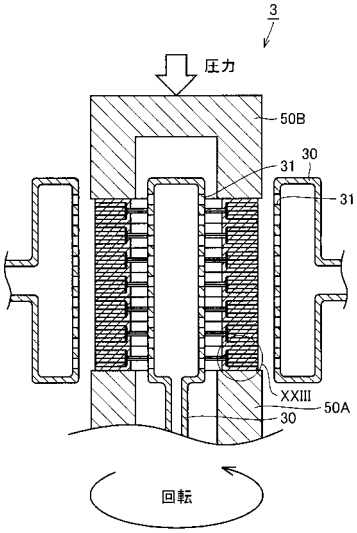
【図２２】



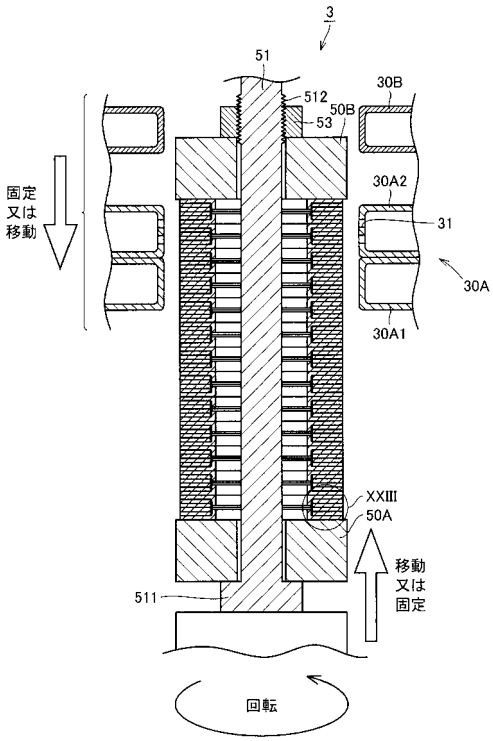
【図２３】



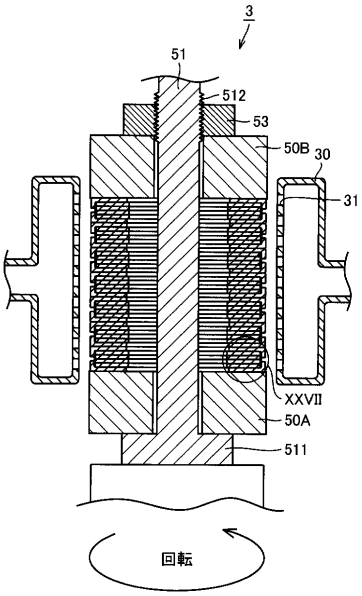
【図２４】



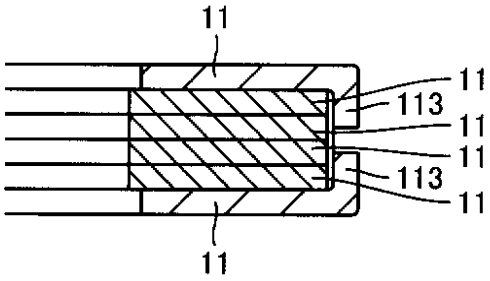
【図２５】



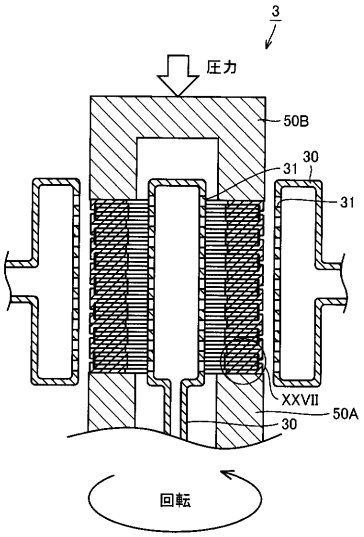
【図２６】



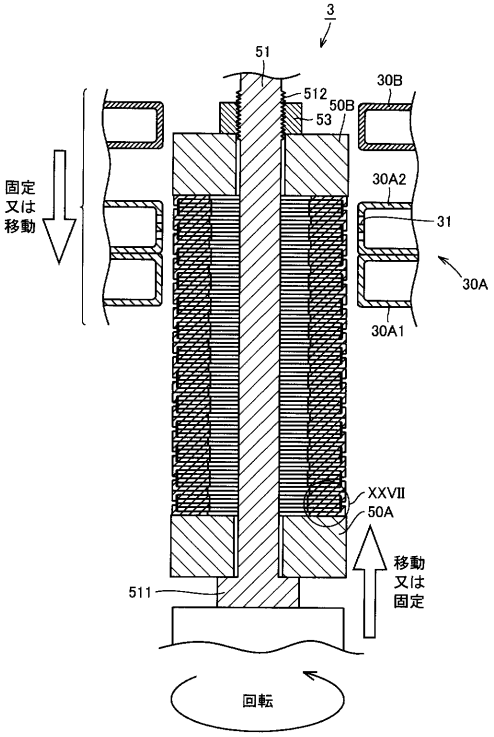
【図２７】



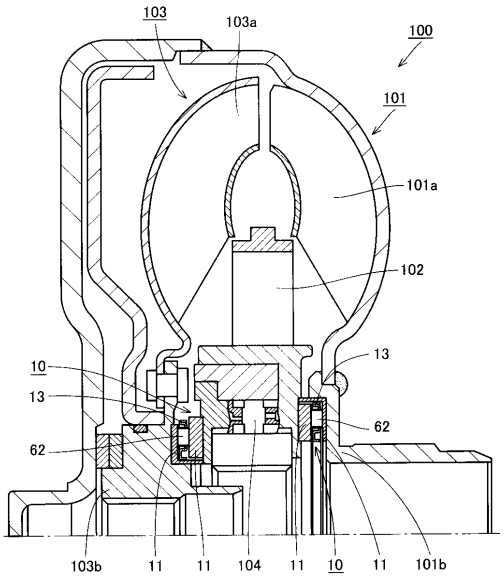
【図２８】



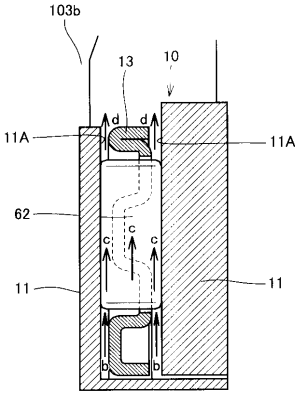
【図２９】



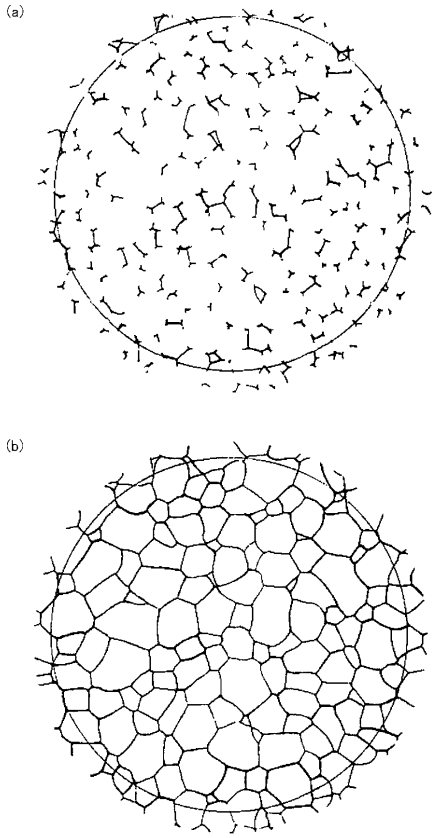
【図３０】



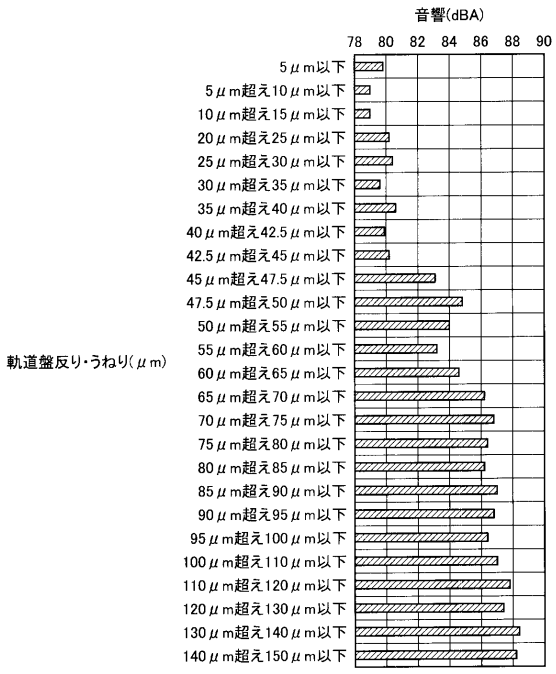
【図３１】


103b
13
10
d
d
11A
11A
62
c
c
c
c
11
11
b
b

【図３３】

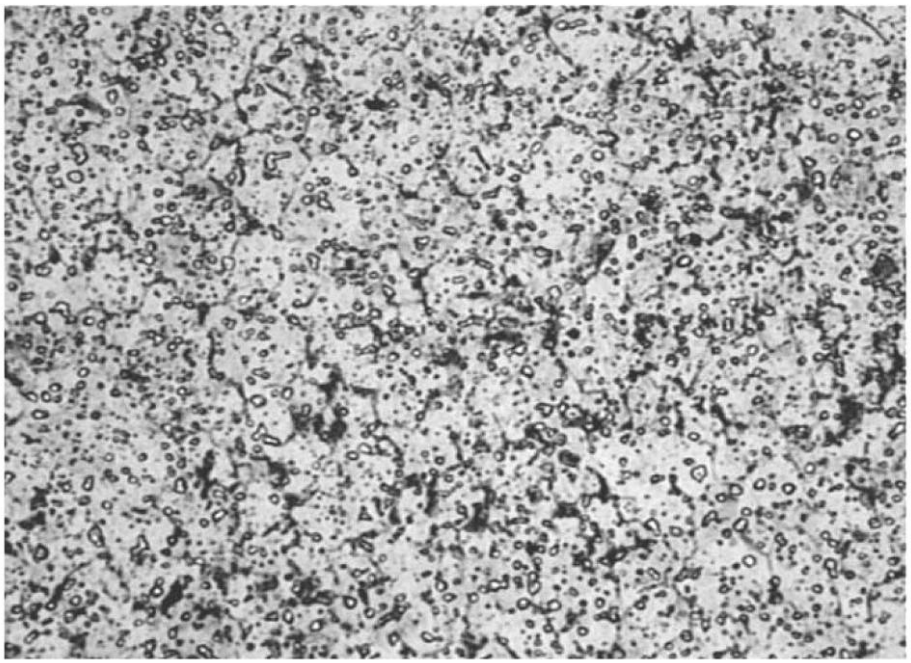

(a)
(b)

【図３５】

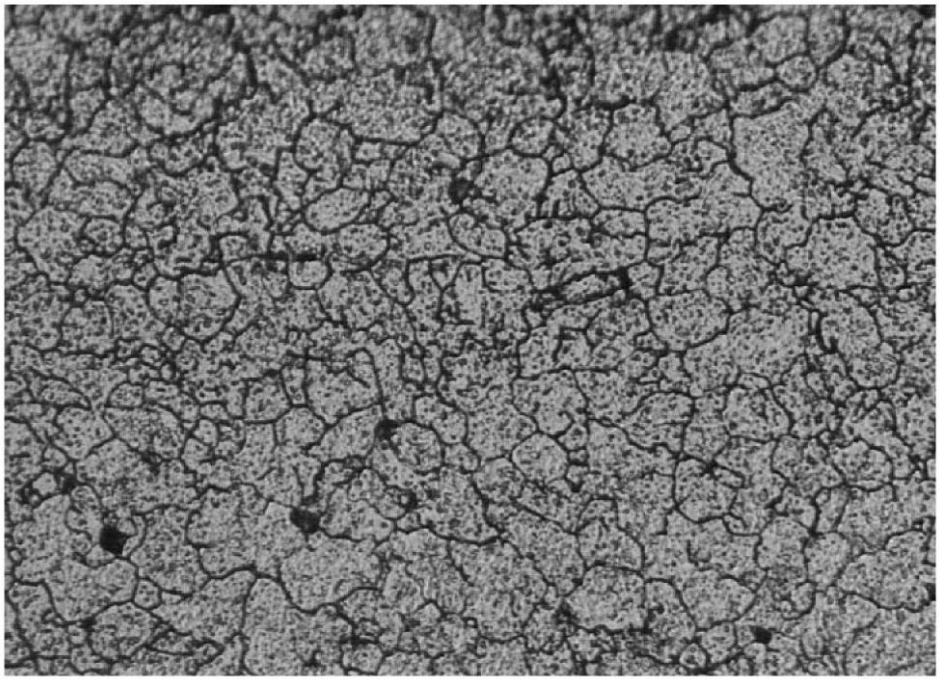

音響(dBA)
78 80 82 84 86 88 90
軌道盤反り・うねり(μm)
5μm以下
5μm超え10μm以下
10μm超え15μm以下
20μm超え25μm以下
25μm超え30μm以下
30μm超え35μm以下
35μm超え40μm以下
40μm超え42.5μm以下
42.5μm超え45μm以下
45μm超え47.5μm以下
47.5μm超え50μm以下
50μm超え55μm以下
55μm超え60μm以下
60μm超え65μm以下
65μm超え70μm以下
70μm超え75μm以下
75μm超え80μm以下
80μm超え85μm以下
85μm超え90μm以下
90μm超え95μm以下
95μm超え100μm以下
100μm超え110μm以下
110μm超え120μm以下
120μm超え130μm以下
130μm超え140μm以下
140μm超え150μm以下

【図３２】

(a)

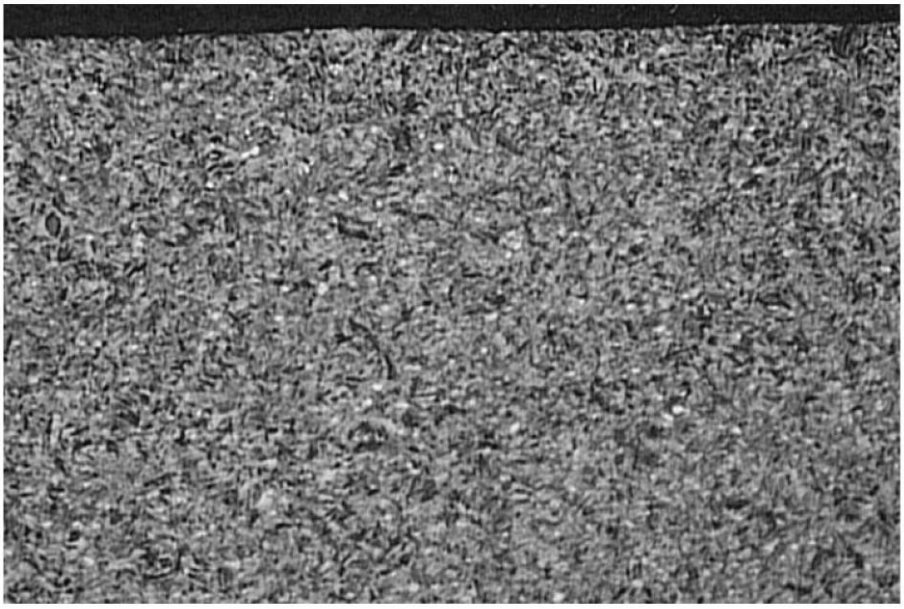


(b)

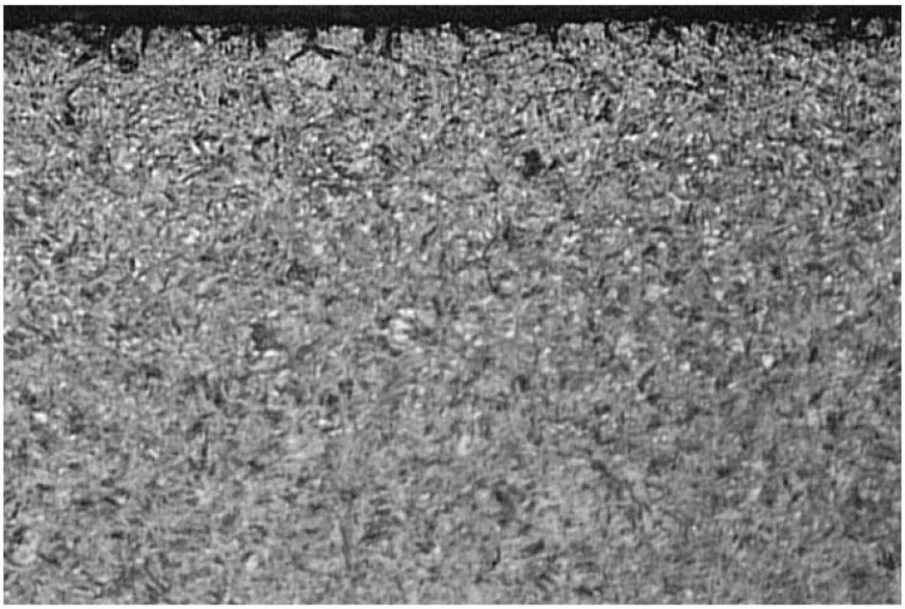


【図３４】

(a)



(b)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI			テーマコード（参考）
C21D	*1/18*	*(2006.01)*	C21D	1/18	N	
C21D	*9/40*	*(2006.01)*	C21D	9/40	A	

(72)発明者 尾林 光介
静岡県磐田市東貝塚１５７８番地 ＮＴＮ株式会社内
(72)発明者 渡邊 靖之
静岡県磐田市東貝塚１５７８番地 ＮＴＮ株式会社内

Ｆターム(参考) 3J101 AA14 AA32 AA42 AA53 AA62 BA35 DA03 DA09 EA03 FA01
FA31 FA44 GA11
4K042 AA22 AA23 BA10 DA01 DA02 DB01 DB07 DC02 DC03 DD04
DE02 DE03 DE04