(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6956575号
(P6956575)

(45)発行日　令和3年11月2日(2021.11.2)　(24)登録日　令和3年10月7日(2021.10.7)

(51)Int.Cl.		F I		
G01L 3/10	(2006.01)	G01L	3/10	301D
H01L 41/47	(2013.01)	H01L	41/47	
H01L 41/20	(2006.01)	H01L	41/20	

請求項の数 4　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2017-176715(P2017-176715)
(22)出願日　平成29年9月14日(2017.9.14)
(65)公開番号　特開2019-52912(P2019-52912A)
(43)公開日　平成31年4月4日(2019.4.4)
審査請求日　令和2年9月7日(2020.9.7)

(73)特許権者　000004204
日本精工株式会社
東京都品川区大崎１丁目６番３号
(73)特許権者　000005083
日立金属株式会社
東京都港区港南一丁目２番７０号
(74)代理人　110000811
特許業務法人貴和特許事務所
(72)発明者　福田　晃大
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目５番５０号
日本精工株式会社内
(72)発明者　小野　潤司
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目５番５０号
日本精工株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トルク負荷部材およびトルク伝達装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

磁歪式のトルクセンサを対向させる被検出面を有し、該被検出面から所定の深さまでの範囲である第一深さ範囲の残留オーステナイト量が６容量％以下になっており、かつ、前記被検出面からの深さが前記第一深さ範囲よりも深い範囲である第二深さ範囲の残留オーステナイト量が１５容量％以上になっているトルク負荷部材。

【請求項２】

前記第一深さ範囲は、前記被検出面から３０μｍの深さまでの範囲であり、前記第二深さ範囲は、前記被検出面からの深さが１００μｍ～２００μｍまでの範囲である、請求項１に記載したトルク負荷部材。

【請求項３】

被検出面を有するトルク負荷部材と、

前記被検出面に対向させた磁歪式のトルクセンサと、を備え、

前記トルク負荷部材が、請求項１～２のうちの何れか１項に記載したトルク負荷部材である、

トルク伝達装置。

【請求項４】

使用時にも回転しない部分に対して前記トルク負荷部材を回転可能に支持する転がり軸受をさらに備え、かつ、前記トルクセンサが前記転がり軸受に支持されている、

請求項３に記載のトルク伝達装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、使用時にトルクを負荷され、かつ、該トルクを測定するために用いられるトルク負荷部材、およびトルク伝達装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
自動車の分野では、近年、パワートレイン（動力伝達機構）を構成する回転軸により伝達しているトルクを測定し、その測定結果を利用して、動力源であるエンジンや電動モータの出力制御や、変速機の変速制御を実行するシステムの開発が進んでいる。
【０００３】
また、従来、回転軸などのトルク負荷部材により伝達しているトルクを測定する技術として、磁歪式のものが知られている（たとえば、特開２０１７－９６８２５号公報、特開２０１７－９６８２６号公報参照）。磁歪式のトルク測定技術では、トルク負荷部材の透磁率が、負荷されるトルクに応じて変化する現象（逆磁歪効果）を利用して、該トルクを測定する。具体的には、トルク負荷部材に対向させたトルクセンサを用いて、該トルク負荷部材に負荷されたトルクを、該トルク負荷部材の表層部の透磁率の変化として測定する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１７－９６８２５号公報
【特許文献２】特開２０１７－９６８２６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
磁歪式のトルク測定技術では、トルク測定のヒステリシスを抑えつつ、トルク測定の感度を効果的に向上させることができる具体的な手段を提供することが望まれている。
【０００６】
本発明は、上述のような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、トルク測定のヒステリシスを抑えつつ、トルク測定の感度を効果的に向上させることができる具体的な手段を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本発明のトルク負荷部材は、磁歪式のトルクセンサを対向させる被検出面を有し、該被検出面から所定の深さまでの範囲である第一深さ範囲の残留オーステナイト量が６容量％以下になっている。
本発明のトルク負荷部材では、前記被検出面からの深さが前記第一深さ範囲よりも深い範囲である第二深さ範囲の残留オーステナイト量を１５容量％以上とすることができる。
【０００８】
本発明のトルク伝達装置は、被検出面を有するトルク負荷部材と、前記被検出面に対向させた磁歪式のトルクセンサとを備える。
特に、本発明のトルク伝達装置では、前記トルク負荷部材が、本発明のトルク負荷部材である。
なお、前記トルクセンサとしては、周囲に交流磁界を発生させるコイルを有し、かつ、該交流磁界の磁束が、前記トルク負荷部材の被検出面の表層部を通過することに基づいて、該表層部の透磁率に応じた検出信号を出力するものを採用することができる。
【０００９】
本発明のトルク伝達装置では、使用時にも回転しない部分に対して前記トルク負荷部材

を回転可能に支持する転がり軸受をさらに備え、かつ、前記トルクセンサが前記転がり軸受に支持されている構成を採用することができる。

【発明の効果】

【００１０】

本発明によれば、トルク測定のヒステリシスを抑えつつ、トルク測定の感度を効果的に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】図１は、本発明の実施の形態の１例を示す、トルク伝達装置の断面図である。

【図２】図２（ａ）は、図１に示したトルク伝達装置から回転軸およびトルクセンサのみを取り出して示す、径方向外側から見た図であり、図２（ｂ）は、図２（ａ）を軸方向から見た図である。

【図３】図３は、トルクセンサの検出部を構成する第一～第四コイル層を径方向外側から見た展開図である。

【図４】図４（ａ）～図４（ｄ）は、トルクセンサの検出部を構成する第一～第四コイル層をそれぞれ単体の状態で径方向外側から見た展開図である。

【図５】図５は、トルクセンサの検出部を構成する第一～第四コイル層を含んで構成されるブリッジ回路を示す図である。

【図６】図６は、実施例１および実施例２に関して、ショットピーニング処理を行う前後における、外周面からの深さと残留オーステナイト量との関係を示すグラフである。

【図７】図７は、トルクとセンサ出力との関係を表す線図である。

【図８】図８は、実施例１および実施例２に関して、ショットピーニング処理を行う前後における、トルク測定の感度およびヒステリシスを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

［実施の形態の１例］

実施の形態の１例について、図１～図５を用いて説明する。

図１は、トルク伝達装置を示している。このトルク伝達装置は、回転軸１と、転がり軸受２と、トルクセンサ３とを備える。本例では、回転軸１が、トルク負荷部材に相当する。

なお、本例に関する以下の説明中、トルク伝達装置に関して、軸方向片側は、図１における右側であり、軸方向他側は、図１における左側である。

【００１３】

回転軸１は、自動車のパワートレインを構成する、変速機の回転軸、デファレンシャルギヤの回転軸、プロペラシャフト、ドライブシャフトなどのトルク伝達軸である。回転軸１は、磁歪特性を有する材料である、ＳＣｒ４２０（クロム鋼）、ＳＣＭ４２０（クロムモリブデン鋼）、ＳＮＣＭ４２０（ニッケルクロムモリブデン鋼）などの鋼（鉄合金）製で、円柱状または円筒状に構成されている。

【００１４】

回転軸１は、軸方向一部外周面に円筒状の内輪軌道４を有する。また、回転軸１は、外周面のうちで内輪軌道４の軸方向片側に隣接する箇所（図１および図２において、斜格子を付した箇所）に被検出面５を有する。回転軸１は、被検出面５の表層部のうちで、被検出面５から所定の深さまでの範囲である第一深さ範囲（たとえば被検出面５から３０μｍの深さまでの範囲）の残留オーステナイト量が６容量％以下になっており、被検出面５からの深さが第一深さ範囲よりも深い範囲である第二深さ範囲（たとえば被検出面からの深さが１００μｍ～２００μｍまでの範囲）の残留オーステナイト量が１５容量％以上になっている。

【００１５】

なお、本例では、回転軸１を造る際に、回転軸１の中間素材の外周面に浸炭処理を施すことによって、少なくともこの外周面から前記第一深さ範囲および第二深さ範囲を含む深

さまでの残留オーステナイト量を１５％以上に調整した後、被検出面５にショットピーニング処理を施すことによって、前記第一深さ範囲の残留オーステナイト量が６容量％以下になり、かつ、前記第二深さ範囲の残留オーステナイト量が１５容量％以上になるように調整している。このため、被検出面５の表層部のうち、少なくとも前記第一深さ範囲は、ショットピーニング処理によって形成された圧縮加工硬化層になっている。ただし、本発明を実施する場合、前記第一深さ範囲および第二深さ範囲の残留オーステナイト量の調整方法は、特に問わない。このような回転軸１は、転がり軸受２により、自動車のパワートレインを構成するハウジングなどの使用時に回転しない静止部材に対して回転自在に支持されている。

【００１６】

転がり軸受２は、ニードル軸受であり、外輪６と、複数個のニードル７と、保持器８とを備える。

外輪６は、軸受鋼などの鋼製で、円筒状に構成されている。外輪６は、軸方向両端部に内向鍔部９を有する。また、外輪６は、１対の内向鍔部９に挟まれた軸方向中間部内周面に、円筒状の外輪軌道１０を有する。このような外輪６は、自動車のパワートレインを構成するハウジングなどの静止部材に内嵌された状態で、使用時にも回転しない。

複数個のニードル７は、それぞれが軸受鋼などの鋼製で、円柱状に構成されている。これらのニードル７は、外輪軌道１０と内輪軌道４との間に転動自在に配置されている。

保持器８は、鋼製または合成樹脂製で、円筒状に構成されている。保持器８は、円周方向複数箇所にポケットを有しており、これらのポケット内にニードル７が１つずつ転動自在に保持されている。

【００１７】

トルクセンサ３は、センサホルダ１１を介して、外輪６に支持されている。センサホルダ１１は、金属、合成樹脂などにより円筒状に構成されており、外輪６の軸方向片側に隣接配置された状態で、外輪６に取り付けられている。このために、具体的には、センサホルダ１１の軸方向他端部に設けられた嵌合筒部１２を、外輪６の軸方向片側の内向鍔部９に内嵌固定している。ただし、センサホルダ１１は、外輪６と一体に形成することもできる。

【００１８】

トルクセンサ３は、磁性材製で円筒状のバックヨーク１３と、該バックヨーク１３の径方向内側に保持された検出部１４とを備える。このようなトルクセンサ３は、回転軸１の被検出面５の周囲に、該被検出面５と同軸に配置された状態、すなわち、被検出面５に検出部１４を対向させた状態で、センサホルダ１１に内嵌保持されている。

【００１９】

検出部１４は、それぞれが円筒状に構成された４つのコイル層である、第一～第四コイル層１５～１８を備える。第一～第四コイル層１５～１８は、径方向内側から、第一コイル層１５、第二コイル層１６、第三コイル層１７、第四コイル層１８の順に並べた状態で、径方向に積層配置されている。第一コイル層１５と第二コイル層１６とは、図示しない帯状のフレキシブル基板の片側面と他側面とに分けて成形され、かつ、該フレキシブル基板を円筒状に丸めることにより、円筒状に構成されている。第三コイル層１７と第四コイル層１８とは、図示しない別の帯状のフレキシブル基板の片側面と他側面とに分けて成形され、かつ、該フレキシブル基板を円筒状に丸めることにより、円筒状に構成されている。また、第二コイル層１６と第三コイル層１７との間には、絶縁層が設けられている。

【００２０】

図３は、検出部１４を径方向外側から見た展開図を示している。また、図４（ａ）～図４（ｄ）は、検出部１４を構成する第一～第四コイル層１５～１８をそれぞれ個別に径方向外側から見た展開図を示している。

【００２１】

第一コイル層１５（第二コイル層１６、第三コイル層１７、第四コイル層１８）は、図４（ａ）｛図４（ｂ）、図４（ｃ）、図４（ｄ）｝に示すように、複数個の第一検出コイ

ル１９（第二検出コイル２０、第三検出コイル２１、第四検出コイル２２）を備える。これらの第一検出コイル１９（第二検出コイル２０、第三検出コイル２１、第四検出コイル２２）は、円周方向に関して等ピッチに並べて配置されている。また、これらの第一検出コイル１９（第二検出コイル２０、第三検出コイル２１、第四検出コイル２２）は、円周方向に隣り合うもの同士（前記フレキシブル基板の両端縁を挟んで互いに隣り合うもの同士を除く。）が直列に接続されている。また、第一検出コイル１９および第四検出コイル２２のそれぞれは、円周方向両側部に、回転軸１の軸方向に対して＋４５°傾斜した配線を含んで構成されている。これに対し、第二検出コイル２０および第三検出コイル２１のそれぞれは、円周方向両側部に、回転軸１の軸方向に対して－４５°傾斜した配線を含んで構成されている。なお、本発明を実施する場合、第一～第四コイル層１５～１８は、ボビンなどの支持部材にコイルを巻き付けることによって構成することもできる。

【００２２】

また、第一～第四コイル層１５～１８は、図５に示すような、ブリッジ回路２３を構成している。ブリッジ回路２３は、第一～第四コイル層１５～１８の他、Ａ点とＢ点との間に交流電圧を印加するための発振器２４と、Ｃ点とＤ点との間の電位差（中点電圧、差動電圧）を検出・増幅するためのロックイン増幅器２５とを含んで構成されている。

【００２３】

本例のトルク伝達装置の使用時には、発振器２４により、ブリッジ回路２３のＡ点とＢ点との間に交流電圧を印加し、第一～第四コイル層１５～１８に交流電流を流す。すると、第一～第四コイル層１５～１８には、図４（ａ）～図４（ｄ）に矢印イ、ロ、ハ、ニで示すように、円周方向に隣り合う検出コイル同士で互いに逆向きの電流が流れる（言い換えれば、このような向きの電流が流れるように各検出コイルが巻かれている）。この結果、第一～第四コイル層１５～１８の周囲に交流磁界が発生し、この交流磁界の磁束の一部が、回転軸１の被検出面５の表層部を通過する。

【００２４】

この状態で、回転軸１に、図２（ａ）に示す方向のトルクＴが加わると、回転軸１には、軸方向に対して＋４５°方向の引っ張り応力（＋σ）と、軸方向に対して－４５°方向の圧縮応力（－σ）とが作用する。そして、逆磁歪効果により、引っ張り応力（＋σ）が作用する方向である＋４５°方向では、回転軸１の透磁率が増加し、圧縮応力（－σ）が作用する方向である－４５°方向では、回転軸１の透磁率が減少する。

【００２５】

一方、第一コイル層１５および第四コイル層１８は、回転軸１の軸方向に対して＋４５°傾斜した配線を含んで構成されており、該配線の周囲に発生する交流磁界の磁束の一部は、回転軸１の被検出面５の表層部を、透磁率が減少した方向である－４５°方向に通過する。このため、第一コイル層１５および第四コイル層１８のインダクタンスは、それぞれ減少する。また、第二コイル層１６および第三コイル層１７は、回転軸１の軸方向に対して－４５°傾斜した配線を含んで構成されており、該配線の周囲に発生する交流磁界の磁束の一部は、回転軸１の被検出面５の表層部を、透磁率が増加した方向である＋４５°方向に通過する。このため、第二コイル層１６および第三コイル層１７のインダクタンスは、それぞれ増大する。

【００２６】

これに対し、回転軸１に、図２（ａ）に示す方向とは逆方向のトルクＴが加わると、上述した場合とは逆の作用により、第一コイル層１５および第四コイル層１８のインダクタンスが増大し、第二コイル層１６および第三コイル層１７のインダクタンスが減少する。

【００２７】

何れにしても、ブリッジ回路２３では、Ｃ点とＤ点との間の電位差（中点電圧、差動電圧）をロックイン増幅器２５により検出・増幅することによって、回転軸１に負荷されるトルクＴの方向および大きさに応じた出力Ｖが得られるようになっている。したがって、予め、出力Ｖとトルクとの関係を調べておけば、出力Ｖからトルクの方向および大きさを求められる。

【００２８】
特に、本例では、回転軸１の被検出面５の表層部のうちで、被検出面５から所定の深さまでの範囲である第一深さ範囲の残留オーステナイト量が６容量％以下になっており、被検出面５からの深さが第一深さ範囲よりも深い範囲である第二深さ範囲の残留オーステナイト量が１５容量％以上になっている。すなわち、回転軸１の被検出面５の表層部のうちで、トルクセンサ３から発生した磁束が通過する部分の磁気的特性が良好になっているため、トルク測定のヒステリシスを抑えつつ、トルク測定の感度を効果的に向上させることができる。
【００２９】
本発明の対象となるトルク負荷部材は、回転軸に限らず、たとえば、回転軸に外嵌固定され、かつ、該回転軸と共にトルクを負荷されるスリーブとすることもできる。
また、トルク負荷部材は、周面に被検出面を有する部材に限らず、たとえば特開２０１７－９６８２５号公報や特開２０１７－９６８２６号公報に記載されているような、軸方向側面に被検出面を有する部材とすることもできる。
本発明の対象となるトルク負荷部材を自動車のパワートレインに組み込んで使用する場合、対象となる装置は、特に問わない。たとえば、マニュアルトランスミッション（ＭＴ）、オートマチックトランスミッション（ＡＴ）、ベルト式無段変速機、トロイダル型無段変速機、オートマチックマニュアルトランスミッション（ＡＭＴ）、デュアルクラッチトランスミッション（ＤＣＴ）などの車側の制御で変速を行うトランスミッション、またはトランスファーを対象とすることができる。また、対象となる車両の駆動方式（ＦＦ、ＦＲ、ＭＲ、ＲＲ、４ＷＤなど）も、特に問わない。
本発明の対象となるトルク負荷部材は、自動車のパワートレインを構成する回転軸に限らず、たとえば、風車の回転軸（主軸、増速器の回転軸）、圧延機のロールネック、鉄道車両の回転軸（車軸、減速機の回転軸）、工作機械の回転軸（主軸、送り系の回転軸）、建設機械・農業機械・家庭用電気器具・モータの回転軸等、各種機械装置の回転軸などを採用することができる。
【００３０】
本発明のトルク伝達装置を実施する場合、トルクセンサは、転がり軸受に限らず、ハウジングなどの他の部材に支持されていても良い。
本発明のトルク伝達装置を実施する場合で、トルクセンサが転がり軸受に支持されている構成を採用する場合には、当該転がり軸受は、ニードル軸受に限らず、玉軸受、ころ軸受、円すいころ軸受などの他の形式の転がり軸受であっても良い。
本発明のトルク伝達装置を実施する場合、磁歪式のトルクセンサは、上述した実施の形態のものに限らず、たとえば、特開２０１７－９６８２５号公報、特開２０１７－９６８２６号公報などに記載されて従来から知られている各種のものを採用することができる。
【実施例】
【００３１】
本発明の効果を確かめるために行った実験について説明する。
本実験では、試料として、複数本の回転軸（実施例１、実施例２）を用意した。これらの回転軸は、外周面の軸方向一部に被検出面を有し、かつ、被検出面の表層部の残留オーステナイト量が、互いに異なるものである。そして、これらの回転軸のそれぞれについて、被検出面に対向させた磁歪式のトルクセンサ３（図１および図２参照）により、負荷されたトルクを測定した。
【００３２】
［試料ついて］
それぞれの回転軸（実施例１、実施例２）についての諸元は、以下の通りである。
（１）軸径
軸径Ｄ（図１参照）は、１８ｍｍである。
（２）材質
材質は、ＳＣｒ４２０Ｈである。

（３）処理
外周面に熱処理を施した後、被検出面にショットピーニング処理を施した。
（４）熱処理の条件
実施例１：浸炭（９５０℃、５時間、カーボンポテンシャル１．２５％）
→焼き戻し（１７５℃、１時間）
→焼き入れ（８２０℃、１時間）
→焼き戻し（１７５℃、２時間）
実施例２：浸炭（９５０℃、５時間、カーボンポテンシャル０．７０％）
→焼き戻し（１７５℃、１時間）
→焼き入れ（８２０℃、１時間）
→焼き戻し（１７５℃、２時間）
（５）ショットピーニング処理の条件
投射材　：　スチール（球状）
投射材直径　：　０．６ｍｍ
投射材硬度　：　Ｈｖ７００
タンク（エアー）圧　：　０．５ＭＰａ
カバレージ　：　３００％

【００３３】
それぞれの回転軸（実施例１、実施例２）の被検出面の表層部の残留オーステナイト量（「ショットピーニング処理後」）を、表１および図６に示す。
また、参考のために、熱処理後で、かつ、ショットピーニング処理前における、それぞれの回転軸（実施例１、実施例２）の被検出面の表層部の残留オーステナイト量（「ショットピーニング処理前」）も、表１および図６に示す。

【００３４】
【表１】

被検出面からの深さ（μｍ）	残留オーステナイト量（容量%）			
	実施例1		実施例2	
	ショットピーニング処理前	ショットピーニング処理後	ショットピーニング処理前	ショットピーニング処理後
0	20	5	22	6
2.5	22	3	24	3
7.5	22	3	25	3
12.5	21	4	25	3
20	22	5	24	4
30	22	6	24	5
50	20	8	25	8
100	20	16	24	18
200	15	16	22	20

【００３５】
［トルク測定の感度およびヒステリシスの評価］
ショットピーニング処理前およびショットピーニング処理後における、それぞれの回転軸（実施例１、実施例２）について、負荷されたトルクを、被検出面に対向させた磁歪式

のトルクセンサ３により測定した。

具体的には、図５に示した発振器２４により、ブリッジ回路２３のＡ点とＢ点と間に交流電圧を印加することで、第一～第四コイル層１５～１８の周囲に交流磁界を発生させ、この交流磁界の磁束が、被検出面の表層部（被検出面から深さＤまでの範囲）を通過する状態とした（一般的な表皮効果の計算によると、この際の深さＤは、約３００μｍ～５００μｍであった）。そして、この状態で、回転軸に負荷するトルクを、正負の定格トルク（T_1、T_2）間で往復変化させながら、トルク測定を行い、図７に示すような、トルク測定に関する特性データを得た。そして、この特性データから、トルク測定の感度およびヒステリシスを求めた。なお、感度およびヒステリシスは、次のように定義した。

感度（ｍＶ）＝α／γ＝｜A_1-A_2｜／｜T_1-T_2｜

ヒステリシス（％ＦＳ）＝β／γ＝｜a_1-a_2｜／｜T_1-T_2｜

表２および図８に、ショットピーニング処理前およびショットピーニング処理後における、それぞれの回転軸（実施例１、実施例２）についての、トルク測定の感度およびヒステリシスを示す。

【００３６】

【表２】

	実施例1		実施例2	
	ショットピーニング処理前	ショットピーニング処理後	ショットピーニング処理前	ショットピーニング処理後
感度（mV／Nm）	1.05	5.26	0.94	5.13
ヒステリシス（%FS）	2.37	0.89	4.13	0.68

【００３７】

表２および図８に示したように、ショットピーニング処理前の状態よりも、ショットピーニング処理後の状態の方が、トルク測定の感度が向上し、かつ、トルク測定のヒステリシスが減少することが認められる。

また、実施例１および実施例２のように、ショットピーニング処理後において、被検出面から３０μｍの深さまでの範囲の残留オーステナイト量が６容量％以下になっていることが、トルク測定のヒステリシスを抑えつつ、トルク測定の感度を効果的に向上させることができる要因になっていると考えられる。また、同じくショットピーニング処理後において、被検出面からの深さが１００μｍ～２００μｍまでの範囲の残留オーステナイト量が１５容量％以上になっていることが、トルク測定のヒステリシスを抑えつつ、トルク測定の感度を効果的に向上させることができる追加的な要因になっていると考えられる。

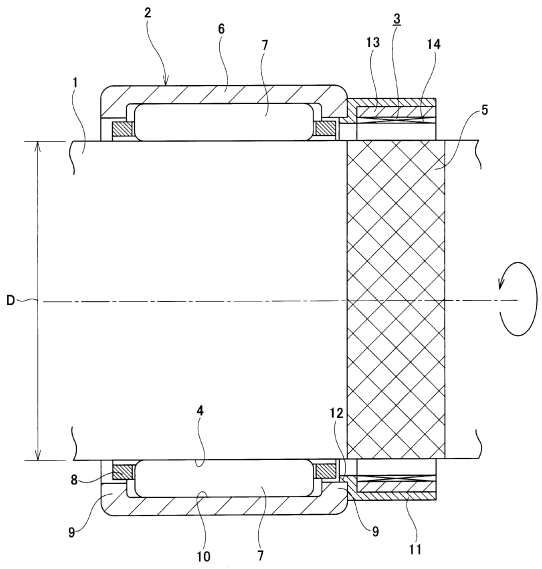
【符号の説明】

【００３８】

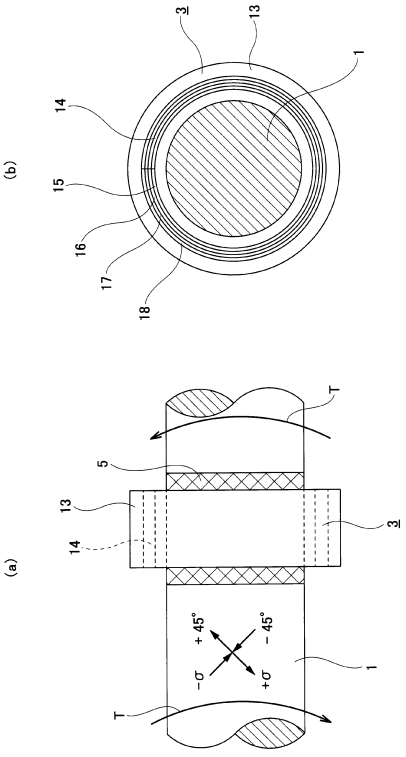
１　回転軸
２　転がり軸受
３　トルクセンサ
４　内輪軌道
５　被検出面
６　外輪
７　ニードル
８　保持器
９　内向鍔部
１０　外輪軌道
１１　センサホルダ
１２　嵌合筒部
１３　バックヨーク

１４　検出部
１５　第一コイル層
１６　第二コイル層
１７　第三コイル層
１８　第四コイル層
１９　第一検出コイル
２０　第二検出コイル
２１　第三検出コイル
２２　第四検出コイル
２３　ブリッジ回路
２４　発振器
２５　ロックイン増幅器

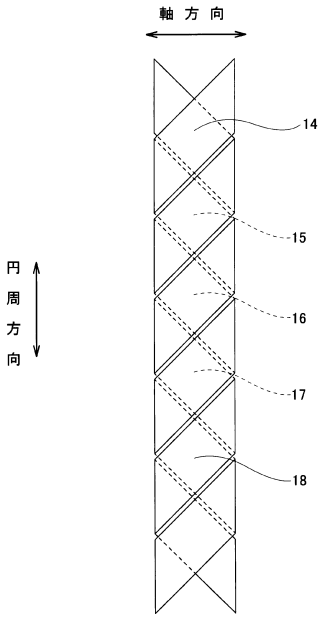
【図１】



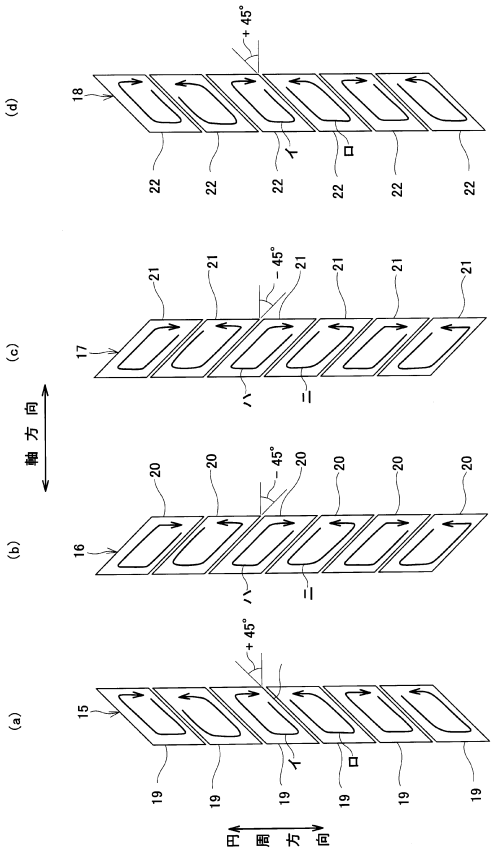
【図２】



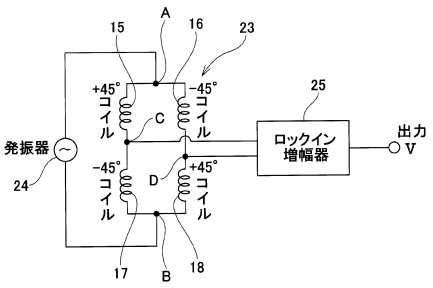
【図３】


軸方向
円周方向
14
15
16
17
18

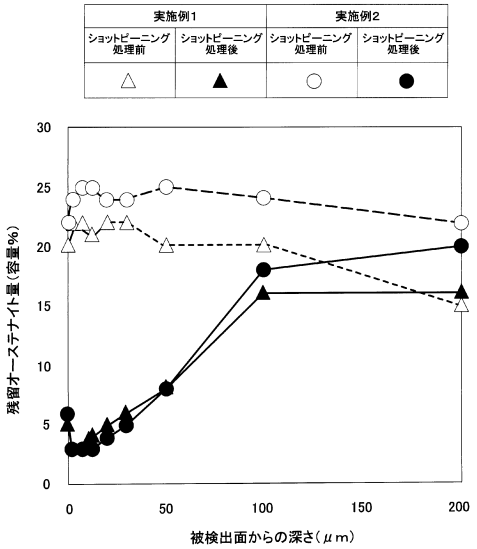
【図４】


+45°
18
(d)
イ
ロ
22
-45°
21
17
(c)
ハ
ニ
軸方向
20
16
(b)
15
(a)
19
円周方向

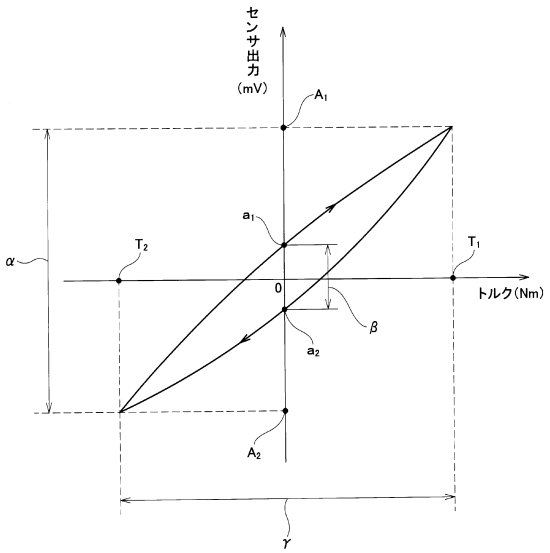
【図５】


15
A
16
23
25
+45°コイル
-45°コイル
C
D
発振器
24
ロックイン増幅器
出力V
17
B
18

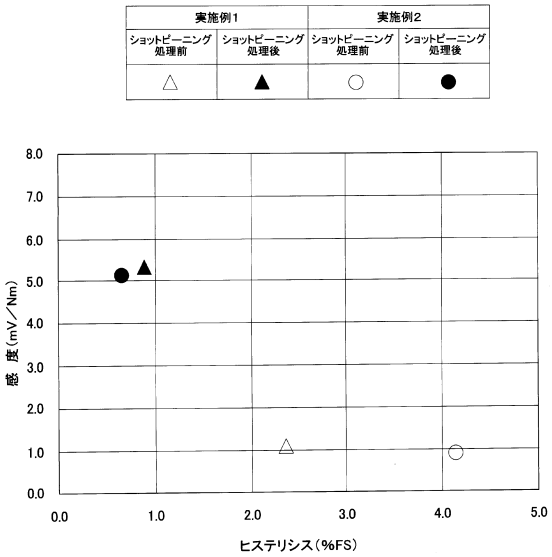
【図６】


実施例1
実施例2
ショットピーニング処理前
ショットピーニング処理後
ショットピーニング処理前
ショットピーニング処理後
残留オーステナイト量(容量%)
被検出面からの深さ(μm)
0
5
10
15
20
25
30
50
100
150
200

【図７】


センサ出力
(mV)
A1
a1
T2
T1
α
0
トルク(Nm)
β
a2
A2
γ

【図８】


実施例1
実施例2
ショットピーニング処理前
ショットピーニング処理後
ショットピーニング処理前
ショットピーニング処理後
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
感度(mV／Nm)
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
ヒステリシス(%FS)

フロントページの続き

(72)発明者　中村　晃之
東京都港区港南一丁目２番７０号　日立金属株式会社内
(72)発明者　杉山　雄太
東京都港区港南一丁目２番７０号　日立金属株式会社内

審査官　森　雅之

(56)参考文献　特開２００５－００８９７１（ＪＰ，Ａ）
特許第６６５５９６０（ＪＰ，Ｂ２）
特許第６６５４０２５（ＪＰ，Ｂ２）
特許第３０９５８６４（ＪＰ，Ｂ２）
特許第２９８３２４６（ＪＰ，Ｂ２）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｌ３
Ｈ０１Ｌ４１