

(11) 特許出願公開番号

特開2012-149939

(P2012-149939A)

(43) 公開日 平成24年8月9日(2012. 8. 9)

(51) Int.Cl.

F l

テーマコード (参考)

GO 1 L 3/10 (2006.01)

GO 1 L 3/10 3 1 1

3 J 1 1 7

F 16 C 41/00 (2006.01)

F 1 6 C 41/00

3 J 2 1 7

F 1 6 C 37/00 (2006.01)

F 1 6 C 37/00

B

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2011-7658 (P2011-7658)
(22) 出願日 平成23年1月18日 (2011. 1. 18)

(71) 出願人 000002059
シンフォニアテクノロジー株式会社
東京都港区芝大門一丁目1番30号

(74) 代理人 100137486
弁理士 大西 雅直

(74) 代理人 100155309
弁理士 坪内 哲也

(72) 発明者 齊藤 伸浩
三重県伊勢市竹ヶ鼻町100 シンフォニアテクノロジー株式会社伊勢製作所内

(72) 発明者 北地 一成
三重県伊勢市竹ヶ鼻町100 シンフォニアテクノロジー株式会社伊勢製作所内

Fターム(参考) 3J117 EA01 FA01 GA02 GA10
3J217 JA02 JA14 JA24 JB22 JB26
JB62 JB70 JB84 JB85

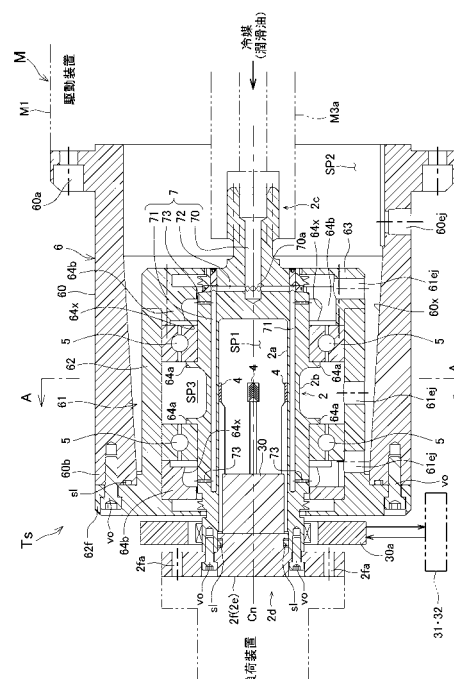
(54) 【発明の名称】 トルクセンサ及びこれを備えた駆動装置

(57) 【要約】

【課題】軸受に供給される冷媒が歪検出部へ至ることを避けるとともに、軸受で生じる熱が歪検出部での検出結果に与える影響を低減させたトルクセンサを提供する。

【解決手段】トルクセンサは、中空軸状をなし駆動側と負荷側との間で捩れを伴いながらトルクを伝達するトルク伝達軸２と、このトルク伝達軸２の内部の内周面２aに取り付けられトルク入力によって内周面２aに生じる歪みを検出する歪検出部４と、トルク伝達軸２を軸受５を介して回転可能に支持する固定支持部６と、冷媒を中空空間ＳＰ１に連通しないようにトルク伝達軸２の内部を通して軸受５へ供給する冷媒供給路７とを有し、歪検出部４の検出結果に基づいてトルクの大きさを算出する。冷媒供給路７は、トルク伝達軸２の外周面２b及び内周面２aの間に冷媒を流通させるスラスト路７１を有し、このスラスト路７１を流れる冷媒により歪検出部４を冷却する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中空軸状をなし軸方向一端に駆動力が入力され軸方向他端に負荷が入力されて駆動側と負荷側との間で捩れを伴いながらトルクを伝達するトルク伝達軸と、前記トルク伝達軸の内部に中空空間を形成する内周面に取り付けられ、前記トルク伝達軸に対するトルク入力によって前記内周面に生じる歪みを検出する歪検出部と、前記中空空間に収納され前記歪検出部の検出結果を中空空間の外部に送信する送信部とを具備し、前記送信部から受信した検出結果に基づいて前記トルク伝達軸に作用するトルクの大きさを算出するトルクセンサであって、

前記トルク伝達軸を軸受を介して回転可能に支持する固定支持部と、

10

前記トルク伝達軸の軸方向の少なくとも一方から導入される冷媒を前記中空空間に連通しないように前記トルク伝達軸の内部を通して前記軸受へ供給する冷媒供給路とを備え、

前記冷媒供給路は、前記トルク伝達軸の外周面及び内周面の間に軸方向に沿って冷媒を流通させるスラスト路を有し、このスラスト路を流れる冷媒により前記歪検出部を冷却することを特徴とするトルクセンサ。

【請求項 2】

前記スラスト路が、前記トルク伝達軸の内部に周方向に沿って複数形成されている請求項 1 に記載のトルクセンサ。

【請求項 3】

前記軸受は、前記トルク伝達軸を複数箇所で支持するように軸方向に沿って複数配置されており、

20

前記スラスト路は、前記複数の軸受と径方向で重なる位置に配置されている請求項 1 又は 2 に記載のトルクセンサ。

【請求項 4】

前記冷媒供給路は、前記トルク伝達軸の軸中心を通り軸方向のいずれか一方から冷媒が導入される導入路と、前記導入路から外周に向けて延在し前記導入路と前記スラスト路とを接続する接続路とを有する請求項 1～3 のいずれかに記載のトルクセンサ。

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれかに記載のトルクセンサとハウジングとを備え出力軸から回転駆動力を出力するものであって、

30

前記出力軸と前記トルク伝達軸とを一体に形成し又は前記出力軸と前記トルク伝達軸の軸方向一端とを接続して当該トルク伝達軸に駆動力が入力されるように構成するとともに、前記固定支持部と前記ハウジングとを一体に形成し又は接続しているトルクセンサを備えた駆動装置。

【請求項 6】

前記出力軸は、出力軸用の軸受により回転可能に支持されるとともに、内部に冷媒を通して前記出力軸用の軸受に冷媒を供給する流路の一部を構成するものであり、

前記トルク伝達軸の内部に形成される前記導入路は、前記出力軸から冷媒が導入されるように構成されている請求項 5 に記載のトルクセンサを備えた駆動装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、軸受でトルク伝達軸を支持するにあたり、軸受への冷媒供給と検出精度とを適正化したトルクセンサ及びこれを備えた駆動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、電磁作用により回転駆動するモータ等の駆動装置のシャフトに作用するトルクを検出するトルクセンサが知られている。例えば特許文献 1 には、中空軸状をなし軸方向両端がそれぞれ駆動装置のシャフト及び負荷装置のシャフトに接続され駆動側と負荷側との間で捩れを伴いながらトルクを伝達するカップリングとしてのトルク伝達軸と、トル

50

ク伝達軸の内部に中空空間を形成する内周面に取り付けられトルク入力によって内周面に生じる歪みを検出する歪ゲージ等の歪検出部と、中空空間に収納され歪検出部の検出結果を中空空間の外部に送信するテレメータ等の送信部と備え、送信部から受信した検出結果に基づいてトルク伝達軸に作用するトルクの大きさを算出する歪みゲージ式トルクセンサが開示されている。このトルクセンサは、駆動装置に片持ち状態で取り付けられ又は一体に組み込まれるのが一般的である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開昭51-131677号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、モータ等の駆動装置の高速駆動化に伴い、例えば五万回転／毎分などの高速回転に対応したトルクセンサが望まれる。高速回転化にあたり、遠心力によってトルク伝達軸が破壊されることを防止するためにトルク伝達軸の径を細くする必要がある。上記従来のようにトルク伝達軸内部に送信部を収納する歪検出式トルクセンサでは、軸を細くするほど軸自体が撓みやすくなるうえ、送信部を収納するための空間を確保するためにトルク伝達軸の軸方向寸法をある程度確保しなければならないので、一般的な片持ち支持構造では成り立たず、トルク伝達軸を軸受を介して支持する構造にする必要がある。

20

【0005】

このような軸受支持構造の場合、特に高速回転では軸受の摩耗や発熱が問題となり、軸受に対して潤滑油などの冷媒を供給する必要があるが、中空軸状をなすトルク伝達軸内部の中空空間には冷媒との接触を嫌う歪検出部や送信部を始めとする検出部品が配置されているため、中空空間を冷媒の流路として利用することができない。軸受に冷媒を供給するにあたり、各検出部品に冷媒が至らないようにする必要がある。

【0006】

また、回転に伴って軸受で生じる熱が、トルク伝達軸の肉を介して歪検出部に伝達して歪検出部での検出値に悪影響を与えてしまい、検出精度が低減してしまう。

【0007】

30

本発明は、このような課題に着目してなされたものであって、その目的は、高速回転化のためにトルク伝達軸を軸受で支持するにあたり、冷媒が歪検出部等の検出部品へ至ることを避けた軸受への適切な冷媒供給を実現するとともに、軸受で生じる熱が歪検出部での検出結果に与える影響を低減して検出精度を向上させたトルクセンサ及びこれを備えた駆動装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、かかる目的を達成するために、次のような手段を講じたものである。

【0009】

40

すなわち、本発明のトルクセンサは、中空軸状をなし軸方向一端に駆動力が入力され軸方向他端に負荷が入力されて駆動側と負荷側との間で捩れを伴いながらトルクを伝達するトルク伝達軸と、前記トルク伝達軸の内部に中空空間を形成する内周面に取り付けられ、前記トルク伝達軸に対するトルク入力によって前記内周面に生じる歪みを検出する歪検出部と、前記中空空間に収納され前記歪検出部の検出結果を中空空間の外部に送信する送信部とを具備し、前記送信部から受信した検出結果に基づいて前記トルク伝達軸に作用するトルクの大きさを算出するトルクセンサであって、前記トルク伝達軸を軸受を介して回転可能に支持する固定支持部と、前記トルク伝達軸の軸方向の少なくとも一方から導入される冷媒を前記中空空間に連通しないように前記トルク伝達軸の内部を通して前記軸受へ供給する冷媒供給路とを備え、前記冷媒供給路は、前記トルク伝達軸の外周面及び内周面の間に軸方向に沿って冷媒を流通させるスラスト路を有し、このスラスト路を流れる冷媒に

50

より前記歪検出部を冷却することを特徴とする。

【0010】

このように、高速回転化のため軸径を細くするに伴い撓みやすくなるトルク伝達軸を軸受で支持する構成を採用するにあたり、冷媒供給路がトルク伝達軸の軸方向の少なくとも一方から導入される冷媒を中空空間に連通しないようにトルク伝達軸の内部を通して軸受へ供給するので、中空空間に収納される歪検出部や送信部を始めとする検出部品へ冷媒が至ることを避けてこれら検出部品を保護しつつ、軸受に適切に冷媒を供給することが可能となる。しかも、冷媒供給路は、トルク伝達軸の外周面及び内周面の間に軸方向に沿って冷媒を流通されるスラスト路を有し、このスラスト路を流れる冷媒により歪検出部を冷却するので、軸受で生じる熱が歪検出部での検出結果に与える影響を低減して検出精度を向上させることが可能となる。さらに、トルク伝達軸の外周面及び内周面の間にスラスト路を形成することにより径方向の肉厚の薄い薄肉部位を設けているので、内周面のうちスラスト路と径方向で重なる部位にトルク入力により生じる応力が集中しやすくなり、この部位に生じる応力がスラスト路のない場合に比べて増大し、この部位だけでなくその近傍など応力の増大する部分が全体的に増える。その結果、歪検出部の取り付け位置によるものの、歪検出部で検出する歪量をスラスト路のない場合に比べて増大させて歪検出部による検出感度を向上させることができる場合がある。

10

【0011】

冷却の偏りを低減して適切な冷却を可能とするためには、前記スラスト路が、前記トルク伝達軸の内部に周方向に沿って複数形成されていることが好ましい。

20

【0012】

軸受をより一層的確に冷却するためには、前記軸受は、前記トルク伝達軸を複数箇所支持するように軸方向に沿って複数配置されており、前記スラスト路は、前記複数の軸受と径方向で重なる位置に配置されていることが望ましい。

【0013】

適切に冷媒を軸受に供給するためには、前記冷媒供給路は、前記トルク伝達軸の軸中心を通り軸方向のいずれか一方から冷媒が導入される導入路と、前記導入路から外周に向けて延在し前記導入路と前記スラスト路とを接続する接続路とを有することが効果的である。

【0014】

本発明のトルクセンサは、回転駆動する駆動装置に適用するのが好適である。すなわち、上記トルクセンサとハウジングを備え出力軸から回転駆動力を出力する駆動装置において、トルクセンサと駆動装置とを適切にユニット化するためには、前記出力軸と前記トルク伝達軸とを一体に形成し又は前記出力軸と前記トルク伝達軸の軸方向一端とを接続して当該トルク伝達軸に駆動力が入力されるように構成するとともに、前記固定支持部と前記ハウジングとを一体に形成し又は接続していることが好ましい。

30

【0015】

供給源に対するメンテナンス性の向上や製造コストの低減、装置の小型化を追求するためには、前記出力軸は、出力軸用の軸受により回転可能に支持されるとともに、内部に冷媒を通して前記出力軸用の軸受に冷媒を供給する流路の一部を構成するものであり、前記トルク伝達軸の内部に形成される前記導入路は、前記出力軸から冷媒が導入されるように構成されていることが望ましい。

40

【発明の効果】

【0016】

本発明は、以上説明したように、冷媒供給路がトルク伝達軸の軸方向の少なくとも一方から導入される冷媒を中空空間に連通しないようにトルク伝達軸の内部を通して軸受へ供給するので、中空空間に収納される歪検出部を始めとする検出部品へ冷媒が至るのを回避して検出部品の保護を図りつつ、軸受に適切に冷媒を供給することが可能となる。しかも、冷媒供給路は、スラスト路を有し、このスラスト路を流れる冷媒によって歪検出部を冷却するので、軸受で生じた熱による悪影響を低減して歪検出部の検出精度を向上させるこ

50

とが可能となる。したがって、軸受への適切な冷媒供給を実現するとともに、軸受で生じる熱による影響を低減して検出精度を向上させたトルクセンサ及びこれを備えた駆動装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係るトルクセンサの構成を模式的に示す断面図。

【図2】同トルクセンサを適用したモータ等の駆動装置を模式的に示す図。

【図3】歪検出部の取り付け姿勢とスラスト路との位置関係を模式的に示す図。

【図4】図1のA-A箇所断面図。

【図5】振り剛性及びせん断応力について本発明と従来との比較結果を示す図。

【図6】本発明の他の実施形態に係るトルク伝達軸の構成を模式的に示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の一実施形態に係るトルクセンサを、図面を参照して説明する。

【0019】

トルクセンサTsは、図1に示すように、駆動装置と負荷装置との間に介在するトルク伝達軸2に作用するトルクの大きさを測定する装置であり、略中空軸状をなし軸方向両端2c、2dがそれぞれ駆動側（駆動装置M）及び負荷側（負荷装置）に接続され駆動側及び負荷側の間で振れを伴いながらトルクを伝達するトルク伝達軸2と、トルク伝達軸2の内部に中空空間SP1を形成する内周面2aに取り付けられトルク伝達軸2に対するトルク入力によりトルク伝達軸2に生じる歪みを検出する歪ゲージを用いた歪検出部4と、歪検出部4と同様に中空空間SP1に収納され歪検出部4の検出結果を中空空間SP1の外部に送信する送信部30と、送信部30から受信した検出結果に基づきトルク伝達軸2に作用するトルクの大きさを算出するトルク演算部31とを有している。このトルクセンサTsは、図2に例示するように、トルク伝達軸2の軸方向一端2cと駆動力出力軸M3a（シャフト）とを接続してトルクセンサTsを備えたモータ等の駆動装置Mを構成するために利用される。

【0020】

トルク伝達軸2は、図1に示すように、内部に中空空間SP1が形成された有底の略中空軸状のものである。トルク伝達軸2の軸方向一端2cは、回転駆動するモータ等の駆動装置Mの駆動力出力軸M3a（シャフト）とスプライン接続等により関連付けられて駆動装置Mにより駆動力が入力され、トルク伝達軸2の軸方向他端2dは、負荷装置のシャフトとボルト止め等により関連付けられて負荷装置により負荷が入力される。

【0021】

図1に示すように、トルク伝達軸2の内部に設けられた中空空間SP1は、軸方向一端2c側が閉止される一方で、軸方向他端2d側が開口部2eを介して開放されており、封止部2fを、開口部2eを塞ぐ位置にOリング等の封止部材s1やネジ等の止着具voを介して着脱可能に構成している。このように、中空空間SP1に歪検出部4や送信部30を始めとする検出部品を収納した状態で容易に密閉可能にしたので、各検出部品を油や埃等から保護することを可能にしている。この封止部2fには、負荷装置のシャフトを接続するための接続用孔2faが形成されている。

【0022】

歪検出部4は、図3に示すように、機械的な寸法の微小な変化を電気信号として検出するシート状の歪ゲージを用いたもので、トルク伝達軸2の内部に中空空間SP1を形成し且つ軸心Cnを中心とする円形に沿った内周面2aに、トルク入力によってトルク伝達軸2に生じる振れに対応する二方向の歪みを検出する姿勢で接着剤を介して貼付されている。この歪検出部4は、軸方向に対して45度傾斜する方向の歪量を検出する第一の受感部4aと、第一の受感部4aの検出方向と直交し且つ軸方向に対して45度傾斜する方向の歪量を検出する第二の受感部4bとを一組にして構成したもので、トルク伝達軸2が振れるときに生じる引張応力成分を一方の受感部で検出し、同時にトルク伝達軸2に生じる圧

縮応力成分を他方の受感部で検出するものである。この歪検出部 4 として用いられる歪ゲージは、金属抵抗体の抵抗値を利用するものである。歪検出部 4 自体や周囲の温度によって抵抗値が変化し、検出結果に影響（検出誤差等）が生じる。本実施形態では、図 4 に示すように、互いに軸心 C n を中心として対称となる位置に歪検出部 4 をそれぞれ取り付けて歪検出部を一对又は複数対とし、複数（例えば 8 つ）の歪みゲージを既知の 4 ブリッジ法でブリッジ回路を構成して接続している。勿論、本実施形態では、二つの受感部 4 a, 4 b が一組となった歪ゲージを用いてトルク伝達軸 2 の捩れに対応する二方向の歪量を検出しているが、第一、第二の受感部 4 a, 4 b が別々に構成された歪検出部を複数一組として用いてもよい。なお、図 1 や図 3 に示す歪ゲージは、あくまでも歪ゲージのゲージパターンのイメージ図であり、本発明に適用可能な歪検出部が同図に示すゲージパターンに限定されることを意味するものではない。

10

【0023】

送信部 30 は、図 1 に示すように、歪検出部 4 に電圧を印加し且つ歪検出部 4 で検出した検出結果を示す歪信号を中空空間 S P 1 の外部へ送信するテレメータを用いたもので、封止部 2 f に取り付けられて、歪検出部 4 と径方向で重ならないように中空空間 S P 1 に収納されている。また、トルク伝達軸 2 の外部には、送信部 30 から送信された歪信号（検出結果）をアンテナコイル 30 a を介して受信してトルクの大きさを演算処理により算出するトルク演算部 31 と、送信部 30 に対して電力を非接触でアンテナコイル 30 a（送受信アンテナ）を介して供給する電力供給部 32 が設けられている。すなわち、電力供給部 32 からアンテナコイル 30 a を介して送信部 30 に電力が供給され、歪検出部 4 に電圧が印加される。そして、トルク伝達軸 2 にトルクが作用すると、トルク伝達軸 2 に捩れが生じ、この捩れがトルク伝達軸 2 の内周面 2 a に貼付された歪検出部 4 によって歪量として検出される。歪検出部 4 で検出した歪量に対応する歪信号が送信部 30 からトルク演算部 31 に送信され、トルク演算部 31 が歪信号（歪検出部 4 の検出結果）に基づいてトルクの大きさを算出する。

20

【0024】

トルク伝達軸 2 は、図 1 に示すように、軸受 5 を介して固定支持部 6 に回転可能に支持されている。軸受 5 は、ボールベアリング等の転がり軸受を用いたもので、トルク伝達軸 2 を複数箇所（本実施形態では二箇所）で支持するように軸方向に沿って複数（本実施形態では二つ）配置されている。固定支持部 6 は、略円筒状をなし基端部 60 a が駆動装置 M のハウジング M 1 にボルト等の止着具を介して取り付けられる外側支持部 60 と、外側支持部 60 の内部に収納された状態で外側支持部 60 に取り付けられる内側支持部 61 とを有する二重構造をなしている。

30

【0025】

外側支持部 60 は、駆動装置 M のハウジング M 1 に取り付けられた状態で下部となる部位に、軸受 5 に供給された潤滑油などの冷媒を外部に排出するための排出口 60 e j が形成され、内部空間 S P 2 の径方向寸法を排出口へ向かうほど広くすることで外側支持部 60 の内形によって冷媒を排出口 60 e j へ案内するように構成している。すなわち、外側支持部 60 の内部空間 S P 2 を形成する面の一部を排出口 60 e j に向かって傾斜する傾斜面 60 x としている。

40

【0026】

内側支持部 61 は、フランジ部 62 f を有する有底円筒部 62 と、有底円筒部 62 の開口 K 1 を閉止する蓋部 63 とから構成され、フランジ部 62 f が外側支持部 60 の先端部 60 b にボルト等の止着具 v o や O リング等の封止部材 s 1 を介して取り付けられるもので、有底円筒部 62 及び蓋部 63 により形成される内部空間 S P 3 に軸受 5 が配置されており、この軸受 5 を介して軸方向に貫通するトルク伝達軸 2 を回転可能に支持する。軸受 5 は、トルク伝達軸 2 の外周面 2 b に形成された突状の軸側軸受支持部 64 a と、有底円筒部 62 又は蓋部 63 を足場とする固定側軸受支持部 64 b とにより抱き込まれて軸方向に固定されている。また、内側支持部 61 の下部には、軸受 5 に供給された潤滑油などの冷媒を外部に排出するための排出口 61 e j が形成されている。なお、固定側軸受支持部

50

64bは、有底円筒部62や蓋部63と一体の部材として構成されていてもよいし、別の部材として構成されていてもよい。

【0027】

トルク伝達軸2の内部には、図1に示すように、トルク伝達軸2の軸方向一端2c側（駆動側）から導入される冷媒を中空空間SP1に連通しないようにトルク伝達軸2の内部を通して軸受5へ供給する冷媒供給路7が形成されている。具体的には、冷媒供給路7は、トルク伝達軸2の軸中心Cnを通り軸方向一端2cにある駆動装置Mの駆動力出力軸M3a（シャフト）から冷媒が導入される導入路70と、トルク伝達軸2の外周面2b及び内周面2aの間を軸方向に沿って冷媒を流通させるスラスト路71と、導入路70から外周に向けて延在し導入路70とスラスト路71とを接続する接続路72とを有する。スラスト路71は、軸受5や歪検出部4と径方向で重なる位置、すなわちトルク伝達軸2の肉を介して軸受5や歪検出部4を冷却する位置に配置されている。また、スラスト路71には、各々の軸受5に対応するラジアル路73が複数設けられており、スラスト路71を基幹路とし、ラジアル路73を分岐路として、各々の軸受5に冷媒を供給する流路が一つのスラスト路71から分岐して形成されている。このラジアル路73に対応して固定側軸受支持部64bは、ラジアル路73と径方向で重なる位置にあり、ラジアル路73から供給された冷媒を軸受5に案内する湾曲した案内面64xが形成されている。スラスト路71は、図3及び図4に示すように、軸方向に直交する横断面において歪検出部4と径方向で重なるようにトルク伝達軸2の内部に周方向に沿って等間隔で複数形成されており、図1に示すように、導入路70の先端部にある分岐部70aと各々の接続路72を介して接続されている。

【0028】

スラスト路71は、図3に示すように、軸方向に直交する横断面において点P1を中心とする半径r1の円形をなしている。歪検出部4は、内周面2aのうちスラスト路71と径方向で重なる部位2abを含む領域に接着剤を介して貼付されている。このように、歪検出部4をトルク伝達軸2の内周面2aに設けることで、高速回転時の遠心力によって歪検出部4の損傷やトルク伝達軸2と離反することを有効に防止している。内周面2aのうちスラスト路71と径方向で重なる部位2abの中でも、径方向の肉厚が最も薄い部位P2に対して最も応力が集中すると考えられる。言い換えると、この応力集中部位P2は、内周面2aのうちスラスト路71の中心P1とトルク伝達軸2の軸心Cnとを結ぶ直線上にある部位とも言え、内周面2aのうちスラスト路71の中心P1と径方向で重なる部位とも言える。勿論、歪検出部4は、内周面2aのうちスラスト路71と径方向で重なる部位2abに貼付することが望ましいが、かかる部位2ab以外の内周面2aに貼付してもスラスト路71のない場合に比べると有効である。

【0029】

スラスト路71の中心軸P1は、径方向における外周面2b及び内周面2aの中央P0より内方に設定されている。すなわちスラスト路71は、外周面2b側よりも内周面2a側寄りに形成されている。このように、スラスト路71を外周面2b側よりも内周面2a側寄りに形成することで、スラスト路71の内周側の肉厚が外周側の肉厚よりも薄くなり、トルク伝達軸2の肉を介した歪検出部4の冷却効率を向上させることができるとともに、スラスト路71と径方向で重なる範囲においてトルク入力で生じる応力が外周面よりも内周面に集中しやすくしている。なお、本実施形態では、冷媒供給路7の断面形状は円形であるが、冷媒供給路7の断面形状は冷媒を通すことができればどのような形状でもよい。

【0030】

ここで、従来のトルクセンサと比較実験を行うために、トルク伝達軸2が単なる中空軸である場合と、図4に示すように同じ中空軸にスラスト路71を設けた本実施形態の場合とについて、捩り剛性及び歪検出部4の取り付け位置におけるせん断応力とを計算した結果を以下に示す。計算対象となるトルク伝達軸については、図3に例示するように、いずれの例についてもトルク伝達軸の内外径差（ $D-d$ ）を5mm、外径を20～60mm、横弾

性係数 G を鋼相当の約 80 GPa としている。図 3 に示す本実施形態の場合は、スラスト路 71 の直径 ($2 \times r1$) を 3 mm 、スラスト路 71 と内周面 2a との間隔 $w2$ を 0.5 mm としている。計算式は、起歪部の外径を D 、内径を d 、トルクを T とし、トルク伝達軸の振り剛性 $GI = \pi G (D^4 - d^4) / 32$ 、内周面に生じるせん断応力 $\tau = 16 d T / \pi (D^4 - d^4)$ 、内周面のひずみ $\varepsilon = \tau / 2 G$ として計算している。計算結果は、FEM (Finite Element Method: 有限要素法) によって求めている。

【0031】

その計算結果は、図 5 に示すように、本実施形態のスラスト路 71 を設けたものは、従来の中空軸の場合よりも若干振り剛性が低減するものの、内周面 2a に得られるせん断応力 (歪量) が中空軸の場合に比べて増大している。したがって、トルク伝達軸 2 の内部の内周面 2a に取り付けた歪検出部 4 を適切に冷却することができるだけでなく、歪検出部 4 で検出される歪量を増大して検出感度を向上させることができるのが分かる。

【0032】

なお、図 2 に概念図を用いて模式的に示すように、駆動装置 M は周知のモータ等を用いたもので、ハウジング M1 に固定され磁界を発生する固定子 M2 と、固定子 M2 に対して回転可能な状態でハウジング M1 に支持され磁界を受けて回る回転子 M3 とを有し、固定子 M2 への通電制御により磁界を変化させ、固定子 M2 と回転子 M3 との間に反発力や吸引力等を作用させて回転子 M3 を回転させ、電気エネルギーから回転駆動力を出力するものである。回転子 M3 の駆動力出力軸 M3a (シャフト) に上記トルク伝達軸 2 が接続されてトルク伝達軸 2 に駆動力が入力されるように構成するとともに、ハウジング M1 に固定支持部 6 を取り付けられている。また、駆動装置 M を構成する駆動力出力軸 M3a は、出力軸用の軸受 M4 により回転可能に支持されるとともに、内部に冷媒を通して出力軸用の軸受 M4 や図示しない発熱部を始めとする機構部品に冷媒を供給する流路 M5 の一部を構成するものであり、トルク伝達軸 2 の内部に形成される導入路 70 は、出力軸 M3a から冷媒が導入されるように構成されている。勿論、トルク伝達軸 2 と駆動力出力軸 M3a (シャフト) とを同一部材として一体に形成してもよく、また、固定支持部 6 とハウジング M1 とを同一部材として一体に形成してもよい。この場合、トルクセンサ及び駆動装置を合わせた装置全体の軸方向寸法を小形化することも可能となる。図 2 に示す駆動装置 M は概念図で示したものにすぎず、この図示の駆動装置に限定されるものではない。また駆動装置にはモータ以外のものを用いてもよい。

【0033】

以上のように、本実施形態のトルクセンサトルクセンサ Ts は、中空軸状をなし軸方向一端 2c に駆動力が入力され軸方向他端 2d に負荷が入力されて駆動側と負荷側との間で振れを伴いながらトルクを伝達するトルク伝達軸 2 と、トルク伝達軸 2 の内部に中空空間 SP1 を形成する内周面 2a に取り付けられ、トルク伝達軸 2 に対するトルク入力によって内周面 2a に生じる歪みを検出する歪検出部 4 と、中空空間 SP1 に収納され歪検出部 4 の検出結果を中空空間 SP1 の外部に送信する送信部 30 とを具備し、送信部 30 から受信した検出結果に基づいてトルク伝達軸 2 に作用するトルクの大きさを算出するトルクセンサであって、トルク伝達軸 2 を軸受 5 を介して回転可能に支持する固定支持部 6 と、トルク伝達軸 2 の軸方向の少なくとも一方から導入される冷媒を中空空間 SP1 に連通しないようにトルク伝達軸 2 の内部を通して軸受 5 へ供給する冷媒供給路 7 とを備え、冷媒供給路 7 は、トルク伝達軸 2 の外周面 2b 及び内周面 2a の間に軸方向に沿って冷媒を流通させるスラスト路 71 を有し、このスラスト路 71 を流れる冷媒により歪検出部 4 を冷却するようにしている。

【0034】

このように、高速回転化のため軸径を細くするに伴い撓みやすくなるトルク伝達軸 2 を軸受 5 で支持する構成を採用するにあたり、冷媒供給路 7 がトルク伝達軸 2 の軸方向一端 2c 側から導入される冷媒を中空空間 SP1 に連通しないようにトルク伝達軸 2 の内部を通して軸受 5 へ供給するので、中空空間 SP1 に収納される歪検出部 4 や送信部 30 を始めとする検出部品へ冷媒が至ることを避けてこれら検出部品を保護しつつ、軸受 5 に適切

に冷媒を供給することが可能となる。しかも、冷媒供給路 7 は、トルク伝達軸 2 の外周面 2 b 及び内周面 2 a の間に軸方向に沿って冷媒を流通されるスラスト路 7 1 を有し、このスラスト路 7 1 を流れる冷媒により歪検出部 4 を冷却するようにしているので、軸受 5 で生じる熱が歪検出部 4 での検出結果に与える影響を低減して検出精度を向上させることが可能となる。さらに、トルク伝達軸 2 の外周面 2 b 及び内周面 2 a の間にスラスト路 7 1 を形成することにより径方向の肉厚の薄い薄肉部位を設けているので、内周面 2 a のうちスラスト路 7 1 と径方向で重なる部位にトルク入力により生じる応力が集中しやすくなり、この部位に生じる応力がスラスト路 7 1 のない場合に比べて増大し、この部位だけでなくその近傍など応力の増大する部分が全体的に増える。その結果、歪検出部 4 の取り付け位置によるものの、歪検出部 4 で検出する歪量をスラスト路 7 1 のない場合に比べて増大させて歪検出部 4 による検出感度を向上させることができる場合がある。

10

【0035】

また、本実施形態では、スラスト路 7 1 が、トルク伝達軸 2 の内部に周方向に沿って複数形成されているので、トルク伝達軸 2 の冷却部位が増え、トルク伝達軸 2、歪検出部 4 及び軸受 5 の冷却偏りを低減して適切な冷却が可能となる。特に、本実施形態では、スラスト路 7 1 を周方向に沿って等間隔で配置しているので、トルク伝達軸 2 を均一に冷却することを可能としている。

【0036】

さらに、本実施形態では、軸受 5 は、トルク伝達軸 2 を複数箇所で支持するように軸方向に沿って複数配置されており、スラスト路 7 1 は、前記複数の軸受と径方向で重なる位置に配置されているので、軸受 5 への冷媒供給だけでなくトルク伝達軸 2 の肉を介しても軸受 5 を冷却することになり、軸受 5 をより一層的確に冷却することが可能となる。

20

【0037】

さらにまた、本実施形態では、冷媒供給路 7 は、トルク伝達軸 2 の軸中心 C n を通り軸方向一端 2 c 側から冷媒が導入される導入路 7 0 と、導入路 7 0 から外周に向けて延在し導入路 7 0 とスラスト路 7 1 とを接続する接続路 7 2 とを有するものである。このように構成すると、トルク伝達軸 2 の回転により作用する遠心力によって冷媒が導入路 7 0、接続路 7 2 及びスラスト路 7 1 を順に巡って軸受 5 に供給されるので、トルク伝達軸 2 の細径化に伴い冷媒供給路 7 の径が細くなり且つ冷媒に粘度の高いものを用いたとしても適切に冷媒を軸受 5 へ供給可能な高速回転に適したトルクセンサ T s を提供することが可能となる。

30

【0038】

本実施形態の駆動装置 M は、上記トルクセンサ T s とハウジング M 1 とを備え、出力軸 M 3 a から回転駆動力を出力するものであって、出力軸 M 3 a とトルク伝達軸 2 の軸方向一端 2 c とを接続してトルク伝達軸 2 に駆動力が入力されるように構成するとともに、固定支持部 6 とハウジング M 1 とを接続しているので、トルクセンサ T s と駆動装置 M とを適切にユニット化することが可能となる。

【0039】

さらに、本実施形態の駆動装置 M は、出力軸 M 3 a が、出力軸用の軸受 M 4 により回転可能に支持されるとともに、内部に冷媒を通して出力軸用の軸受 M 4 に冷媒を供給する流路 M 5 の一部を構成するものであり、トルク伝達軸 2 の内部に形成される導入路 7 0 が、出力軸 M 3 a から冷媒が導入されるように構成されているので、駆動装置 M の出力軸 M 3 a を支持するための軸受 M 4 を始めとする機構部品への冷媒の供給源と、トルク伝達軸 2 や歪検出部 4 を冷却するための冷媒の供給源とを共通化することができ、冷媒の供給源を並設する必要がなくなり、供給源に対するメンテナンス性の向上や製造コストの低減、装置の小型化を追求することが可能となる。

40

【0040】

以上、本発明の実施形態について図面に基づいて説明したが、具体的な構成は、これらの実施形態に限定されるものでないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明だけではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均

50

等の意味および範囲内のすべての変更が含まれる。

【0041】

例えば、本実施形態では、トルクセンサTsは、駆動装置Mに組み込まれて構成されているが、単独で構成することも可能である。また、冷媒供給路7は、軸方向一端2c側（駆動側）から冷媒を導入しているが、軸方向他端2d側（負荷側）から冷媒を導入するようにしてもよい。勿論、軸方向両側から冷媒を導入するようにしてもよい。また、本実施形態では、接続路72は、径方向に沿ってほぼ直線上に延びているが、湾曲していてもよい。

【0042】

また、本実施形態では、歪検出部4の数は、スラスト路71の数に対応して同数であるが、図6（a）に示すように、トルク伝達軸102に形成するスラスト路71の数は、歪検出部4の数よりも多くても少なくてもよい。スラスト路の数が多いほど冷却度が向上する。また、本実施形態では、スラスト路71と歪検出部4とは径方向で重なる位置関係にあるが、図6（a）に示すように、必ずしも径方向で重なる位置関係に無くてもよい。スラスト路71の大きさや配置位置は、適宜変更可能であり、スラスト路71の断面形状は、円形に限られず、適宜変更可能である。例えば多角形状や鋭角部を有する形状等が挙げられる。スラスト路71を複数形成した場合には各々の大きさや断面形状が異なってもよい。また、内周面のうち単一のスラスト路と径方向で重なる位置に複数の歪検出部を取り付けてもよいし、逆に単一の歪検出部と径方向で重なる位置に複数のスラスト路を形成してもよい。また、スラスト路は、トルク伝達軸2を軸方向に貫通していてもよいし、貫通していなくてもよい。内周面2aに生じる応力すなわち検出感度は、スラスト路とトルク伝達軸内周面との距離によって上記発明の範囲において調整可能である。また、図6（b）に示すように、トルク伝達軸202の内周面202aに軸方向に延びる溝部を形成して、内周面202aの一部としての溝面に歪検出部4を貼付し、スラスト路71を周方向において溝部同士の間配置してもよい。このように構成すれば、歪検出部の検出感度を適切に確保しつつ歪検出部の冷却を実現することができる場合がある。

【0043】

さらに、歪検出部として歪ゲージを例として述べているが、トルク伝達軸に生じる歪みを検出できるものであれば歪ゲージ以外のものでもよい。例えば、圧電素子を用いてもよいし、トルク伝達軸の内周面に応力に応じて発光する材を塗布して受光センサで検出するようにしてもよい。

【0044】

さらにまた、トルク伝達軸2は、駆動装置又は負荷装置のシャフトに接続できるものであれば、フランジやスプライン形状に限定されるものではない。例えばキーによって接続する形状でもよい。

【0045】

さらにまた、本実施形態では、冷媒供給路7に流通させる冷媒は、潤滑油などの液体であるが、窒素などの気体であってもよい。スラスト路を流通させた冷媒は、全てを軸受に供給してもよいし、一部を負荷装置側に供給するようにしてもよい。

【0046】

その他、検出した歪信号のトルク演算部31への伝送や電力供給部32から歪検出部4への電力供給は無線だけでなく、例えばスリップリングを用いた有線で行ってもよい。

【0047】

なお、各部の具体的な構成は、上述した実施形態のみに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【符号の説明】

【0048】

- 2…トルク伝達軸
- 2a…内周面
- 2b…外周面

10

20

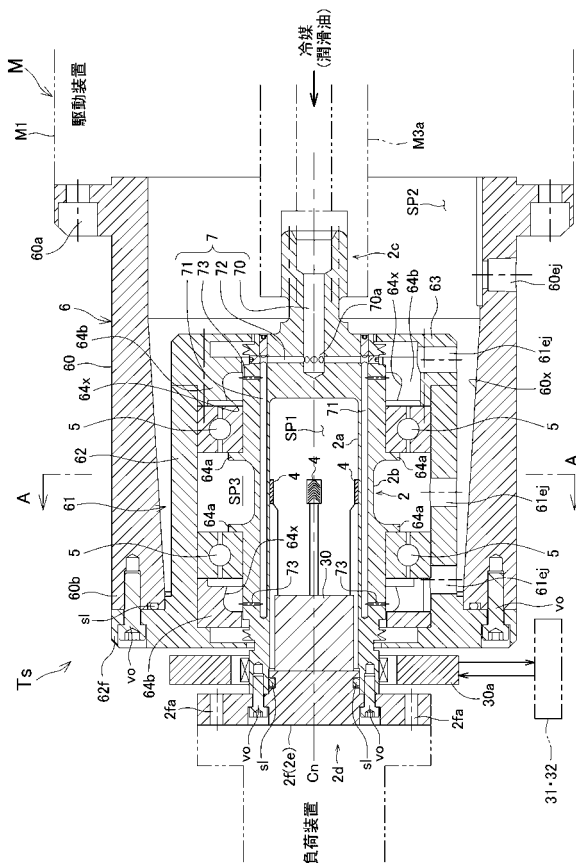
30

40

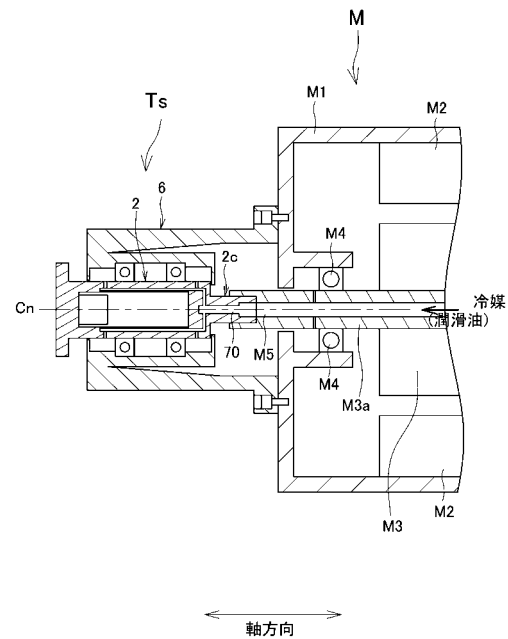
50

- 2 c … 軸方向一端
 2 d … 軸方向他端
 3 0 … 送信部
 4 … 歪検出部
 5 … 軸受
 6 … 固定支持部
 7 … 冷媒供給路
 7 0 … 導入路
 7 1 … スラスト路
 7 2 … 接続路
 T s … トルクセンサ
 M … 駆動装置
 M 1 … ハウジング
 M 3 a … 出力軸
 M 4 … 出力軸用の軸受
 S P 1 … 中空空間

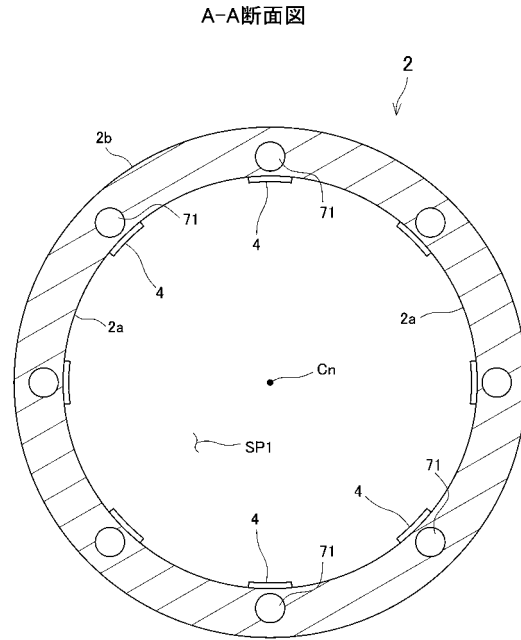
【図 1】



【図 2】



【図 4】



【图 6】

