

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6863723号
(P6863723)

(45) 発行日 令和3年4月21日 (2021.4.21)

(24) 登録日 令和3年4月5日 (2021.4.5)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 1 J 15/26 (2006.01)

B 2 1 J 15/26

Z

F 1 6 C 19/30 (2006.01)

F 1 6 C 19/30

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-233638 (P2016-233638)
 (22) 出願日 平成28年11月30日 (2016.11.30)
 (65) 公開番号 特開2018-89643 (P2018-89643A)
 (43) 公開日 平成30年6月14日 (2018.6.14)
 審査請求日 令和1年8月8日 (2019.8.8)

(73) 特許権者 000137292
 株式会社マキタ
 愛知県安城市住吉町3丁目11番8号
 (74) 代理人 110003052
 特許業務法人勇智国際特許事務所
 (74) 代理人 100105120
 弁理士 岩田 哲幸
 (74) 代理人 100106725
 弁理士 池田 敏行
 (72) 発明者 生田 洋規
 愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株
 式会社マキタ内
 (72) 発明者 藪名 香 俊人
 愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株
 式会社マキタ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 締結工具

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溝が形成された軸部にヘッド部が一体形成されたボルトと、当該ボルトに係合可能な中空筒状のカラーを備えたファスナを介して、前記ヘッド部と前記カラー間に配された作業材を締結する締結工具であって、

前記軸部の端部領域を把持可能なボルト把持部と、前記カラーに係合可能なアンビルと、前記ボルト把持部を駆動して、前記アンビルに対し所定の長軸方向に相対移動させるボルト把持部駆動機構と、前記ボルト把持部駆動機構を駆動するモータと、少なくとも前記ボルト把持部駆動機構の一部または全部を収容するハウジングとを有し、

前記軸部の端部領域を把持した状態の前記ボルト把持部が、前記ボルト把持部駆動機構を介して、前記アンビルに対して、前記長軸方向のうちの所定の第1方向へと相対移動することにより、前記アンビルが、前記軸部に嵌合された状態の前記カラーを、前記長軸方向のうちの前記第1方向とは反対の第2方向、および前記カラーの径方向内側へと押圧し、前記カラーと前記ヘッド部とで前記作業材を挟着するとともに、前記カラーの中空部を前記溝に圧着し、前記端部領域が前記軸部と一体となった状態を維持して前記ファスナの加締めを完了可能に構成され、

さらに前記軸部の端部領域を把持した状態の前記ボルト把持部が、前記ボルト把持部駆動機構を介して、前記アンビルに対して、前記第2方向へと相対移動することにより、前記ボルトに加締められた状態の前記カラーを前記アンビルから離脱させるとともに、前記軸部の端部領域を前記ボルト把持部から離脱可能に構成されており、

10

20

前記ボルト把持部駆動機構は、前記ハウジングに対し前記長軸方向への移動が規制された状態で支持されるとともに、前記モータによって回転駆動される第１機構部と、前記長軸方向への移動が可能かつ前記長軸周りの回転が規制された状態で、前記ボルト把持部に接続された第２機構部と、を有し、

前記第１機構部の回転駆動により、前記第２機構部が前記長軸方向に駆動され、これによって前記ボルト把持部が、前記アンビルに対して前記長軸方向に移動されるよう構成され、

さらに、前記第１機構部の前記第１方向側および第２方向側には、前記第１機構部の回転を許容しつつ、前記ボルト把持部から前記第２機構部を介して前記第１機構部へと伝達される前記長軸方向の軸力を受けるスラスト転がりベアリングがそれぞれ設けられ、

10

さらに、前記第１機構部は、前記第１機構部の外周領域において、前記スラスト転がりベアリングとは別に設けられたラジアル軸受によって支持され、

前記第１方向側および第２方向側のスラスト転がりベアリングの双方が、前記第１機構部の外径寸法よりも大径となるように構成されていることを特徴とする締結工具。

【請求項２】

請求項１に記載の締結工具であって、

前記第１方向側のスラスト転がりベアリングは、ニードルベアリングで構成されていることを特徴とする締結工具。

【請求項３】

請求項１または２に記載の締結工具であって、

20

前記第１方向側のスラスト転がりベアリングは、前記第１機構部の後端部に当接することを特徴とする締結工具。

【請求項４】

請求項１～３のいずれか１項に記載の締結工具であって、

前記ボルト把持部駆動機構は、前記第１機構部としてのボールナット、および前記第２機構部としてのボールネジシャフトを有するボールネジ機構で構成され、前記ボールナットには、当該ボールナットを前記モータによって回転駆動するボールナット駆動ギアが形成されており、

前記ボールナット駆動ギアの外周部は、前記ハウジングの上部において当該ハウジングの外郭内に位置するよう構成されていることを特徴とする締結工具。

30

【請求項５】

請求項１～４のいずれか１項に記載の締結工具であって、

前記モータから前記第１機構部への動力伝達経路には減速用の遊星ギア機構が配置されていることを特徴とする締結工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、溝が形成された軸部にヘッド部が一体形成されたボルトと、当該ボルトに係合可能な中空筒状のカラーを備えたファスナを介して、ヘッド部とカラー間に配された作業材を締結する締結工具に関する。

40

【背景技術】

【０００２】

上記のように構成されたファスナによる作業材の締結に関しては、ボルトの軸部の端部領域が当該軸部と一体となった状態を維持したまま加締めを完了する形態や、あるいは軸部の端部領域が破断して当該軸部から除去された状態で加締めを完了する形態が知られている。前者の形態（第１の形態）では、軸部の破断がない状態での締結が可能であるため、コーティング剤を破断箇所に再塗布する等といった追加工程を不要にできる利点があり、後者の形態（第２の形態）では、軸部の端部領域を破断して除去することにより、加締め完了に際してのファスナ高を抑制することができる利点がある。

【０００３】

50

上記第１の形態に係るファスナに関する締結工具の一例として、国際公開ＷＯ２００２／０２３０５６号では、軸部の端部領域を把持可能なボルト把持部と、カラーに係合可能なアンビルとを備えるとともに、ピストン・シリンダによる流体圧を利用して、ボルト把持部をアンビルに対して移動させ、これによってアンビルがカラーを押圧し、カラーとヘッド部とで作業材を挟着する締結工具が開示されている。

【０００４】

上記第１の形態に係るファスナを用いた作業材の締結工具については、加締めの際に軸部の端部領域を破断することがないように、加締め作業時に綿密な出力管理が必要である。また加締め完了後においては、作業材を締結したファスナは締結工具に強固に圧着された状態とされているが、かかるファスナを締結工具から確実に離脱させるための工夫が必要とされる。上記公報開示の締結工具では、流体圧を用いた出力制御を行うため、加締めに必要な出力管理が容易であるとともに、大出力を介して、作業材を締結したファスナを締結工具から確実に離脱させることができる。その一方、当該流体圧式の締結工具では、装置構成のコンパクト化が困難という問題点がある。

また上記第１・第２の形態に係るファスナとは別に、例えば特開２０１３－２４８６４３号公報のように、いわゆるブラインドリベットを用いた電動式のコンパクトな締結工具も知られているが、かかるブラインドリベットは、軸部が破断した状態で締結を完了する形態であるため、上記第１の形態のような加締め作業時における綿密な出力管理の必要性、および加締め完了後に、締結工具に強固に圧着されたファスナを、確実に締結工具から離脱させるための工夫の必要性に乏しい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】国際公開第２００２／０２３０５６号

【特許文献２】特開２０１３－２４８６４３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

上記問題点に鑑み、本発明は、上記第１の形態、すなわちボルトの軸部とその端部領域が一体となった状態で加締めを完了する形態に係るファスナが用いられる締結工具の構成をより一層合理化することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記した課題を解決するべく、本発明に係る締結工具が構成される。当該締結工具は、溝が形成された軸部にヘッド部が一体形成されたボルトと、当該ボルトに係合可能な中空筒状のカラーを備えたファスナを介して、前記ヘッド部と前記カラー間に配された作業材を締結する。

【０００８】

本発明に係る締結工具は、軸部の端部領域を把持可能なボルト把持部と、前記カラーに係合可能なアンビルと、前記ボルト把持部を駆動して、前記アンビルに対し所定の長軸方向に相対移動させるボルト把持部駆動機構と、前記ボルト把持部駆動機構を駆動するモータと、少なくとも前記ボルト把持部駆動機構の一部または全部を収容するハウジングとを有する。

「少なくとも前記ボルト把持部駆動機構の一部または全部を収容するハウジング」とは、ハウジングが、ボルト把持部駆動機構の一部のみを収容する態様、ボルト把持部駆動機構の全部を収容する態様、ボルト把持部駆動機構の一部およびボルト把持部駆動機構以外の構成部材を収容する態様、ボルト把持部駆動機構の全部およびボルト把持部駆動機構以外の構成部材を収容する態様のいずれも包含する。

また「ハウジング」は、少なくともボルト把持部駆動機構の一部または全部を収容することができる構造であれば足り、その外形構造、露出部の有無や程度を問わない。

【 0 0 0 9 】

そして、前記軸部の端部領域を把持した状態の前記ボルト把持部が、前記アンビルに対して、前記長軸方向のうちの所定の第1方向へと相対移動することにより、前記アンビルが、前記軸部に嵌合された状態の前記カラーを、前記長軸方向のうちの前記第1方向とは反対の第2方向、および前記カラーの径方向内側へと押圧し、前記カラーと前記ヘッド部とで前記作業材を挟着するとともに、前記カラーの中空部を前記溝に圧着し、前記端部領域が前記軸部と一体となった状態を維持しつつ前記ファスナの加締め（S w a g e、スウェージ）を完了する。典型的には、上記「第1方向」は、締結工具の後方側、上記「第2方向」は締結工具の前方側に該当する。

【 0 0 1 0 】

さらに前記軸部の端部領域を把持した状態の前記ボルト把持部は、前記ボルト把持部駆動機構を介して、前記アンビルに対して、前記第2方向へと相対移動することにより、前記ボルトに加締められた状態の前記カラーを前記アンビルから離脱させるとともに、前記軸部の端部領域を前記ボルト把持部から離脱可能に構成されている。

【 0 0 1 1 】

また前記ボルト把持部駆動機構は、前記ハウジングに対し前記長軸方向への移動が規制された状態で支持されるとともに、前記モータによって回転駆動される第1機構部と、前記長軸方向への移動が可能かつ前記長軸周りの回転が規制された状態で前記ボルト把持部に接続された第2機構部と、を有する。そして、前記第1機構部の回転駆動により、前記第2機構部が前記長軸方向に駆動され、これによって前記ボルト把持部が、前記アンビルに対して前記長軸方向に相対移動されるよう構成されている。

【 0 0 1 2 】

ボルト把持部駆動機構としては、例えば、第1機構部がボールナット、第2機構部がボールネジシャフトで構成されたボールネジ機構を採用することが好適である。本発明にボールネジ機構を採用した場合、ボールナットとボールネジシャフトを同心状に設定することでボルト把持部駆動機構の構造をコンパクト化するとともに、動力伝達媒体としての複数のボールに負荷を分散して伝達させることができる。またボールナットとボールネジシャフト間の減速比を相対的に大きく設定でき、モータの出力をボルト把持部駆動機構に伝達する経路上に減速機構を多数配置することを回避・低減でき、締結工具の装置構成簡素化に資する。

ボルト把持部駆動機構については、ボールネジ機構の他、例えば、第1機構部がピニオンギア、第2機構部がラック部で構成されたラック&ピニオン機構を採用し、あるいはカム機構等の回転直線変換機構を採用することも可能である。

【 0 0 1 3 】

上記第1の形態、すなわちボルトの軸部とその端部領域が一体となった状態で加締めを完了する形態に係るファスナにおいて、変形を伴う強い力を作用させて作業材の締結を行う場合、ボルト把持部をアンビルに対して相対移動するのに非常に強い負荷（軸力）が必要となる。また加締め作業が完了し、ボルトに加締められた状態のカラーをアンビルから離脱させる場合も、当該カラーがアンビルに強固に圧着されていることから、やはり強い負荷（軸力）が必要となる。これらの負荷は、いずれもアンビルに対してボルト把持部を相対移動させるために必要とされるものであり、当該ボルト把持部を駆動するためのボルト把持部駆動機構にも上記負荷が同様に作用することになる。すなわち本発明においては、第1機構部の回転駆動により第2機構部を長軸方向に駆動し、これによってボルト把持部のアンビルに対する長軸方向の相対移動動作を行う構成を採用するため、かかる負荷は、ボルト把持部から第2機構部を介して第1機構部へと長軸方向の軸力として作用することになる。このように長軸方向への軸力が第1機構部に強く作用する場合、当該軸力が第1機構部の円滑な回転駆動の妨げになることが懸念される。

本発明では、かかる加締め作業における軸力、および加締め作業が完了してカラーをアンビルから離脱させる際の軸力が、第1機構部の回動動作の妨げとなることを防止するべく、第1機構部の構成に工夫を加えている。具体的には、前記第1機構部の第1方向側お

10

20

30

40

50

よび第2方向側に、前記第1機構部の回動を許容しつつ、前記ボルト把持部から前記第2機構部を介して前記第1機構部へと伝達される前記長軸方向の軸力を受けるスラスト転がりベアリングをそれぞれ設けている。

【0014】

当該スラスト転がりベアリングは、加締め作業およびカラーのアンビル離脱の際に、第1機構部に作用する長軸方向の軸力を、当該長軸方向周りに転動しつつ受ける部材であり、典型的には軌道部、転動体、転動体保持部を有する構成とされ、例えばスラスト玉軸受、スラストアンギュラ玉軸受、スラスト円筒ころ軸受、スラスト針状ころ（ニードル）軸受、スラスト円錐ころ軸受、スラスト自動調心ころ軸受等が好適に採用可能である。

本発明においては、第1機構部の第2方向側に設けられるスラスト転がりベアリングは、加締め作業に際して、ボルト把持部をアンビルに対して相対移動する際に生じる力、すなわちボルト把持部をアンビルに対して第1方向に相対移動することでファスナを加締める際に、ボルト把持部から第2機構部を介して第1機構部へと伝達される軸力を確実に受け止め、第1機構部の回動動作に支障がでないように構成されている。

一方、第1機構部の第1方向側に設けられるスラスト転がりベアリングは、加締め作業が完了し、ボルトに加締められた状態のカラーをアンビルから離脱させる際に生じる力、すなわちボルト把持部をアンビルに対して第2方向に相対移動することでカラーをアンビルから離脱させるのに必要な軸力が、ボルト把持部から第2機構部を介して第1機構部へと伝達されるのを確実に受け止め、第1機構部の回動動作に支障がでないように構成されている。

【0015】

第1方向側に設けられるスラスト転がりベアリング（第1スラスト転がりベアリング）および第2方向側に設けられるスラスト転がりベアリング（第2スラスト転がりベアリング）は、第1機構部のハウジングに対する円滑な回動動作を許容しつつ、長軸方向への軸力を確実に受け止める構成であれば足りるものであり、その両者、あるいは一方に関し、第1機構部に直接的に当接状に接続されてもよく、あるいは、スラストワッシャ等の介在部材を挟んで第1機構部に間接的に接続されてもよい。また、第1スラスト転がりベアリングおよび第2スラスト転がりベアリングは、第1機構部とハウジングの間に介在配置される態様の他、締結工具におけるハウジング以外の構成要素と第1機構部の間に介在配置されてもよい。

【0016】

第1機構部は、第1方向側および第2方向側にそれぞれスラスト転がりベアリングが配置されるが、更に前記第1機構部の外周領域において、前記スラスト転がりベアリングとは別に設けられたラジアル軸受によって支持される。これにより第1機構部の長軸方向周りの回動動作の円滑性が一層担保されることになる。

さらに前記第1方向側および第2方向側のスラスト転がりベアリングの双方が、前記第1機構部の外径寸法よりも大径となるように構成されている。

【0017】

本発明における「モータ」としては、小型で大出力が得られるブラシレスモータが好適に採用可能であるが、これに限定されるものではない。

またモータの駆動電流供給手段としては、締結工具に取り付けられるDCバッテリーが好適であるが、例えばAC電源を用いることも可能である。

【0018】

本発明における「作業材」としては、典型的には、それぞれ貫通孔を有する複数の締結作業部材で構成され、締結作業部材としては、締結強度が要求される金属材料等が好適に用いられる。この場合、各締結作業部材を、互いの貫通孔が合致した状態で重合し、あるいは締結作業部材を重合させた状態で貫通孔を形成した上で、各貫通穴にファスナのボルトの軸部を貫通し、合致した貫通孔の一方端側にボルトのヘッド部が位置し、他方端側にカラーが位置するようにファスナを設定するのが好適である。

【0019】

本発明に係る「締結工具」の用途としては、例えば航空機や自動車等の輸送機器の製造工程、ソーラパネルやプラント工場の設置基材等のように、作業材を特に高強度にて締結する必要がある場面に好適に用いられる。

【 0 0 2 0 】

本発明における「ボルト把持部」は、軸部の端部領域にそれぞれ係合可能な複数の爪（ジョーとも称呼される）で構成することができる。この場合、各爪は、軸部の径方向に位置移動可能に構成し、端部領域を把持する係合位置と端部領域を解放する解放位置との間で切換え可能とすることができる。また係合位置と解放位置の切換えについては、アンビルに対するボルト把持部の相対移動に伴って、当該アンビルの形状に倣う形で切換え動作が自動で行われる態様、あるいは使用者の手動操作で切換えを行う態様が採用できる。

10

【 0 0 2 1 】

本発明における「ボルト」はピンとしても定義可能である。本発明において、カラーの中空部が圧着される「溝」は、少なくとも軸部における圧着箇所形成されていけば足りる。一方、軸部におけるカラーの中空部の圧着箇所以外の部分、あるいは軸部の全体に溝部を形成する態様も包含される。圧着箇所以外の溝は、例えばカラーの位置決めや仮留め等に利用可能である。

【 0 0 2 2 】

本発明における「アンビル」は、加締め力によってカラーを変形させる金属床として構成され、当該カラーの外郭部を受承するためのボア（開口中空部）を有することが好ましい。

20

「アンビル」の第1の具体態様として、ボアにテーパ部を設けるとともに、ボア径につき、カラーの加締め領域の外径よりも小径に形成することが好ましい。これにより、ボルト把持部がアンビルに対して締結動作方向に相対動作する際に、アンビルのテーパ部がカラーに当接し、当該カラーを長軸方向に押圧しつつ、さらなる相対動作に応じて、カラーが径方向に圧搾されながらアンビルのボア内に入り込んでいくことになる。

この結果、カラーは、ヘッド部との間で作業材を長軸方向に挟着するとともに、アンビルのボアによってカラーが径方向に圧搾されて縮径変形することで、カラーの中空部が軸部の溝に圧着され、これによってカラーがボルトに加締められ、ファスナによる作業材の締結が遂行される。

【 0 0 2 3 】

30

さらに「アンビル」の第2の具体態様として、カラーの外径を変化させて形成し、締結作業時には、アンビルのボア内径よりも小径に形成されたカラーの端部が、変形を伴うことなく当該ボアに受承されるとともに、ボア内径よりも大径に形成されたカラーの所定部分が、ボルト把持部の相対動作とともに、アンビルによって長軸方向に押圧されつつ、当該アンビルのボアによって径方向に圧搾されて縮径状に変形されて加締められる態様も採用可能である。あるいは上記第1の具体態様と第2の具体態様を組み合わせる第3の具体態様も採用可能である。

【 0 0 2 4 】

本発明の好ましい形態として、前記第1方向側のスラスト転がりベアリングにつき、ニードルベアリングで構成することが好ましい。上述のように、第1方向側のスラスト転がりベアリングは、加締め作業が完了し、ボルトに加締められた状態のカラーをアンビルから離脱させる際に生じる力、すなわちボルト把持部をアンビルに対して第2方向に相対移動することでカラーをアンビルから離脱させるのに必要な軸力を受けるものであるが、この軸力は、確かに強い負荷ではあるものの、第2方向側のスラスト転がりベアリングが受けるファスナ加締め作業時の軸力よりは相対的に小さいものとなる。従って、第1方向側のスラスト転がりベアリングは、第2方向側のスラスト転がりベアリングよりも受承負荷が相対的に小さいことに鑑み、構造の簡素化・コンパクト化に優れたニードルベアリングで構成することが好ましい。

40

【 0 0 2 5 】

さらに本発明の好ましい形態として、第1スラスト転がりベアリングにつき、第1機構

50

部の後端部に当接するよう構成することが好ましい。後端部に当接する構成とすることで軸方向寸法が増大することを回避し、装置のコンパクト化に資する。なお「後端面に当接」については、例えばスラストワッシャやリング等の補助部材が介在することを排除するものではない。なお当該後端部は、典型的には長軸方向と交差する後端面によって構成可能である。

【0026】

さらに本発明の好ましい形態として、ボルト把持部駆動機構につき、第1機構部としてのボールナットおよび第2機構部としてのボールネジシャフトを有するボールネジ機構で構成することが好ましい。この場合、第1機構部と第2機構部は、ボールネジ機構としてのボールを介在する形で係合することになる。更に、ボールナットには、モータを介して当該ボールナットを回転駆動するためのギアを配置することが好ましい。そして当該ボールナットのギア外周部につき、ハウジングの上部において当該ハウジングの外郭内に位置するよう構成することが好ましい。ハウジングの上部においてギア外周部がハウジングの外郭内に位置するとは、ハウジングの上下方向に関し、第1機構部のギアがハウジング内に収まることを意味し、これにより締結工具におけるセンターハイトのコンパクト化に資することになる。

10

【0027】

さらに本発明の好ましい形態として、モータから第1機構部への動力伝達経路には、減速用の遊星ギア機構を配置することが好ましい。遊星ギア機構は、占有容積に比して、動力伝達に際しての減速比を比較的大きく確保できる特性を有することから、動力伝達経路上に多数の減速機構を配置することを回避・低減でき、締結工具の装置構成簡素化に資する。特に、ボルト把持部駆動機構に、減速比を大きく確保できるボールねじナット機構を採用すれば、更に装置構成が一層簡素化し、コンパクト化に資することとなる。

20

【発明の効果】

【0028】

本発明は、上記第1の形態、すなわちボルトの軸部とその端部領域が一体となった状態で加締めを完了する形態に係るファスナが用いられる締結工具に関して、その構成をより一層合理化することに寄与し得る技術が提供されることとなった。

【図面の簡単な説明】

【0029】

30

【図1】本発明の実施形態に係る作業材およびファスナを示す正面断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係る締結工具の全体構成を示す正面断面図である。

【図3】締結工具におけるアウトハウジングの一部構成を示す部分断面図である。

【図4】締結工具におけるインナハウジングの詳細な構成を示す部分断面図である。

【図5】図4の部分断面図に対応した平面断面図である。

【図6】締結工具におけるモータ駆動制御機構の構成を模式的に示すブロック図である。

【図7】締結工具の作動状態を示す部分断面図である。

【図8】締結工具の作動状態を示す部分断面図である。

【図9】締結工具の作動状態を示す部分断面図である。

【図10】モータ駆動制御機構における処理ステップを示すフロー図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態として、ファスナを介して作業材を締結する締結工具について説明する。

図1に、本発明の実施形態に係る作業材Wおよびファスナ1が示される。本実施形態に係る作業材Wは、一例として板状金属製の締結作業部材W1、W2からなり、各締結作業部材W1、W2に予め形成された貫通孔W11、W21が互いに合致するように重ね合されている。

【0031】

ファスナ1は、ボルト2およびカラー6を主体として構成される。ボルト2は、ヘッド

50

3と、当該ヘッド3と一体形成されるとともに外周部に溝5が形成されたボルト軸4を有する。ヘッド3は本発明の「ヘッド部」に対応する。溝5は、ボルト軸4の長軸方向に関し、略全長に渡って形成されている。カラー6は、カラー中空部7を有する円筒状に形成されるとともに、当該カラー中空部7がボルト軸4に挿通されることで、ボルト2と係合する。カラー中空部7の内壁は、平滑面として処理されるとともに、特に図示しないものの、カラー6をボルト軸4に挿通した場合の仮留め用係合部が形成されている。図1に示すファスナ1は、カラー6がボルト軸4の溝5に係合して仮留めされた状態が示されている。

【0032】

図2に、本発明の実施形態に係る締結工具100の全体構成が示される。当該締結工具100は、リベッタないしロックボルトツール等とも称呼される。

10

【0033】

なお、以下の説明においては、符号「FR」を締結工具100の前側方向（図2における紙面左側方向）と定義し、さらに符号「RR」を後側方向（図2における紙面右側方向）、符号「U」を上側方向（図2における紙面上側方向）、符号「B」を下側方向（図2における紙面下側方向）、符号「L」を左側方向（図5における紙面下側方向）、符号「R」を右側方向（図5における紙面上側方向）と定義し、さらに符号「LD」を締結工具の長軸が延在する方向、すなわち長軸方向（図2における紙面左右方向）と定義するとともに、各図において適宜に図示することとする。

本実施形態における後側方向RRは本発明の「第1方向」に対応し、前側方向FRは本発明の「第2方向」に対応し、長軸方向LDは本発明の「長軸方向」に対応する。

20

【0034】

図2に示すように、締結工具100の外郭は、アウトハウジング110、当該アウトハウジングに接続するグリップ部114を主体として構成されている。

アウトハウジング110は、モータ135を収容するモータ収容領域111と、インナハウジング120を収容するインナハウジング収容領域113と、コントローラ131を収容するコントローラ収容領域117を主体として構成されている。インナハウジング120は、遊星ギア減速機構140、ベベルギア減速機構150およびボールネジ機構160の収容部材であり、その詳細については後述する。コントローラ収容領域117の下部には、モータ135の駆動電源となるバッテリー130を締結工具100に取外し自在に接続するためのバッテリー装着部118が設けられている。

30

図2においては、インナハウジング収容領域113のうち、モータ収容領域111に隣接する領域は、遊星ギア減速機構140およびベベルギア減速機構150を収容する減速ギア収容領域112として示されている。

またモータ収容領域111とコントローラ収容領域117の接続領域には、モータ135の駆動電流値に関する閾値設定用の操作ダイヤル132が設けられている。操作ダイヤル132は、特に図示しないものの、その上面表示部に、複数の閾値表示（本実施形態では無段階レベル）が印字されており、作業者の選択および手動操作により、任意の閾値が設定可能とされる。なお閾値に関する詳細については後述する。

【0035】

40

グリップ部114には、作業者が手動操作可能なトリガ115および当該トリガ115の手動操作に応じてオン・オフされる電気スイッチアセンブリ116が配置されている。上記コントローラ収容領域117、モータ収容領域111、インナハウジング収容領域113（減速ギア収容領域112を含む）、およびグリップ部114は、連続状に配置されてクローズループをなす。

【0036】

図3に、モータ収容領域111および減速ギア収容領域112の詳細な構造が示される。

モータ収容領域111に収容されるモータ135には、DCブラシレスモータが採用され、冷却ファン138が取り付けられたモータ出力軸136が、各端部領域においてペア

50

リング１３７，１３７によって軸支されている。モータ出力軸１３６の一方端は、遊星ギア減速機構１４０における第１サン・ギア１４１Ａに一体回転可能に連結されている。

【００３７】

減速ギア収容領域１１２に收容される遊星ギア減速機構１４０は、２段減速式であり、その減速第１段は、第１サン・ギア１４１Ａと、当該第１サン・ギア１４１Ａに噛合い係合する複数の第１遊星ギア１４２Ａと、各第１遊星ギア１４２Ａに噛合い係合する第１インターナルギア１４３Ａを主体として構成される。また減速第２段は、第１遊星ギア１４２Ａのキャリアを兼ねる第２サン・ギア１４１Ｂと、当該第２サン・ギア１４１Ｂに噛合い係合する複数の第２遊星ギア１４２Ｂと、各第２遊星ギア１４２Ｂに噛合い係合する第２インターナルギア１４３Ｂと、各第２遊星ギア１４２Ｂの公転動作を受承して回動されるキャリア１４４を主体として構成されている。

10

【００３８】

キャリア１４４は、減速ギア収容領域１１２において、遊星ギア減速機構１４０に隣接した状態で收容されるベベルギア減速機構１５０の駆動側中間軸１５１に一体回転可能に連結されている。

ベベルギア減速機構１５０は、ベアリング１５２，１５２に両端支持された駆動側中間軸１５１と、当該駆動側中間軸１５１に設けられた駆動側ベベルギア１５３と、ベアリング１５５，１５５に両端支持された被動側中間軸１５４と、当該被動側中間軸１５４に設けられた被動側ベベルギア１５６およびボールナット駆動ギア１５７を主体として構成されている。なお「中間軸」とは、上記モータ出力軸１３６から、後述するボールネジ機構１６０（図４参照）へと、モータ１３５の回転出力を伝達する経路における中間の軸を意味するものである。なおモータ出力軸１３６および駆動側中間軸１５１の延在方向ＥＤは、被動側中間軸１５４の延在方向、すなわち長軸方向ＬＤと傾斜状に交差する構成とされている。

20

【００３９】

図４および図５に、インナハウジング収容領域１１３の詳細な構造が示される。インナハウジング収容領域１１３に收容されるインナハウジング１２０は、既に述べたように、遊星ギア減速機構１４０、ベベルギア減速機構１５０およびボールネジ機構１６０の收容部材である。本実施形態では、インナハウジング１２０のうち、遊星ギア減速機構１４０を收容する領域は樹脂で形成され、ベベルギア減速機構１５０およびボールネジ機構１６０を收容する領域は金属で形成され、両者はネジによって相互に一体結合されている（便宜上、図示を省略）。

30

図４に示すように、インナハウジング１２０の後側方向ＲＲには、ガイドフランジ取付アーム１２２を介して、ガイドフランジ１２３が連結されている。ガイドフランジ１２３には、長軸方向ＬＤへと延在する長穴状のガイド穴１２４が形成されている。本実施形態におけるインナハウジング１２０は本発明の「ハウジング」に対応する。

【００４０】

またインナハウジング１２０の前側方向ＦＲには、ジョイントスリーブ１２７を介してアンビル１８１係止のためのスリーブ１２５が連結されている。スリーブ１２５は、長軸方向ＬＤに延在するスリーブボア１２６を有する円筒体として構成されている。

40

【００４１】

インナハウジング１２０はボールネジ収容領域１２１を有し、当該ボールネジ収容領域１２１にはボールネジ機構１６０が收容される。ボールネジ機構１６０は本発明の「ボルト把持部駆動機構」に対応する。

ボールネジ機構１６０は、ボールナット１６１およびボールネジシャフト１６９を主体として構成される。ボールナット１６１の外周部には、ボールナット駆動ギア１５７に噛合い係合する被動ギア１６２が形成され、当該被動ギア１６２がボールナット駆動ギア１５７からモータの回転出力を受けることにより、ボールナット１６１は長軸ＬＤ周りに回動可能とされている。またボールナット１６１には長軸方向ＬＤに延在するボア１６３が形成され、当該ボア１６３には溝部１６４が設けられている。

50

【 0 0 4 2 】

本実施形態におけるボールナット 1 6 1 は、長軸方向 L D に強い軸力が作用した状態で、長軸方向 L D 周りに回動可能にインナハウジング 1 2 0 に支持される。そのためボールナット 1 6 1 の外周部とインナハウジング 1 2 0 の間にはラジアル転がりベアリングが配置され、ボールナット 1 6 1 の軸方向両端部にはそれぞれスラスト転がりベアリングが配置されている。

【 0 0 4 3 】

具体的には、ボールナット 1 6 1 は、長軸方向 L D に離間した状態で配置された複数のラジアルニードルベアリング 1 6 8 を介して、長軸方向 L D 周りに回動可能な状態でインナハウジング 1 2 0 に両持ち状に支持される。一方、ボールナット 1 6 1 の前側方向 F R における前方側端部 1 6 1 F においては、スラストボールベアリング 1 6 6 がボールナット 1 6 1 とインナハウジング 1 2 0 の間に介在配置される。これにより、長軸方向 L D への軸力（スラスト荷重）がボールナット 1 6 1 に作用した状態であっても、スラストボールベアリング 1 6 6 が、当該軸力を確実に受けつつ、ボールナット 1 6 1 が長軸方向 L D 周りに円滑に回動することを許容し、ボールナット 1 6 1 の長軸方向 L D 周りの回動動作が強い軸力によって阻害されるリスクを未然回避している。

【 0 0 4 4 】

またボールナット 1 6 1 の後側方向 R R における後方側端部 1 6 1 R については、スラストニードルベアリング 1 6 7 がボールナット 1 6 1 とインナハウジング 1 2 0 の間に介在配置され、長軸方向 L D に作用する軸力（スラスト荷重）が作用した状態であっても、当該スラストニードルベアリング 1 6 7 が、長軸方向 L D に作用する軸力を確実に受けつつ、ボールナット 1 6 1 の長軸方向 L D 周りの回動動作を許容し、強い軸力がボールナット 1 6 1 の長軸方向 L D 周りの回動動作に悪影響を及ぼすリスクを未然回避している。なお本実施形態では、ボールナット 1 6 1 とスラストボールベアリング 1 6 6、およびボールナット 1 6 1 とスラストニードルベアリング 1 6 7 の間にはスラストワッシャ 1 6 5 が更に介在配置されている。

【 0 0 4 5 】

図 4 に示されるように、スラストボールベアリング 1 6 6 およびスラストニードルベアリング 1 6 7 は、ボールナット 1 6 1 の前方側端部 1 6 1 F および後方側端部 1 6 1 R における当該ボールナット 1 6 1 の外径寸法よりも大径となるように設定されており、ボールナット 1 6 1 に作用する軸力（スラスト荷重）の単位面積当たりの受圧量が増大することを回避し、動作性および耐久性向上が図られている。

【 0 0 4 6 】

さらに図 4、図 5 に示すように、ボールネジシャフト 1 6 9 は、長軸方向 L D に延在する長尺体として構成され、その外周部に形成された溝部（便宜上図示省略）が、ボールナット 1 6 1 の溝部 1 6 4 にボールを介して係合しており、ボールナット 1 6 1 が長軸方向 L D 周りに回動することでボールネジシャフト 1 6 9 は長軸方向 L D に直線動作するように構成されている。すなわちボールネジシャフト 1 6 9 は、ボールナット 1 6 1 の長軸方向 L D 周りの回転運動を長軸方向 L D への直線運動に変換する運動変換機構として働く。ボールナット 1 6 1 およびボールネジシャフト 1 6 9 は、ボールナット 1 6 1 に形成された溝部 1 6 4 と、ボールネジシャフト 1 6 9 に形成された溝部（図示省略）がボールを介在させた状態で互いに係合する構成であり、ボールナット 1 6 1 は本発明の「第 1 機構部」に対応し、ボールネジシャフト 1 6 9 は本発明の「第 2 機構部」に対応する。

【 0 0 4 7 】

なお被動ギア 1 6 2 の外周部は、インナハウジング 1 2 0 に形成された切欠き状の孔部 1 2 0 H を通じて、当該インナハウジング 1 2 0 の外郭部と略面一となるように寸法設定がなされている。換言すれば、被動ギア 1 6 2 の外周がインナハウジング 1 2 0 の外郭を超えて上側方向 U へと突出しないように構成されている。これにより、ボールネジシャフト 1 6 9 のシャフトライン 1 6 9 L からアウトハウジング 1 1 0 の上側方向 U の外郭部までの高さ（センターハイトとも称呼される）C H の低減化が図られている。

【 0 0 4 8 】

ボールネジシャフト 1 6 9 は、その前側方向 F R の端部領域に設けられた螺合部 1 7 1 を介して、後述するボルト把持機構 1 8 0 の第 2 連結部 1 8 9 と一体状に連結される。またボールネジシャフト 1 6 9 は、その後側方向 R R の端部領域にエンドキャップ 1 7 4 が設けられるとともに、図 5 に示すように、エンドキャップ 1 7 4 に隣接した状態で、左側方向 L および右側方向 R にそれぞれ突出するローラシャフト 1 7 2 を介して、左右一対のローラ 1 7 3 , 1 7 3 が設けられる。各ローラ 1 7 3 は、ガイドフランジ 1 2 3 のガイド穴 1 2 4 にそれぞれ転動可能に支持される。従ってボールネジシャフト 1 6 9 は、インナハウジング 1 2 0 に支持されたボールナット 1 6 1、およびローラ 1 7 3 が嵌合されるガイド穴 1 2 4 を介して、長軸方向 L D において異なる 2 つの領域で安定的に支持されることになる（両持ち式の支持）。なお、ボールナット 1 6 1 の長軸方向 L D 周りの回転に伴い、ボールネジシャフト 1 6 9 には長軸方向 L D 周りの回転トルクが作用する可能性もあるが、上記ローラ 1 7 3 およびガイド穴 1 2 4 の当接により、かかる回転トルクに起因するボールネジシャフト 1 6 9 の長軸方向 L D 周りの回転が規制されている。

10

【 0 0 4 9 】

なお、本実施形態では、ボールネジシャフト 1 6 9 側にローラ 1 7 3 を設け、インナハウジング 1 2 0（ないしガイドフランジ 1 2 3）側にガイド穴 1 2 4 を設けているが、これを逆にして、ボールネジシャフト側にガイド穴、インナハウジング 1 2 0 ないしガイドフランジ 1 2 3 側にローラを配置する構成としてもよい。

またガイド穴 1 2 4 は、ローラ 1 7 3 の当接が確保できる範囲にて、例えばガイドレール等といった他の構成に代替することも可能である。

20

【 0 0 5 0 】

さらに図 4 に示すように、ボールネジシャフト 1 6 9 には、エンドキャップ 1 7 4 に隣接して、アーム取付ネジ 1 7 5 およびアーム 1 7 6 を介し、磁石 1 7 7 が設けられている。当該磁石 1 7 7 はボールネジシャフト 1 6 9 と一体化されており、ボールネジシャフト 1 6 9 が長軸方向 L D に移動動作する際に磁石 1 7 7 も一体に移動動作する。

【 0 0 5 1 】

アウトハウジング 1 1 0 には、図 4 においてボールネジシャフト 1 6 9 が前側方向 F R に最大限移動した状態における磁石 1 7 7 の位置に対応して、初期位置センサ 1 7 8 が設けられ、後側方向 R R に最大限移動した状態における磁石 1 7 7 の位置に対応して、最後端位置センサ 1 7 9 が設けられている。初期位置センサ 1 7 8 および最後端位置センサ 1 7 9 はそれぞれホール素子で形成され、磁石 1 7 7 の位置検出を行う位置検知機構を構成する。本実施形態における初期位置センサ 1 7 8 および最後端位置センサ 1 7 9 は、磁石 1 7 7 がそれぞれ検知可能範囲に置かれた場合に当該磁石 1 7 7 の位置検知が行われるよう設定されている。図 4 は、締結工具 1 0 0 が「初期位置」に置かれた状態が示される。

30

【 0 0 5 2 】

図 4 に示すように、ボルト把持機構 1 8 0 は、アンビル 1 8 1 と、ボルト把持爪 1 8 5 を主体として構成されている。ボルト把持機構 1 8 0 ないしボルト把持爪 1 8 5 は本発明の「ボルト把持部」に対応する。

アンビル 1 8 1 は、長軸方向 L D に延在するアンビルボア 1 8 3 を有する円筒体として構成される。アンビルボア 1 8 3 においては、前側方向 F R における開口部 1 8 1 E から長軸方向 L D に所定距離分だけテーパ部 1 8 1 T が設けられている。テーパ部 1 8 1 T は、後側方向 R R に向かうに従って逐次的に狭くなるように角度 α の傾斜角が付与されている。

40

アンビル 1 8 1 は、その外周に形成されたスリーブ係止リブ 1 8 2 を介してスリーブ 1 2 5 およびスリーブボア 1 2 6 に係止され、インナハウジング 1 2 0 に一体状に連結されている。

【 0 0 5 3 】

アンビルボア 1 8 3 の径は、図 1 に示すカラー 6 の外径よりも僅かに小さく設定されており、カラー 6 の変形を促す強い締結力（軸力）が作用する場合にのみ、当該カラー 6 が

50

開口部 181E からアンビルボア 183 へと変形を伴いながら入り込む構成とされている。一方、アンビルボア 183 の開口部 181E の径は、カラー 6 の外径よりも僅かに大きく設定されており、当該カラー 6 のアンビルボア 183 への挿入ガイド部を形成している。

なおテーパ部 181T は、長軸方向 LD につき、カラー 6 の高さ寸法よりも長く形成されており、カラー 6 がアンビルボア 183 内に最大限入り込んだ場合であっても、当該カラー 6 は、長軸方向 LD についてテーパ部 181T の形成領域内に位置することになる。

【0054】

ボルト把持爪 185 は、ジョー（顎、Jaw）とも称呼され、特に図示しないものの、長軸方向 LD に視て合計 3 つのボルト把持爪 185 が仮想円周状に等間隔で配置されており、図 1 に示すファスナ 1 のボルト軸端部領域 41 を把持するように構成されている。なおボルト軸端部領域 41 は本発明の「端部領域」に対応する。また各ボルト把持爪 185 は、ボルト把持爪基部 186 と一体化されている。図 4 および図 5 に示すように、ボルト把持爪基部 186 は、第 1 連結部 187A、第 2 連結部 187B、係止部 188、第 3 連結部 189、螺合部 171 を介してボールネジシャフト 169 に連結されている。なお図 4、図 5 に示すように、第 2 連結部 187B と係止部 188 は、当該第 2 連結部 187B の後端に形成された係止フランジ 187C と、係止部 188 の前端に形成された係止端部 188A とが長軸方向 LD について互いに係合することで連結される。係止フランジ 187C と係止端部 188A の連結態様として、第 3 連結部 188 が後側方向 RR に移動する場合には、第 2 連結部 187B と第 3 連結部 188 が一体状に移動する。すなわち、後側方向 RR に関しては、ボールネジシャフト 169 が移動動作する場合、当該ボールネジシャフト 169 とボルト把持爪 185 が一体状に後側方向 RR に移動動作するものである。一方、第 3 連結部 188 が前側方向 FR に移動する場合は、第 3 連結部材 188 は、係止端部 188A の前方に形成されたスペース 190 に対応する形で、第 2 連結部 187B に対し相対移動するように構成されている。

【0055】

なお螺合部 171 においては、ボールネジシャフト 169 に小径部が形成されることにより、第 2 連結部 189 の外周径とボールネジシャフト 169 の外周径が略面一となるように構成されている。

【0056】

図 6 に、本実施形態に係る締結工具 100 におけるモータ駆動制御機構 101 の電氣的構成がブロック図として示される。モータ駆動制御機構 101 は、コントローラ 131、3 相インバータ 134、モータ 135、およびバッテリー 130 を主体として構成されている。コントローラ 131 には、電気スイッチアセンブリ 116、操作ダイヤル 132、初期位置センサ 178、最後端位置センサ 179、モータ 135 の駆動電流検出アンプ 133 の各検出信号が入力される。

駆動電流検出アンプ 133 は、モータ 135 の駆動電流を、シャント抵抗によって電圧に変換し、更にアンプによって増幅した信号をコントローラ 131 に出力する。

【0057】

本実施形態では、モータ 135 として、小型にもかかわらず相対的に高い出力が得られる DC ブラシレスモータが採用されており、当該モータ 135 におけるロータ角がホールセンサ 139 によって検出され、当該ホールセンサ 139 による検出値がコントローラ 131 に送られる。また 3 相インバータ 134 は、本実施形態では 120° 通電矩形波駆動方式にてブラシレス式のモータ 135 を駆動する。

【0058】

次に本実施形態に係る締結工具 100 の作用について説明する。

図 7 に示すように、締結作業部材 W1、W2 を重合した状態で、各貫通孔 W11、W21 にボルト 2 のボルト軸 4 を貫通させる。そしてヘッド 3 が締結作業部材 W1 に当接するとともに、締結作業部材 W2 側にボルト軸 4 が突出した状態で、当該ボルト軸 4 にカラー

10

20

30

40

50

6を係合させ、ヘッド3とカラー6とで作業材Wを挟着する(予備組み付け)。そして当該予備組み付け状態において、作業者が締結工具100を手で保持し、ボルト軸端部領域41に、締結工具100におけるボルト把持爪185を係合させる。このとき、ボルト軸4の略全長に渡って溝5が形成されるとともに、ボルト軸端部領域41の溝は特に大きく形成されているため(併せて図1参照)、ボルト把持爪185はボルト軸端部領域41に容易かつ確実に係合することができる。

【0059】

図7は、ボルト把持爪185がボルト軸端部領域41を把持した状態、すなわち締結作業の初期状態を示している。当該締結作業の初期状態においては、長軸方向LDに関して、ボールネジシャフト169に連結された磁石177が初期位置センサ178に対応した状態に置かれている。

10

【0060】

初期状態において作業者がトリガ115(図2参照)を手動操作することにより、電気スイッチアセンブリ116がスイッチオン状態となり、コントローラ131が3相インバータ134を介してモータ135を正転駆動する。なお「正転駆動」とは、ボールネジシャフト169が後側方向RRに移動することで、ボルト把持爪185が後側方向RRに移動動作する駆動態様を指す。

【0061】

図8に示すように、モータ135が正転駆動されると、ベベルギア減速機構150における最終ギアであるボールナット駆動ギア157と噛合い係合した被動ギア162が回転駆動され、これによってボールナット161が長軸方向LD周りに正転方向(後側方向RRから前側方向FRに視て右回り)に回転駆動される。ボールネジシャフト169は、ボールナット161の回転動作を直線運動に変換する形で、後側方向RRへと移動動作する。これによりボールネジシャフト169とともに、ボルト把持爪185も後側方向RRへと一体状に移動動作する。このとき、ボールネジシャフト169に連結された磁石177は、初期位置センサ178から後側方向RRへと移動し、初期位置センサ178の検知可能範囲から離脱する。

20

【0062】

ボルト把持爪185が、初期状態から後側方向RRに移動動作することで、ボルト把持爪185に係合把持されたボルト軸端部領域41も後側方向RRに引張られることになる。カラー6の外径は、アンビルボア183の開口部181Eの径よりもわずかに大きく設定されているものの、ボルト把持爪185がボルト軸端部領域41を後側方向RRへと強く引張ることで、カラー6がアンビル181に当接して制止されるとともに、更なるボルト把持爪185の後側方向RRへの移動動作に伴って、カラー6は開口部181Eからアンビルボア183のテーパ部181Tへと縮径しながら進入することとなる。カラー6は、テーパ部181Tに進入する際、テーパ部181Tの傾斜角 α (図4参照)の長軸方向成分および径方向成分に対応する形で、前側方向FRおよび当該カラー6の径方向内側へと押圧され変形することになる。

30

【0063】

このとき、カラー6をアンビルボア183に入り込ませるための強い負荷は、ボルト把持爪185、ボルト把持爪基部186、第1連結部187A、第2連結部187B、係止部188、第3連結部189、ボールネジシャフト169を経由し、前側方向FRへの軸力として、ボールナット161に作用することとなる。本実施形態では、ボールナット161の前方側端部161Fがスラストボールベアリング166を介してインナハウジング120に支持されているため、当該スラストボールベアリング166が、長軸方向LD周りに転動してボールナット161の回転動作を許容するとともに、前側方向FRへの軸力を受け、当該軸力がボールナット161の円滑な回転動作の妨げとなることを防止している。

40

【0064】

図9に示すように、更にボールナット161が正転方向に回転駆動され、ボールネジシ

50

シャフト 169 が後側方向 R R に移動すると、ボルト把持爪 185 が、ボルト軸端部領域 41 を、図 8 に示す状態から更に後側方向 R R に引張ることとなる。これによりアンビル 181 に係止されたカラー 6 は更にテーパ部 181 T の奥へと入り込み、この結果、カラー 6 は更に前側方向 F R および当該カラー 6 の径方向内側へと強く押圧され、平滑面として形成されたカラー中空部 7 が、ボルト軸 4 に形成された溝 5 (図 1 参照) に強く圧着される。当該圧着によりカラー中空部 7 と溝 5 との間で塑性変形による噛み込みが生じ、これによってファスナ 1 の加締めが完了し、作業材 W の締結作業が完了するに至る。

【0065】

締結作業完了に至る際、図 9 に示すように、長軸方向 L D について、初期位置センサ 178 から離間した磁石 177 が、最後端位置センサ 179 に近接するよりも前に、カラー 6 が、それ以上アンビルボア 183 の奥へと入り込むことができない状態に陥り(すなわち締結作業の最終段階に入り)、その結果、モータ 135 の駆動電流値が急激に増大することになる。図 6 に示すコントローラ 131 は、駆動電流検出アンプ 133 から入力される駆動電流値を、予め設定された所定の閾値と比較する。なお当該閾値は、既に述べたように図 2 に示す操作ダイアル 132 を作業者が手動操作することで適宜に選択設定される。本実施形態では、必要とする軸力、すなわち締結に必要な負荷に応じて 5 段階の閾値設定がなされている。

当該駆動電流値が所定の閾値を超える場合、加締めによる締結作業が完了したものとして、コントローラ 131 は、3 相インバータ 134 を介してモータ 135 の駆動を停止する。本実施形態では、駆動電流値が所定の閾値を超える場合、電気ブレーキを作動させてモータ 135 を急停止させる構成を採用している。

【0066】

本実施形態では、駆動電流に基づく綿密な出力管理を行うことにより、図 1 に示すファスナ 1 につき、ボルト軸 4 と一体となった状態を維持したまま締結作業を完了できる。これにより、締結作業後にボルト軸 4 の破断部をケアする追加工程が不要であり、作業効率の向上が図られる。

【0067】

上記の通り、図 9 には、加締めによる締結作業が完了した状態の締結工具 100 が示されているが、当該締結工具 100 を、図 9 の作業完了状態から、図 7 に示す初期状態に復帰させ、ボルト 2 に加締められた状態のカラー 6 をアンビル 181 から離脱させ、次の締結作業に備える必要がある。

【0068】

本実施形態では、締結作業が完了し、作業者がトリガ 115 (図 2 参照) をオフにした場合、図 6 に示すコントローラ 131 が、3 相インバータ 134 を介してモータ 135 を逆転駆動させる。当該モータ 135 の逆転動作は、ベベルギア減速機構におけるボールナット駆動ギア 157 に噛合い係合する被動ギア 162 を介してボールナット 161 に伝達され、これによってボールネジシャフト 169 が前側方向 F R に移動し、当該ボールネジシャフト 169 と一体状に、ボルト把持爪 185 が前側方向 F R に移動することとなる。この時、加締めの際の強い負荷に起因して、カラー 6 はアンビルボア 183 に強固に圧着されているため、カラー 6 をアンビル 181 から離脱させるには相応に強い負荷が必要とされる。この負荷は、ボルト把持爪 185、ボルト把持爪基部 186、第 1 連結部 187 A、第 2 連結部 187 B、係止部 188、第 3 連結部 189、ボールネジシャフト 169 を経由し、後側方向 R R への軸力として、ボールナット 161 に作用することとなる。

【0069】

本実施形態では、ボールナット 161 の後方側端部 161 R が、(スラストワッシャ 165 および)スラストニードルベアリング 167 を介してインナハウジング 120 に支持されているため、当該スラストニードルベアリング 167 が、長軸方向 L D 周りに転動してボールナット 161 の回転動作を許容しつつ、後側方向 R R への軸力を確実に受け、当該軸力がボールナット 161 の円滑な回転動作の妨げとなることを未然に防止している。

【 0 0 7 0 】

なお、本実施形態では、正転時における軸力は、上述の通りスラストボールベアリング 1 6 6 で受承されるのに対し、逆転時における軸力はスラストニードルベアリング 1 6 7 で受承される。これは、加締め作業において必要とされる軸力に比べて、カラー 6 をアンビル 1 8 1 から離脱させるのに必要とされる軸力が相対的に小さいため、負荷受承能力の大小、占有空間の大小、コストの大小に鑑みて逆転時の軸力受承部材としてスラストニードルベアリング 1 6 7 が選定されるものである。もちろん、作業材 W の材質や性状、ファスナの材質や性状等といった各種の締結作業条件に応じて、スラストニードルベアリング 1 6 7 に代えて、他のスラストベアリング（例えばスラストボールベアリング）によって逆転時の軸力を受承する構成を採用してもよい。

10

また作業材の材質や仕様、ファスナの材質や仕様等との関係で、締結作業条件が許容する場合には、正転時および逆転時のいずれについてもスラストニードルベアリングで受ける構成に代替することも可能である。

【 0 0 7 1 】

ところで本実施形態では、図 4 に示すボールネジシャフト 1 6 9 の長軸方向 L D に関する最大可動範囲として、初期位置センサ 1 7 8 と最後端位置センサ 1 7 9 の離間距離相当分が割り当てられている。換言すれば、磁石 1 7 7 が初期位置センサ 1 7 8 に対応する位置から、最後端位置センサ 1 7 9 に対応する位置までの間の距離が、ボールネジシャフト 1 6 9 の最大可動範囲として与えられる。例えば、ボルト把持爪 1 8 5 がボルト 2 に係合していない状態でトリガ 1 1 5 をオン操作した場合、実質的に無負荷状態にあるモータ 1 3 5 の駆動電流値は所定の閾値に達することがないため、ボールネジシャフト 1 6 9 は、磁石 1 7 7 が最後端位置センサ 1 7 9 に到達するまで、後側方向 R R に移動動作可能である。磁石 1 7 7 が最後端位置センサ 1 7 9 に達した状態は、締結工具 1 0 0 が「停止位置」にあると定義される。

20

【 0 0 7 2 】

一方、ボルト把持爪 1 8 5 がファスナ 1 のボルト 2 を把持し、上述した加締めによる締結作業を行う場合は、当該締結作業完了に際してモータ 1 3 5 の駆動電流値が急増し、磁石 1 7 7 が最後端位置センサ 1 7 9 の検出可能範囲に到達するよりも前に、駆動電流値が所定の閾値を超え、その時点でモータ 1 3 5 の駆動が停止されることとなる。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 に、モータ駆動制御機構 1 0 1 における駆動制御フローの概要が示される。なお当該駆動制御フローにおける判断は、特に注記のない限り、上記コントローラ 1 3 1 が行うものとし、また各構成部材の符号については、上記した図 1 ~ 図 9 に記載の符号をそのまま流用し、特に図 1 0 で再掲しないものとする。

30

モータ駆動制御ルーチンにおいては、まずステップ S 1 1 として、トリガ 1 1 5 および電気スイッチアセンブリ 1 1 6 のオン・オフ状態がモニタされる。そしてトリガ 1 1 5 のオン状態が検出された場合、ステップ S 1 2 として、3 相インバータ 1 3 4 において、モータ 1 3 5 を駆動するための D u t y 比算出および P W M 信号の生成が行われ、ステップ S 1 3 としてモータ 1 3 5 が正転駆動される。上述したように、モータ 1 3 5 の「正転駆動」は、図 4 に示すボールネジシャフト 1 6 9 が後側方向 R R に直線動作し、ボルト把持爪 1 8 5 がアンビル 1 8 1 に対し後側方向 R R に移動する動作に対応している。ステップ S 1 3 におけるモータ 1 3 5 の正転駆動により、図 1 に示すファスナ 1 において、カラー 6 のボルト 2 に対する加締めが行われる。

40

【 0 0 7 4 】

ステップ S 1 4 においては、上述したモータ 1 3 5 の駆動電流値が所定の閾値を超えることで締結作業が完了したか否か、または、磁石 1 7 7 が最後端位置センサ 1 7 9 に達したか（停止位置に置かれたか）、が判別される。

ステップ S 1 4 において、締結作業の完了、または停止位置が検出された場合、ステップ S 1 5 において、電気ブレーキによるモータ 1 3 5 の急速停止が行われる。

次に、ステップ S 1 6 において、作業者によるトリガのオフ操作が検知された場合、ステ

50

ップ S 1 7 において、モータ 1 3 5 の逆転駆動が行われる。当該逆転駆動は、磁石 1 7 7 が初期位置センサ 1 7 8 に達するまで継続される。そしてステップ S 1 8 における初期位置検出に伴い、電気ブレーキによるモータ 1 3 5 の急速停止が行われ（ステップ S 1 9）、モータ駆動処理が終了する。

【 0 0 7 5 】

以上の構成および作用に照らし、本実施形態によれば、ボルト軸端部領域 4 1 が破断することなくボルト軸 4 と一体となった状態でファスナ 1 の加締めを完了する締結工具 1 0 0 につき、コンパクトで綿密な軸力管理を行うことができる合理的な構成が得られることとなった。

【 0 0 7 6 】

10

さらに本件発明および実施形態の趣旨に基づき、以下の態様が適宜に採用される。また以下の態様を、それぞれ独立して、あるいは複数組み合わせ、本件特許請求の範囲に記載の各発明に付加することで更なる態様が採用される。

（態様 1）

「前記モータの駆動電流に基づいて、前記ボルト把持部の前記アンビルに対する前記第 1 方向への相対移動を終了することによって、前記ファスナの加締めを完了する」

この態様によれば、ファスナの加締めが完了に近づくにつれてモータの駆動電流が増大することを有効に利用して綿密な出力管理が行える。

（態様 2）

「態様 1 において、前記モータの駆動電流値が所定の閾値を超える場合に、前記ファスナの加締めを完了する」

20

この態様によれば、モータの駆動電流値に関する所定の閾値を設定することで、加締め完了のタイミングを確実に図ることができる。

（態様 3）

「前記第 1 方向側および第 2 方向側のスラスト転がりベアリングの少なくとも一方は、前記第 1 機構部の外径寸法よりも大径となるように構成されている」

この態様によれば、スラスト転がりベアリングが受ける長軸方向の軸力に関し、単位面積当たりの負荷量を低減することができる。

（態様 4）

「前記第 1 方向側および第 2 方向側のスラスト転がりベアリングと前記ハウジングの間にはスラストワッシャが介在配置されている」

30

この態様によれば、スラストワッシャが介在することで部材の組み付け性、動作特性が向上することとなる。

（態様 5）

「前記第 2 機構部の前記長軸周りの回動を規制する規制部材を更に有し、当該規制部材は、前記第 2 機構部の前記長軸方向への移動動作のガイドを兼務する」

この態様によれば、第 2 機構部の動作に関する部材構成の簡素化・合理化が図られる。

（態様 6）

「態様 5 において、前記規制部材は、前記ハウジングに接続されるとともに前記長軸方向に延在するガイド部材と、前記第 2 機構部に接続されるとともに、前記ガイド部材に当接した状態で前記長軸方向にガイドされる被ガイド部材とを有する」

40

この態様によれば、部材間の当接作用を介して、確実な回動規制および移動動作のガイドが遂行される。

（態様 7）

「態様 5 または態様 6 において、前記ガイド部材は前記長軸方向に延在する長穴で構成され、前記被ガイド部材は前記長穴に嵌合当接するローラで構成される」

この態様によれば、長穴とローラという簡素化された構成による第 2 機構部の回動規制および移動動作のガイドが遂行される。

（態様 8）

「前記モータから前記第 1 機構部への動力伝達経路には、更に減速用のベベルギア機構が

50

配置されている」

この態様によれば、ベベルギア機構を採用することで、動力伝達経路の向きを適宜に変更して、装置構成のコンパクト化を促進することができる。

(態様 9)

「前記長軸方向における前記第 2 機構部の位置を検出する検出機構が設けられている」

この態様によれば、第 2 機構部の位置を検出することで、初期位置への復帰動作を確実にしめることができる。

(態様 10)

「態様 9 において、前記検出機構は、磁石と、当該磁石の近接を検知可能なホール素子を有し、当該磁石とホール素子の一方が前記第 2 機構部に設けられ、他方が締結工具における前記第 2 機構部以外の構成部材に設けられる。」

10

この態様によれば、磁石とホール素子を利用した確実な第 2 機構部の位置検出が遂行される。

【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

W 作業材

W 1 , W 2 締結作業部材

W 1 1、W 2 1 貫通孔

1 ファスナ

20

2 ボルト

3 ヘッド

4 ボルト軸

4 1 ボルト軸端部領域

5 溝

6 カラー

7 カラー中空部

1 0 0 締結工具

1 0 1 モータ駆動制御機構

1 1 0 アウタハウジング

30

1 1 1 モータ収容領域

1 1 2 減速ギア収容領域

1 1 3 インナハウジング収容領域

1 1 4 グリップ部

1 1 5 トリガ

1 1 6 電気スイッチアセンブリ

1 1 7 コントローラ収容領域

1 1 8 バッテリ装着部

1 2 0 インナハウジング

1 2 0 H 孔部

40

1 2 1 ボールネジ機構収容領域

1 2 2 ガイドフランジ取付アーム

1 2 3 ガイドフランジ

1 2 4 ガイド穴

1 2 5 スリーブ

1 2 6 スリーブボア

1 2 7 ジョイントスリーブ

1 3 0 バッテリ

1 3 1 コントローラ

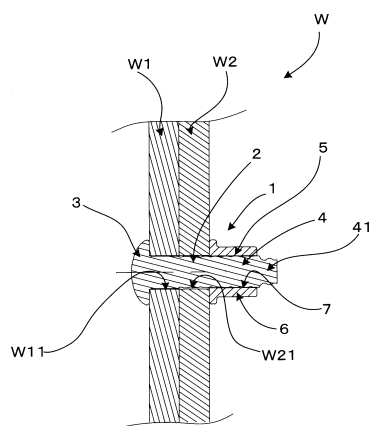
1 3 2 操作ダイヤル

50

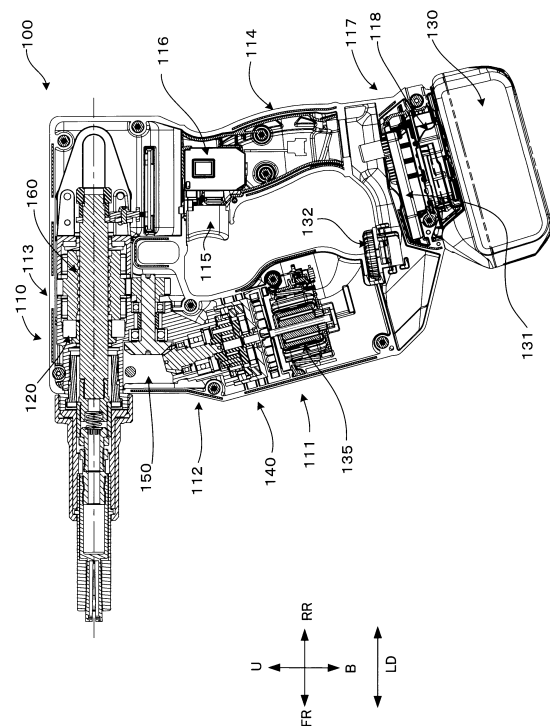
1 3 3	駆動電流検出アンプ	
1 3 4	3 層インバータ	
1 3 5	モータ	
1 3 6	モータ出力軸	
1 3 7	ベアリング	
1 3 8	冷却ファン	
1 3 9	ホールセンサ	
1 4 0	遊星ギア減速機構	
1 4 1 A	第 1 サン・ギア	
1 4 2 A	第 1 遊星ギア	10
1 4 3 A	第 1 インターナルギア	
1 4 1 B	第 2 サン・ギア	
1 4 2 B	第 2 遊星ギア	
1 4 3 B	第 2 インターナルギア	
1 4 4	キャリア	
1 5 0	ベベルギア減速機構	
1 5 1	駆動側中間軸	
1 5 2	ベアリング	
1 5 3	駆動側ベベルギア	
1 5 4	被動側中間軸	20
1 5 5	ベアリング	
1 5 6	被動側ベベルギア	
1 5 7	ボールナット駆動ギア	
1 6 0	ボールネジ機構	
1 6 1	ボールナット	
1 6 1 F	前方側端部	
1 6 1 R	後方側端部	
1 6 2	被動ギア	
1 6 3	ボア	
1 6 4	溝部	30
1 6 5	スラストワッシャ	
1 6 6	スラストボールベアリング	
1 6 7	スラストニードルベアリング	
1 6 8	ラジアルニードルベアリング	
1 6 9	ボールネジシャフト	
1 6 9 L	回転軸	
1 7 1	螺合部	
1 7 2	ローラシャフト	
1 7 3	ローラ	
1 7 4	エンドキャップ	40
1 7 5	アーム取付ネジ	
1 7 6	アーム	
1 7 7	磁石	
1 7 8	初期位置センサ	
1 7 9	最後端位置センサ	
1 8 0	ボルト把持機構	
1 8 1	アンビル	
1 8 1 T	テーパ部	
1 8 2	スリーブ係止リブ	
1 8 3	アンビルボア	50

- 185 ボルト把持爪
- 186 ボルト把持爪基部
- 187A 第1連結部
- 187B 第2連結部
- 187C 係止フランジ
- 188 係止部
- 188A 係止端部
- 189 第3連結部
- 190 スペース

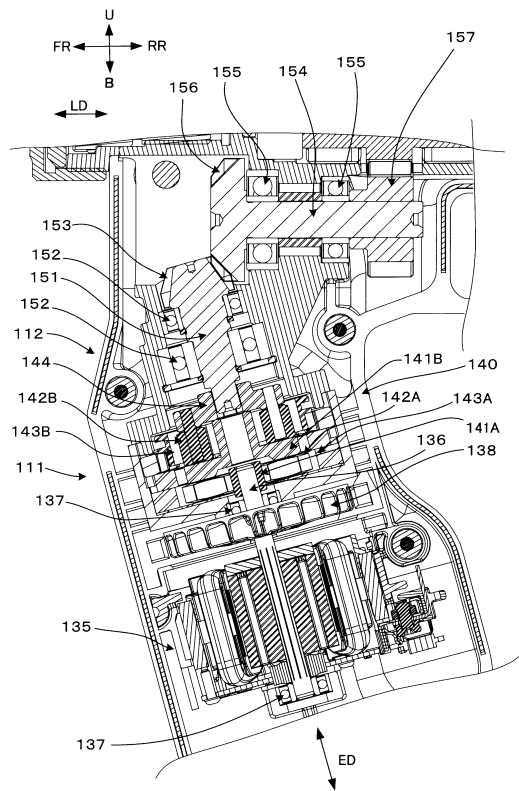
【図1】



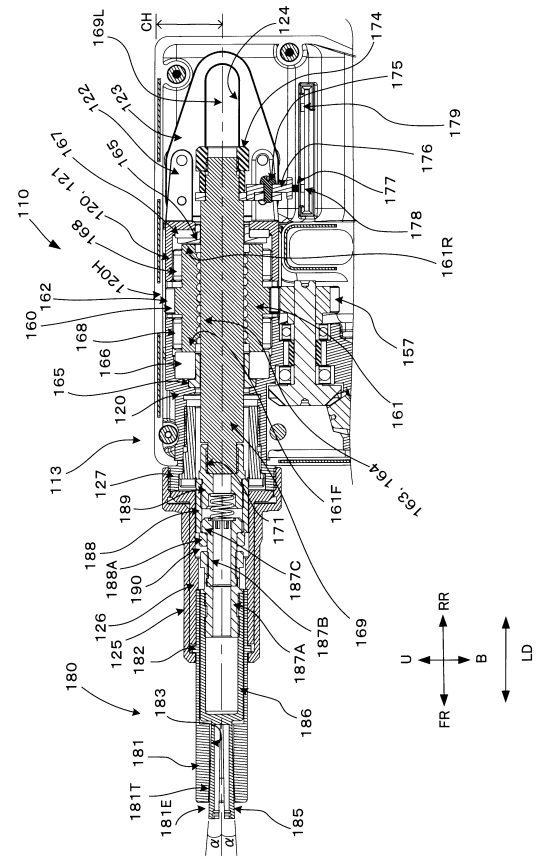
【図2】



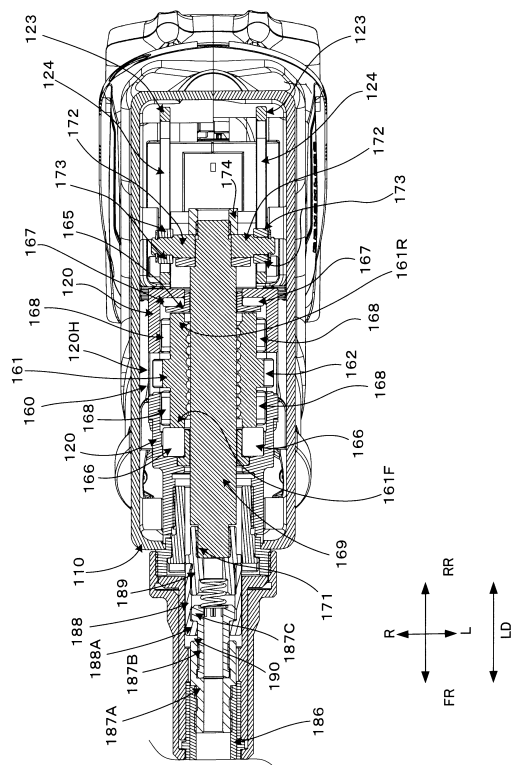
【図 3】



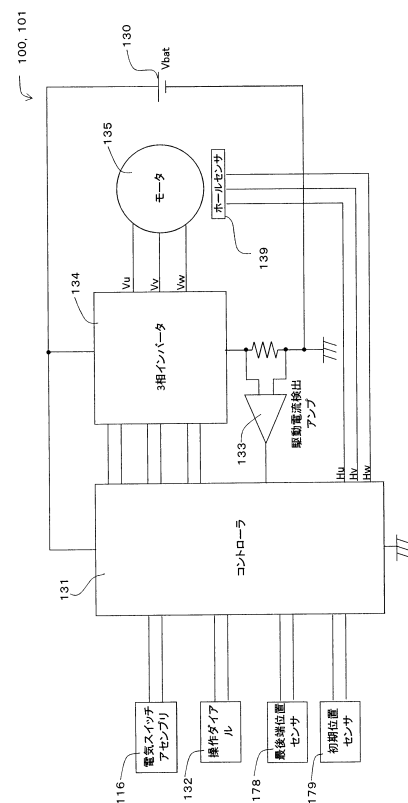
【図 4】



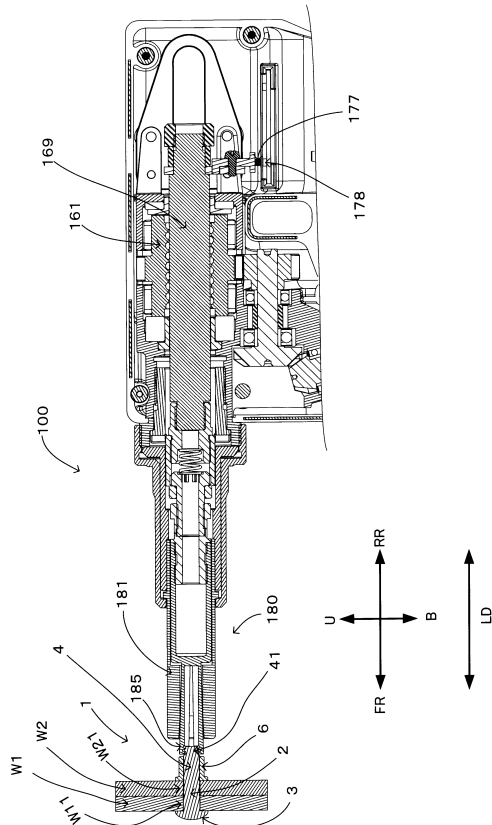
【図 5】



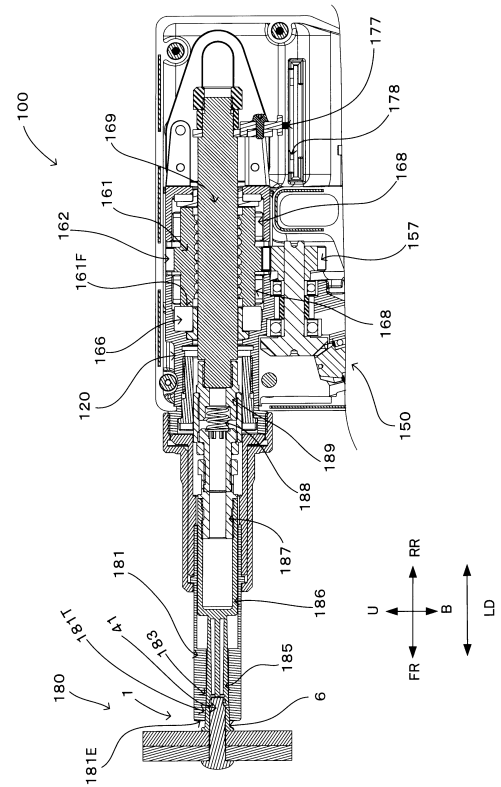
【図 6】



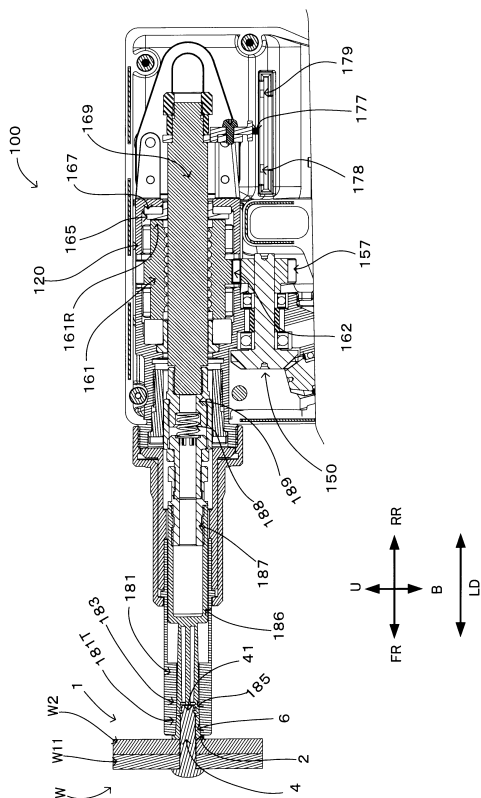
【図 7】



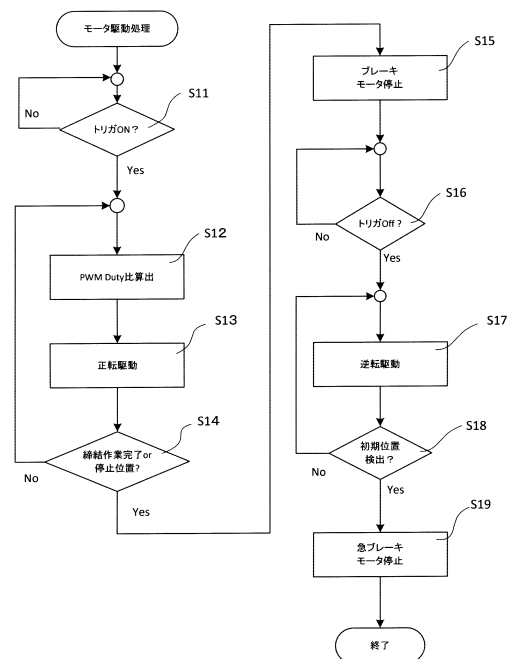
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 畔柳 貴勇

愛知県安城市住吉町3丁目11番8号 株式会社マキタ内

審査官 山下 浩平

(56)参考文献 特表2010-509547(JP,A)

特開平11-320016(JP,A)

特開2003-311363(JP,A)

特開平04-075882(JP,A)

実開昭52-131697(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21J 15/00 - 15/50

F16C 19/00 - 19/56、33/30 - 33/66