

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-29709
(P2024-29709A)

(43)公開日 令和6年3月6日(2024.3.6)

(51)国際特許分類

B 2 5 B 21/02 (2006.01)
B 2 5 B 21/00 (2006.01)

F I

B 2 5 B 21/02 Z
B 2 5 B 21/02 G
B 2 5 B 21/00 5 1 0 C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全16頁)

(21)出願番号 特願2022-132123(P2022-132123)
(22)出願日 令和4年8月22日(2022.8.22)

(71)出願人 314012076
パナソニックIPマネジメント株式会社
大阪府門真市元町2番6号
(74)代理人 110002527
弁理士法人北斗特許事務所
(72)発明者 中原 雅之
大阪府門真市大字門真1006番地 パ
ナソニック株式会社内
(72)発明者 山田 颯一郎
大阪府門真市大字門真1006番地 パ
ナソニック株式会社内

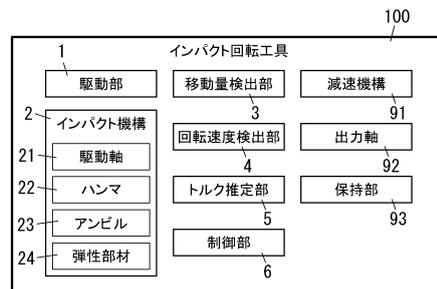
(54)【発明の名称】 インパクト回転工具、トルク推定方法、及びプログラム

(57)【要約】

【課題】トルク値を正確に推定することができるインパクト回転工具を提供すること。

【解決手段】インパクト回転工具100は、駆動部1と、駆動軸21と、ハンマ22と、アンビル23と、移動量検出部3と、トルク推定部と、を備える。駆動部1は、回転動作を行う。駆動軸21は、駆動部1により回転する。ハンマ22は、駆動軸21の軸方向D1に移動可能、かつ、駆動軸21の回転方向に回転可能に、駆動軸21の外周に嵌合する。アンビル23は、ハンマ22によって回転方向の打撃を加えられる。移動量検出部3は、ハンマ22が打撃をアンビル23に加えた際に、ハンマ22が、打撃を加えた位置から、軸方向D1に沿ってアンビル23に対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。トルク推定部は、少なくともハンマ移動量に関わるパラメータに基づき、打撃によって生じるトルク値を推定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転動作を行う駆動部と、
前記駆動部により回転する駆動軸と、
前記駆動軸の軸方向に移動可能、かつ、前記駆動軸の回転方向に回転可能に、前記駆動軸の外周に嵌合するハンマと、
前記ハンマによって前記回転方向の打撃を加えられるアンビルと、
前記ハンマが前記打撃を前記アンビルに加えた際に、前記ハンマが、前記打撃を加えた位置から、前記軸方向に沿って前記アンビルに対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する移動量検出部と、
少なくとも前記パラメータに基づき、前記打撃によって生じるトルク値を推定するトルク推定部と、を備える
ことを特徴とするインパクト回転工具。

10

【請求項 2】

前記駆動軸及び前記ハンマの少なくとも一方の回転速度を検出する回転速度検出部を更に備え、
前記トルク推定部は、前記パラメータ及び前記回転速度に基づき、前記トルク値を推定する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載のインパクト回転工具。

20

【請求項 3】

前記駆動部をベクトル制御する制御部を更に備え、
前記駆動部には、前記制御部のベクトル制御によってトルク電流が供給され、
前記移動量検出部は、
前記ハンマが前記アンビルに前記打撃を与えてから次に前記打撃を与えるまでの間における前記トルク電流の変動量を検出し、
前記パラメータとして、前記変動量に基づき前記ハンマ移動量自体を検出する、
ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のインパクト回転工具。

30

【請求項 4】

前記移動量検出部は、
一作業時において前記変動量を複数回検出し、
前記複数回検出において前記変動量が増加傾向を示す場合に、前記ハンマ移動量を検出する、
ことを特徴とする請求項 3 に記載のインパクト回転工具。

30

【請求項 5】

前記移動量検出部は、前記複数回検出において前記変動量が所定回数連続して増加した場合に、前記変動量が増加傾向を示すと判定する、
ことを特徴とする請求項 4 に記載のインパクト回転工具。

【請求項 6】

前記移動量検出部は、一作業時において、前記ハンマが前記アンビルに所定回数の打撃を与えた後に前記ハンマ移動量を検出する、
ことを特徴とする請求項 3 に記載のインパクト回転工具。

40

【請求項 7】

回転動作を行う駆動部と、
前記駆動部により回転する駆動軸と、
前記駆動軸の軸方向に移動可能、かつ、前記駆動軸の回転方向に回転可能に、前記駆動軸の外周に嵌合するハンマと、
前記ハンマによって前記回転方向の打撃を加えられるアンビルと、を備えるインパクト回転工具が前記打撃によって生じるトルク値を推定するトルク推定方法であって、
前記ハンマが前記打撃を前記アンビルに加えた際に、前記ハンマが、前記打撃を加えた位置から、前記軸方向に沿って前記アンビルに対して離れるよう移動するハンマ移動量に

50

関わるパラメータを検出する移動量検出ステップと、

少なくとも前記パラメータに基づき、前記打撃によって生じるトルク値を推定するトルク推定ステップと、を含む、

ことを特徴とするトルク推定方法。

【請求項 8】

コンピュータシステムに、

請求項 7 に記載のトルク推定方法を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、インパクト回転工具、トルク推定方法、及びプログラムに関する。より詳細には、本開示は、トルク値を推定するインパクト回転工具、トルク推定方法、及びプログラムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、回転駆動部と、出力軸と、演算手段と、回転速度設定手段と、制御手段と、を備えるインパクト回転工具が開示されている。回転駆動部は、駆動軸を介してハンマを回転させる。出力軸は、ハンマによる打撃で回転力が加えられる。演算手段は、打撃動作から締付トルクを算出する。回転速度設定手段は、回転駆動部の回転速度を変更する。制御手段は、回転速度設定手段で設定された回転速度で回転駆動部を回転させるとともに上記演算手段で算出した締付トルクがトルク設定手段で予め設定された締付トルク値以上となる時に回転駆動部を停止させる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2005 - 324265 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述のようなインパクト回転工具は、回転駆動部の回転速度、及びハンマの打撃回数に基づき、締付トルク値（トルク値）を算出する。しかし、締付部品（ネジ、ボルト、ナット等）の種類によって、ハンマの打撃回数及び回転速度が同じである場合でも、締付トルク値が異なることが考えられる。すなわち、締付トルク値を正確に推定することができるインパクト回転工具が求められている。

30

【0005】

本開示の目的とするところは、トルク値を正確に推定することができるインパクト回転工具、トルク推定方法、及びプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一態様に係るインパクト回転工具は、駆動部と、駆動軸と、ハンマと、アンビルと、移動量検出部と、トルク推定部と、を備える。前記駆動部は、回転動作を行う。前記駆動軸は、前記駆動部により回転する。前記ハンマは、前記駆動軸の軸方向に移動可能、かつ、前記駆動軸の回転方向に回転可能に、前記駆動軸の外周に嵌合する。前記アンビルは、前記ハンマによって前記回転方向の打撃を加えられる。前記移動量検出部は、前記ハンマが前記打撃を前記アンビルに加えた際に、前記ハンマが、前記打撃を加えた位置から、前記軸方向に沿って前記アンビルに対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。前記トルク推定部は、少なくとも前記パラメータに基づき、前記打撃によって生じるトルク値を推定する。

40

【0007】

本開示の一態様に係るトルク推定方法は、駆動部と、駆動軸と、ハンマと、アンビルと

50

、を備えるインパクト回転工具が前記打撃によって生じるトルク値を推定するトルク推定方法である。前記駆動部は、回転動作を行う。前記駆動軸は、前記駆動部により回転する。前記ハンマは、前記駆動軸の軸方向に移動可能、かつ、前記駆動軸の回転方向に回転可能に、前記駆動軸の外周に嵌合する。前記アンビルは、前記ハンマによって前記回転方向の打撃を加えられる。前記トルク推定方法は、移動量検出ステップと、トルク推定ステップと、を含む。前記移動量検出ステップでは、前記ハンマが前記打撃を前記アンビルに加えた際に、前記ハンマが、前記打撃を加えた位置から、前記軸方向に沿って前記アンビルに対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。前記トルク推定ステップでは、少なくとも前記パラメータに基づき、前記打撃によって生じるトルク値を推定する。

10

【0008】

本開示の一態様に係るプログラムは、コンピュータシステムに、前記トルク推定方法を実行させるためのプログラムである。

【発明の効果】**【0009】**

本開示によれば、トルク値を正確に推定することができるという利点がある。

【図面の簡単な説明】**【0010】**

【図1】図1は、本実施形態のインパクト回転工具の概略構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、同上のインパクト回転工具の模式的な構成を示す構成図である。

20

【図3】図3は、同上のインパクト回転工具におけるトルク電流の時間変化、及び駆動部の回転数の算出値及び目標値の時間変化を説明する説明図である。

【図4】図4は、同上のトルク推定方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】**【0011】**

(本実施形態)

(1) 概要

以下、本実施形態に係るインパクト回転工具の概要について、図1及び図2を参照して説明する。

【0012】

30

本実施形態に係るインパクト回転工具100は、図1及び図2に示すように、駆動部1と、駆動軸21と、ハンマ22と、アンビル23と、移動量検出部3と、トルク推定部5と、を備える。作業者が締付対象(電化製品、家具等)に締付部品(ネジ、ボルト、ナット等)を締め付ける締付作業にインパクト回転工具100を用いる場合を想定する。

【0013】

駆動部1は、回転動作を行う。駆動軸21は、駆動部1により回転する。ハンマ22は、駆動軸21の軸方向に移動可能、かつ、駆動軸21の回転方向に回転可能に、駆動軸21の外周に嵌合する。アンビル23は、ハンマ22によって、駆動軸21の回転方向の打撃を加えられる。

【0014】

40

移動量検出部3は、ハンマ22が打撃をアンビル23に加えた際に、ハンマ22が、打撃を与えた位置から、駆動軸21の軸方向D1(図2参照)に沿って、アンビル23に対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。トルク推定部5は、少なくとも移動量検出部3で検出したパラメータに基づき、打撃によって生じるトルク値を推定する。ここでいう「トルク値」は、打撃によって生じるトルクの大きさを示す値であり、すなわち、締付部品に加えられるトルクの大きさを示す値である。

【0015】

一般的に、締付部品の種類(例えば、金属ネジ又は木ネジ等)によって、ハンマ22の打撃回数及び回転速度が同じ場合でも、ハンマ22から加わる打撃によるアンビル23の回転方向の進み具合が異なり、打撃によって生じるトルク値も異なることが考えられる。

50

そのため、ハンマ 2 2 の打撃回数又は回転速度に基づいてトルク値を推定する場合、締付部品の種類によるトルク値の差異を考慮することができず、トルク値を正確に推定することが難しい。

【 0 0 1 6 】

しかし、本実施形態のインパクト回転工具 1 0 0 では、トルク推定部 5 は、少なくともハンマ移動量に基づき、打撃によって生じるトルク値を推定する。ハンマ 2 2 は、打撃をアンビル 2 3 に加えた際に、打撃に対するアンビル 2 3 の反発力によって、アンビル 2 3 に対して離れるように移動する。打撃に対するアンビル 2 3 の反発力は、アンビル 2 3 の回転方向の進み具合によって変化するため、ハンマ移動量は、アンビル 2 3 の回転方向の進み具合に応じて変化する。そのため、本実施形態のインパクト回転工具 1 0 0 では、締付部品の種類によるアンビル 2 3 の回転方向の進み具合の差異を考慮して、トルク値を推定することが可能である。すなわち、本実施形態のインパクト回転工具 1 0 0 は、トルク値を正確に推定することができるという利点がある。

10

【 0 0 1 7 】

(2) 詳細な構成

(2 - 1) 全体の構成

以下に、本実施形態の詳細な構成について、図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

【 0 0 1 8 】

インパクト回転工具 1 0 0 は、図 1 及び図 2 に示すように、駆動部 1 と、インパクト機構 2 と、移動量検出部 3 と、回転速度検出部 4 と、トルク推定部 5 と、制御部 6 と、減速機構 9 1 と、出力軸 9 2 と、保持部 9 3 と、を更に備える。

20

【 0 0 1 9 】

以下の説明では、後述する駆動軸 2 1 の軸方向 D 1 (図 2 参照) を前後方向と規定する。後述するハンマ 2 2 から見て後述するアンビル 2 3 側を前と規定し、アンビル 2 3 から見てハンマ 2 2 側を後と規定する。

【 0 0 2 0 】

インパクト回転工具 1 0 0 は、コンピュータシステムを備えることが好ましい。コンピュータシステムは、ハードウェアとしてのプロセッサ及びメモリを主構成とする。コンピュータシステムのメモリに記録されたプログラムをプロセッサが実行することによって、本開示における移動量検出部 3、回転速度検出部 4、トルク推定部 5、及び制御部 6 の機能の少なくとも一部が実現される。コンピュータシステムは、プログラムに従って動作するプロセッサを主なハードウェア構成として備える。プロセッサは、プログラムを実行することによって機能を実現することができれば、その種類は問わない。プロセッサは、半導体集積回路 (I C)、又は L S I (Large Scale Integration) を含む一つ又は複数の電子回路で構成される。ここでは、 I C や L S I と呼んでいるが、集積の度合いによって呼び方が変わり、システム L S I、V L S I (Very Large Scale Integration)、若しくは U L S I (Ultra Large Scale Integration) と呼ばれるものであってもよい。L S I の製造後にプログラムされる、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ (F P G A)、又は L S I 内部の接合関係の再構成又は L S I 内部の回路区画のセットアップができる再構成可能な論理デバイスも同じ目的で使うことができる。複数の電子回路は、一つのチップに集積されてもよいし、複数のチップに設けられてもよい。複数のチップは一つの装置に集約されていてもよいし、複数の装置に備えられていてもよい。

30

40

【 0 0 2 1 】

(2 - 2) 駆動部

駆動部 1 は、回転動作を行う。より詳細には、駆動部 1 は、電源部 B 1 (図 2 参照) から供給される電力によって駆動し、回転動作を行う。一例として、電源部 B 1 は、インパクト回転工具 1 0 0 に着脱可能に取り付けられる充電式の電池パックである。電源部 B 1 は、インパクト回転工具 1 0 0 の構成要素ではない。ただし、インパクト回転工具 1 0 0 は、電源部 B 1 を構成要素として備えていてもよい。

【 0 0 2 2 】

50

駆動部 1 は、例えばブラシレスモータである。特に、本実施形態の駆動部 1、同期電動機であり、より詳細には、永久磁石同期電動機 (Permanent Magnet Synchronous Motor: PMSM) である。駆動部 1 は、回転軸及び永久磁石を有する回転子と、3 相 (U 相、V 相、W 相) 分の電機子巻線を有する固定子と、を備える。

【0023】

駆動部 1 のトルク及び回転速度は、制御部 6 による制御に応じて変化する。制御部 6 は、電源部 B 1 から供給される電力によって駆動部 1 に流れるモータ電流を制御することで、駆動部 1 のトルク及び回転速度を制御する。本実施形態では、制御部 6 は、駆動部 1 をベクトル制御する。より詳細には、本実施形態の制御部 6 は、モータ電流を、トルクを発生させるトルク電流と磁束を発生させる励磁電流とに分解し、それぞれの電流成分を独立

10

【0024】

(2-3) インパクト機構

本実施形態のインパクト回転工具 100 は、インパクト機構 2 によるインパクト動作を行いながら締付作業を行う。インパクト機構 2 は、インパクト動作において、駆動部 1 の動力に基づいて打撃力を発生させ、その打撃力は先端工具 C 1 (図 2 参照) に作用する。

【0025】

インパクト機構 2 は、図 1 及び図 2 に示すように、駆動軸 2 1 と、ハンマ 2 2 と、アンビル 2 3 と、弾性部材 2 4 と、を含んでいる。

20

【0026】

駆動軸 2 1 は、減速機構 9 1 を介して、駆動部 1 の回転軸と機械的に接続している。減速機構 9 1 は、駆動部 1 の回転軸の回転速度とトルクとを、ねじ回し動作に必要な回転速度とトルクとに変換する。駆動部 1 の回転軸のトルクは、減速機構 9 1 を介して、駆動軸 2 1 に伝達される。その結果、駆動軸 2 1 は、回転する。駆動軸 2 1 は、いわゆる、スピンドルである。

【0027】

ハンマ 2 2 は、駆動軸 2 1 の軸方向 D 1 に移動可能、かつ、駆動軸 2 1 の回転方向に回転可能に、駆動軸 2 1 の外周に嵌合する。駆動軸 2 1 の回転力がハンマ 2 2 に伝達されることによって、ハンマ 2 2 は、駆動軸 2 1 と一体となって、駆動軸 2 1 の回転方向に回転する。

30

【0028】

弾性部材 2 4 は、減速機構 9 1 とハンマ 2 2 との間に配置される。ハンマ 2 2 は、弾性部材 2 4 によって、駆動軸 2 1 の軸方向 D 1 に沿って、アンビル 2 3 側に向かって力を加えられる。言い換えると、ハンマ 2 2 は、弾性部材 2 4 によって、駆動軸 2 1 の軸方向 D 1 に沿って、アンビル側に向かって付勢される。本実施形態の弾性部材 2 4 は、例えば、円錐コイルばねである。

【0029】

アンビル 2 3 は、ハンマ 2 2 と回転方向において係合する係合部を有する。ハンマ 2 2 とアンビル 2 3 とが係合した状態において、ハンマ 2 2 の回転力は、アンビル 2 3 に伝達される。これにより、アンビル 2 3 が回転する。

40

【0030】

本実施形態の出力軸 9 2 は、アンビル 2 3 と一体に形成されている。出力軸 9 2 の先端には、保持部 9 3 が設けられている。出力軸 9 2 は、アンビル 2 3 の回転力を保持部 9 3 へ伝達する。

【0031】

保持部 9 3 は、先端工具 C 1 を保持する。より具体的には、保持部 9 3 は、先端工具 C 1 が着脱可能に設けられている。また、保持部 9 3 に先端工具 C 1 が一体に形成されていてもよい。本実施形態では、出力軸 9 2 及び先端工具 C 1 は、アンビル 2 3 と共に回転する。

50

【 0 0 3 2 】

先端工具 C 1 は、例えば、ドライバビットである。先端工具 C 1 は、締付部品と嵌合する。先端工具 C 1 が締付部品と嵌合した状態で先端工具 C 1 が回転することにより、締付部品を締め付けるといった作業が可能となる。本実施形態では、先端工具 C 1 は、インパクト回転工具 1 0 0 の構成に含まれていない。ただし、先端工具 C 1 は、インパクト回転工具 1 0 0 の構成に含まれていてもよい。

【 0 0 3 3 】

インパクト機構 2 は、アンビル 2 3 に加えられるハンマ 2 2 の回転力の大きさに関するインパクト条件が満たされると、インパクト動作を行う。インパクト動作は、ハンマ 2 2 からアンビル 2 3 に打撃力を加える動作である。本実施形態では、インパクト条件は、ハンマ 2 2 の回転力が所定値以上となることである。ハンマ 2 2 の回転力が大きくなってくると、ハンマ 2 2 とアンビル 2 3 との間で発生する力のうち、ハンマ 2 2 を後退させる向きの分力も大きくなっていく。ハンマ 2 2 の回転力が所定値以上となると、ハンマ 2 2 は、弾性部材 2 4 を圧縮させながら後退する。その後、ハンマ 2 2 が弾性部材 2 4 からの復帰力を受けて、回転しながら前進する。そして、駆動軸 2 1 が規定量回転（例えば、略半回転）すると、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に衝突する。つまり、駆動軸 2 1 が規定量回転するごとに、アンビル 2 3 は、ハンマ 2 2 によって回転方向の打撃を加えられる。本開示でいう「後退する」とは、前後方向に沿って後ろ側に向かって移動することであり、「前進する」とは、前後方向に沿って前側に向かって移動することである。

【 0 0 3 4 】

このように、インパクト機構 2 では、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に回転方向の打撃を繰り返し加える。この打撃によって生じたトルクにより、衝突が無い場合と比較して、締付部品を強力で締め付けることができる。

【 0 0 3 5 】

(2 - 4) 移動量検出部

本実施形態の移動量検出部 3 は、ハンマ移動量に関わるパラメータとして、ハンマ移動量自体を検出する。すなわち、本実施形態の移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた際に、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた位置から、軸方向 D 1 に沿ってアンビル 2 3 に対して離れるように移動するハンマ移動量を検出する。より詳細には、ハンマ移動量は、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた位置から、軸方向 D 1 に沿ってどのくらい後退したかを示す。

【 0 0 3 6 】

本実施形態の移動量検出部 3 がどのようにハンマ移動量を検出しているか説明するために、まず、制御部 6 のベクトル制御によって駆動部 1 に供給されるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 について説明する。インパクト回転工具 1 0 0 がインパクト機構 2 によるインパクト動作を行いながら締付作業を行っている間に、制御部 6 のベクトル制御によって駆動部 1 に供給されるトルク電流 X 1 の時間変化を、図 3 に示す。

【 0 0 3 7 】

一般的に、トルク電流 X 1 は、駆動部 1 に掛かる負荷の大きさに応じて変化する。すなわち、駆動部 1 に掛かる負荷が増加すれば、トルク電流 X 1 は増加し、一方、駆動部 1 に掛かる負荷が減少すれば、トルク電流 X 1 は減少する。そのため、図 3 に示すように、トルク電流 X 1 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えたときから増加し、ハンマ 2 2 が最も後退した直後から減少するという変動を、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎に繰り返す。

【 0 0 3 8 】

より具体的に、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから、時間 T 2 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に再び打撃を与える場合におけるトルク電流 X 1 の変動を例に挙げ、図 3 を用いて説明する。図 3 に示す時間 T 1 b は、ハンマ 2 2 が最も後退したタイミングである。

【 0 0 3 9 】

10

20

30

40

50

時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える前において、ハンマ 2 2 は、アンビル 2 3 との係合が外れた状態で回転している。ハンマ 2 2 とアンビル 2 3 とが係合していないため、駆動部 1 に掛かる負荷が減少し、トルク電流 X 1 は減少している。その後、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与え、ハンマ 2 2 とアンビル 2 3 との係合が外れる。時間 T 1 a から時間 T 1 b の間において、ハンマ 2 2 は、弾性部材 2 4 を圧縮させながら後退する。ハンマ 2 2 が後退している間、駆動部 1 はハンマ 2 2 にエネルギーを供給するため、駆動部 1 に掛かる負荷が増加し、トルク電流 X 1 は増加する。時間 T 1 b から時間 T 2 a の間では、ハンマ 2 2 は、アンビル 2 3 との係合が外れた状態で回転しながら前進する。ハンマ 2 2 が前進している間、駆動部 1 はハンマ 2 2 にエネルギーを供給しないため、駆動部 1 に掛かる負荷が減少し、トルク電流 X 1 は減少する。その後、時間 T 2 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に再び打撃を与えた後において、ハンマ 2 2 は、弾性部材 2 4 を圧縮させながら後退する。ハンマ 2 2 が後退している間、駆動部 1 はハンマ 2 2 にエネルギーを供給するため、駆動部 1 に掛かる負荷が増加し、トルク電流 X 1 は増加する。以上より、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えたときのトルク電流 X 1 は、極小値 V 1 a になり、時間 T 1 b でハンマ 2 2 が最も後退したときのトルク電流 X 1 は、極大値 V 1 b になる。また、時間 T 2 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えたときのトルク電流 X 1 は、極小値 V 2 a になる。インパクト回転工具 1 0 0 がインパクト機構 2 によるインパクト動作を行いながら締付作業を行っている間に、トルク電流 X 1 は、上記の変動をハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎に繰り返す。

10

【 0 0 4 0 】

20

本実施形態では、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから、時間 T 2 a で再びハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、時間 T 1 a における極小値 V 1 a と、時間 T 1 b における極大値 V 1 b と、の差であると規定する。言い換えれば、本実施形態では、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから、次にハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えたときの極小値と、ハンマ 2 2 が最も後退したときの極大値と、の差であると規定する。

【 0 0 4 1 】

ハンマ 2 2 が弾性部材 2 4 を圧縮させながら後退している間において、駆動部 1 はハンマ 2 2 に力を加え続ける。ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与えた打撃によるハンマ 2 2 のハンマ移動量が大きいほど、駆動部 1 に掛かる負荷が大きくなる。すなわち、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与えた打撃によるハンマ 2 2 のハンマ移動量が大きいほど、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が大きくなる。すなわち、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与えた打撃によるハンマ 2 2 のハンマ移動量に応じて変化する。言い換えれば、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与えた打撃によるハンマ 2 2 のハンマ移動量と相関がある。

30

【 0 0 4 2 】

以上より、本実施形態の移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出し、ハンマ移動量に関わるパラメータとして、検出したトルク電流 X 1 の変動量 A 1 に基づきハンマ移動量自体を検出する。より詳細には、本実施形態の移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えた時間 T 1 a から次に打撃を与える時間 T 2 a までの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出し、検出したトルク電流 X 1 の変動量 A 1 に基づき、時間 T 1 a においてハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与えた打撃によるハンマ移動量を検出する。

40

【 0 0 4 3 】

具体的に、本実施形態の移動量検出部 3 は、制御部 6 のベクトル制御によって駆動部 1 に供給されるトルク電流を検出する電流センサを有する。本実施形態では、移動量検出部 3 の電流センサは、ベクトル制御に用いられる電流センサと一体である。上記の構成によると、インパクト回転工具 1 0 0 は、ハンマ移動量を検知するセンサを新たに備える必要

50

がなく、トルク値をより正確に推定することができるという利点がある。

【 0 0 4 4 】

本実施形態の移動量検出部 3 は、一作業時においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を複数回検出し、複数回検出においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が増加傾向を示す場合に、ハンマ移動量を検出する。より詳細には、本実施形態の移動量検出部 3 は、1 つの締付作業において、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎にトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出し、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が増加傾向を示す場合に、ハンマ移動量を検出する。一般的に、インパクト回転工具 1 0 0 による締付作業の開始時点では、締付部品がまだ締め付けられていないため、アンビル 2 3 が締付部品と一体になって回転し、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎における締付部品の回転角度が大きくなる。そのため、締付作業の開始時点では、ハンマ移動量は小さいにもかかわらず、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が大きくなってしまふことがある。トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が大きくなってしまった場合、締付部品がある程度締め付けられるまでは、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 は減少傾向を示す。しかし、インパクト回転工具 1 0 0 による締付作業の開始時点から時間が経過し、締付部品がある程度締め付けられることで、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎における締付部品の回転角度が小さくなると、打撃に対するアンビル 2 3 の反発力が大きくなることでハンマ移動量が増加し、打撃毎のトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が増加傾向を示す。上記の構成によると、打撃を与える毎における締付部品の回転角度が小さくなった時点でのトルク電流 X 1 の変動量 A 1 に基づき、ハンマ移動量を検出することができる。すなわち、上記の構成によると、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 に基づき、より正確にハンマ移動量を検出することができるという利点がある。

10

20

【 0 0 4 5 】

本実施形態の移動量検出部 3 は、複数回検出においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が所定回数連続して増加した場合に、変動量 A 1 が増加傾向を示すと判定する。より詳細には、本実施形態の移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎に検出したトルク電流 X 1 の変動量 A 1 の履歴情報を記憶し、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいと所定回数連続して判定した場合、変動量 A 1 が増加傾向を示すと判定する。ここでいう「所定回数」は、経験的に設定され、一例として、3 回である。すなわち、「所定回数」が 3 回と設定されている場合、本実施形態の移動量検出部 3 は、連続する 3 回の打撃において検出されるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が連続して増加した場合に、変動量 A 1 が増加傾向を示すと判定する。なお、本開示の「所定回数」は、限定されない。この構成によると、締付部品又は締付部材の材料に関わらず、より正確にハンマ移動量を検出することができるという利点がある。

30

【 0 0 4 6 】

(2 - 5) 回転速度検出部

回転速度検出部 4 は、ハンマ 2 2 の回転速度を検出する。本実施形態の回転速度検出部 4 は、駆動部 1 の回転数に基づき、ハンマ 2 2 の回転速度を検出する。回転速度検出部 4 は、制御部 6 が駆動部 1 に供給する励磁電流を検出し、検出した励磁電流に基づき駆動部 1 の回転数を算出する。すなわち、回転速度検出部 4 は、制御部 6 が駆動部 1 に供給する励磁電流を検出する電流センサを有する。

40

【 0 0 4 7 】

インパクト回転工具 1 0 0 がインパクト機構 2 によるインパクト動作を行いながら締付作業を行っている間において、回転速度検出部 4 によって算出される駆動部 1 の回転数の算出値 X 2 と、制御部 6 によってベクトル制御される駆動部 1 の回転数の目標値 X 3 と、の時間変化を図 3 に示す。図 3 に示す設定値 R 1 は、インパクト回転工具 1 0 0 が行う締付作業に適するように、作業者によって予め設定される回転数の値である。制御部 6 は、駆動部 1 の回転数が設定値 R 1 に達するように目標値 X 3 を算出する。

【 0 0 4 8 】

図 3 に示すように、駆動部 1 の回転数の算出値 X 2 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎に変動する。そのため、本実施形態の回転速度検出部 4 は、駆動部 1 の回転

50

数の算出値 X 2 に基づきハンマ 2 2 の回転速度を検出することによって、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与える毎に変動するハンマ 2 2 の回転速度をより正確に検出することができる。

【 0 0 4 9 】

(2 - 6) トルク推定部

ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた際におけるハンマ移動量は、インパクト機構 2 の物理的パラメータと、ハンマ 2 2 の回転速度と、打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクと、によって決まる。ここでいう「インパクト機構 2 の物理的パラメータ」とは、インパクト機構 2 が有する駆動軸 2 1、ハンマ 2 2、アンビル 2 3、及び弾性部材 2 4 の各々の材質又は寸法等である。すなわち、「インパクト機構 2 の物理的パラメータ」は、
10 締付対象又は締付部品によって変化せず、インパクト回転工具 1 0 0 毎に対して一義的に決められる。

【 0 0 5 0 】

以上より、トルク推定部 5 は、移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量に関わるパラメータと、回転速度検出部 4 が検出した回転速度と、インパクト機構 2 の物理的パラメータと、に基づき、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与える打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定する。本実施形態では、トルク推定部 5 は、移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量と、回転速度検出部 4 が検出した回転速度と、インパクト機構 2 の物理的パラメータと、に基づき、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与える打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定する。より詳細には、本実施形態のトルク推定部 5 は、ハンマ移動量とハンマ 2 2 の回転速度との両方を特徴量としてトルク値を事前に機械学習させ、移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量と、回転速度検出部 4 が検出した回転速度と、に基づきトルク値を推定する。
20

【 0 0 5 1 】

(3) 動作

次に、インパクト回転工具 1 0 0 が打撃によって生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定するトルク推定方法について図 4 を参照して説明する。

【 0 0 5 2 】

トルク推定方法は、図 4 に示すように、変動量検出ステップ S T 1 と、判定ステップ S T 2 と、移動量検出ステップ S T 3 と、回転速度検出ステップ S T 4 と、トルク推定ステップ S T 5 と、を含む。
30

【 0 0 5 3 】

作業者がインパクト回転工具 1 0 0 を用いて締付作業を開始した後、変動量検出ステップ S T 1 では、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出する。より詳細には、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出し、当該トルク電流 X 1 の変動量 A 1 を履歴情報として記憶する。

【 0 0 5 4 】

そして、判定ステップ S T 2 では、移動量検出部 3 は、複数回検出においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が増加傾向を示すか否かを判定する。本実施形態の判定ステップ S T 2 では、移動量検出部 3 は、複数回検出においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が所定回数連続して増加するか否かを判定する。本実施形態の判定ステップ S T 2 は、第 1 判定ステップ S T 2 a と、第 2 判定ステップ S T 2 b と、第 3 判定ステップ S T 2 c と、を含む。
40

【 0 0 5 5 】

第 1 判定ステップ S T 2 a は、移動量検出部 3 は、履歴情報として、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 と、前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 と、の両方が記憶されているか否かを判定する。ここでいう「直前の打撃」とは、今回の判定ステップ S T 2 の前に実施された変動量検出ステップ S T 1 において、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検知した打撃である。また、ここでいう「前回の打撃」とは、アンビル 2 3
50

に繰り返し与えられる打撃のうち、「直前の打撃」に対して一回前の打撃である。

【0056】

直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 のみが記憶されており、前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が記憶されていない場合 (S T 2 a : N o)、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を再び検出する (S T 1)。言い換えれば、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 のみが記憶されており、前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が記憶されていない場合 (S T 2 a : N o)、移動量検出部 3 は、次の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出する。ここでいう「直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 のみが記憶されており、前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が記憶されていない場合」とは、作業者が締付作業を開始した後、最初の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を変動量検出ステップ S T 1 で検出し、第 1 判定ステップ S T 2 a に進んだ場合を想定している。

10

【0057】

一方、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 と、前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 と、の両方が記憶されている場合 (S T 2 a : Y e s)、移動量検出部 3 は、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいかが否かを判定する第 2 判定ステップ S T 2 b を行う。

【0058】

直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 以下である場合 (S T 2 b : N o)、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を再び検出する (S T 1)。言い換えれば、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 以下である場合 (S T 2 b : N o)、移動量検出部 3 は、次の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出する。

20

【0059】

一方、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 より大きい場合 (S T 2 b : Y e s)、移動量検出部 3 は、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいと所定回数連続して判定しているかが否かを更に判定する第 3 判定ステップ S T 2 c を行う。

30

【0060】

直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいと移動量検出部 3 が所定回数連続して判定していない場合 (S T 2 c : N o)、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を再び検出する (S T 1)。言い換えれば、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいと移動量検出部 3 が所定回数連続して判定していない場合 (S T 2 c : N o)、移動量検出部 3 は、次の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出する。

【0061】

一方、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいと移動量検出部 3 が所定回数連続して判定している場合 (S T 2 c : Y e s)、移動量検出部 3 は、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 に基づきハンマ移動量を検出する移動量検出ステップ S T 3 を行う。すなわち、移動量検出ステップ S T 3 では、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた際に、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた位置から、軸方向 D 1 に沿ってアンビル 2 3 に対して離れるように移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。本実施形態の移動量検出ステップ S T 3 では、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた際に、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた位置から、軸方向 D 1 に沿ってアンビル 2 3 に対して離れるように移動するハンマ移動量を検出する。その後、回

40

50

転速度検出ステップ S T 4 では、回転速度検出部 4 は、ハンマ 2 2 の回転速度を検出する。

【 0 0 6 2 】

そして、トルク推定ステップ S T 5 では、トルク推定部 5 は、移動量検出ステップ S T 3 にて移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量と、回転速度検出ステップ S T 4 にて回転速度検出部 4 が検出した回転速度と、に基づき、直前の打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定する。すなわち、トルク推定ステップ S T 5 では、トルク推定部 5 は、少なくともハンマ移動量に関わるパラメータに基づき、直前の打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定する。

【 0 0 6 3 】

トルク推定ステップ S T 5 後、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を再び検出する (S T 1) 。言い換えれば、トルク推定ステップ S T 5 後、移動量検出部 3 は、次の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出する。その後、インパクト回転工具 1 0 0 は、判定ステップ S T 2 を実施せず、移動量検出ステップ S T 3 、回転速度検出ステップ S T 4 、及びトルク推定ステップ S T 5 を実施し、トルク値を推定する。すなわち、インパクト回転工具 1 0 0 は、作業者が締付作業を開始した後、第 3 判定ステップ S T 2 c にて、直前の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が前回の打撃におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 よりも大きいと移動量検出部 3 が所定回数連続して判定していると一度判定した場合、判定ステップ S T 2 を実施しない。インパクト回転工具 1 0 0 は、作業者が締付作業を終了するまで、変動量検出ステップ S T 1 、移動量検出ステップ S T 3 、回転速度検出ステップ S T 4 、及びトルク推定ステップ S T 5 を繰り返し実施し、トルク値を繰り返し推定する。

【 0 0 6 4 】

(4) 変形例

上述の実施形態は、本開示の様々な実施形態の一つに過ぎない。上述の実施形態は、本開示の目的を達成できれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。また、上述の実施形態に係るインパクト回転工具 1 0 0 の移動量検出部 3 、回転速度検出部 4 、トルク推定部 5 、及び制御部 6 と同様の機能は、コンピュータプログラム、又はプログラムを記録した非一時的記録媒体等で具現化されてもよい。一態様に係るプログラムは、コンピュータシステムに、上述の実施形態におけるトルク推定方法を実行させるためのプログラムである。

【 0 0 6 5 】

上述の実施形態では、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから、時間 T 2 a で再びハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、時間 T 1 a における極小値 V 1 a と、時間 T 1 b における極大値 V 1 b と、の差であると規定する。しかし、時間 T 1 a でハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから、時間 T 2 a で再びハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、時間 T 1 b における極大値 V 1 b と、時間 T 2 a における極小値 V 2 a と、の差であると規定してもよい。すなわち、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えてから、次にハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流 X 1 の変動量 A 1 は、ハンマ 2 2 が最も後退したときの極大値と、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に打撃を再び与えたときの極小値と、の差であると規定してもよい。

【 0 0 6 6 】

上述の実施形態の移動量検出部 3 は、検出したトルク電流 X 1 の変動量 A 1 に基づきハンマ移動量を検出するが、ハンマ移動量を計測することで検出してもよい。すなわち、移動量検出部 3 は、ハンマ 2 2 が打撃をアンビル 2 3 に加えた際に、ハンマ 2 2 が、打撃を与えた位置から、駆動軸 2 1 の軸方向に沿って、アンビル 2 3 に対して離れるようにどれだけ移動したかを計測する位置センサを含んでいてもよい。

【 0 0 6 7 】

また、上述の実施形態の移動量検出部 3 は、ハンマ移動量に関わるパラメータとしてハンマ移動量自体を検出するが、ハンマ移動量に関わるパラメータとしてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を検出してもよい。すなわち、上述の実施形態のトルク推定部 5 は、ハンマ移動量とハンマ 2 2 の回転速度とに基づきトルク値を推定するが、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 とハンマ 2 2 の回転速度とに基づきトルク値を推定してもよい。より詳細には、トルク推定部 5 は、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 とハンマ 2 2 の回転速度との両方を特徴量としてトルク値を事前に機械学習させ、移動量検出部 3 が検出したトルク電流 X 1 の変動量 A 1 と、回転速度検出部 4 が検出した回転速度と、に基づきトルク値を推定してもよい。要するに、トルク推定部 5 は、トルク値を推定する際に、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 からハンマ移動量を検出する必要はなく、トルク電流 X 1 の変動量 A 1 からトルク値を直接推定してもよい。すなわち、本開示でいう「ハンマ移動量に関わるパラメータ」とは、ハンマ移動量自体であってもよいし、ハンマ移動量に応じて変化する値（例えば、トルク電流 X 1 の変動量 A 1）でもよい。

10

【0068】

また、上述の実施形態の移動量検出部 3 は、一作業時においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 を複数回検出し、複数回検出においてトルク電流 X 1 の変動量 A 1 が増加傾向を示す場合に、ハンマ移動量を検出する。しかし、移動量検出部 3 は、一作業時においてハンマがアンビルに所定回数の打撃を与えた後にハンマ移動量を検出してもよい。より詳細には、移動量検出部 3 は、締付作業が開始されてからハンマがアンビルに打撃を与えた回数をカウントし、当該回数が所定回数になった場合にハンマ移動量を検出してもよい。ここでいう「所定回数」とは、経験的に設定され、一例として、10回と設定される。すなわち、「所定回数」は10回と設定されている場合、移動量検出部 3 は、締付作業が開始されてからハンマがアンビルに打撃を与えた回数をカウントし、当該回数が10回になった場合にハンマ移動量を検出する。なお、「所定回数」は、10回に限定されない。上記の構成によると、移動量検出部 3 は、複雑な判定処理を行わず、より正確にハンマ移動量を検出することができるという利点がある。

20

【0069】

上述の実施形態の回転速度検出部 4 は、ハンマ 2 2 の回転速度を検出するが、駆動軸 2 1 の回転速度を検出してもよい。すなわち、回転速度検出部 4 は、駆動軸 2 1 及びハンマ 2 2 の少なくとも一方の回転速度を検出すればよい。また、トルク推定部 5 は、ハンマ移動量と、駆動軸 2 1 及びハンマ 2 2 の少なくとも一方の回転速度と、に基づき、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与える打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定すればよい。

30

【0070】

上述の実施形態のトルク推定部 5 は、移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量と、回転速度検出部 4 が検出した回転速度と、に基づき、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与える打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定する。しかし、トルク推定部 5 は、移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量と、作業者によって予め設定された駆動部 1 の回転数の設定値 R 1（図 3 参照）によって算出される駆動軸 2 1 及びハンマ 2 2 の少なくとも一方の回転速度と、に基づき、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与える打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定してもよい。すなわち、駆動軸 2 1 及びハンマ 2 2 の少なくとも一方の回転速度は、回転速度検出部 4 が検出してもよいし、駆動部 1 の回転数の設定値 R 1 によって算出してもよい。要するに、インパクト回転工具 100 は、回転速度検出部 4 を備えていなくてもよく、トルク推定部 5 は、少なくとも、移動量検出部 3 が検出したハンマ移動量に基づき、ハンマ 2 2 がアンビル 2 3 に与える打撃によってアンビル 2 3 に生じるトルクの大きさを示すトルク値を推定していればよい。

40

【0071】

（まとめ）

実施形態に係る第 1 の態様のインパクト回転工具（100）は、駆動部（1）と、駆動

50

軸（２１）と、ハンマ（２２）と、アンビル（２３）と、移動量検出部（３）と、トルク推定部と、を備える。駆動部（１）は、回転動作を行う。駆動軸（２１）は、駆動部（１）により回転する。ハンマ（２２）は、駆動軸（２１）の軸方向（Ｄ１）に移動可能、かつ、駆動軸（２１）の回転方向に回転可能に、駆動軸（２１）の外周に嵌合する。アンビル（２３）は、ハンマ（２２）によって回転方向の打撃を加えられる。移動量検出部（３）は、ハンマ（２２）が打撃をアンビル（２３）に加えた際に、ハンマ（２２）が、打撃を加えた位置から、軸方向（Ｄ１）に沿ってアンビル（２３）に対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。トルク推定部は、少なくともハンマ移動量に関わるパラメータに基づき、打撃によって生じるトルク値を推定する。

【００７２】

この態様によれば、トルク値を正確に推定することができる、という利点がある。

10

【００７３】

実施形態に係る第２の態様のインパクト回転工具（１００）は、第１の態様において、回転速度検出部（４）を更に備える。回転速度検出部（４）は、駆動軸（２１）及びハンマ（２２）の少なくとも一方の回転速度を検出する。トルク推定部は、ハンマ移動量に関わるパラメータ及び回転速度に基づき、トルク値を推定する。

【００７４】

この態様によれば、駆動軸（２１）及びハンマ（２２）の少なくとも一方の回転速度の変動を考慮して、トルク値をより正確に推定することができる、という利点がある。

【００７５】

実施形態に係る第３の態様のインパクト回転工具（１００）は、第１又は第２の態様において、駆動部（１）をベクトル制御する制御部（６）を更に備える。駆動部（１）には、制御部（６）のベクトル制御によってトルク電流（Ｘ１）が供給される。移動量検出部（３）は、ハンマ（２２）がアンビル（２３）に打撃を与えてから次に打撃を与えるまでの間におけるトルク電流（Ｘ１）の変動量（Ａ１）を検出し、ハンマ移動量に関わるパラメータとして、変動量（Ａ１）に基づきハンマ移動量自体を検出する。

【００７６】

この態様によれば、ハンマ移動量を検知するセンサを新たに備える必要がなく、トルク値を正確に推定することができる、という利点がある。

【００７７】

実施形態に係る第４の態様のインパクト回転工具（１００）では、第３の態様において、移動量検出部（３）は、一作業時において変動量（Ａ１）を複数回検出する。移動量検出部（３）は、複数回検出において変動量（Ａ１）が増加傾向を示す場合に、ハンマ移動量を検出する。

【００７８】

この態様によれば、トルク電流（Ｘ１）の変動量（Ａ１）に基づき、より正確にハンマ移動量を検出することができる、という利点がある。

【００７９】

実施形態に係る第５の態様のインパクト回転工具（１００）では、第４の態様において、移動量検出部（３）は、複数回検出において変動量（Ａ１）が所定回数連続して増加した場合に、変動量（Ａ１）が増加傾向を示すと判定する。

【００８０】

この態様によれば、締付部品又は締付部材の材料に関わらず、より正確にハンマ移動量を検出することができる、という利点がある。

【００８１】

実施形態に係る第６の態様のインパクト回転工具（１００）では、第３の態様において、移動量検出部（３）は、一作業時において、ハンマ（２２）がアンビル（２３）に所定回数の打撃を与えた後にハンマ移動量を検出する。

【００８２】

この態様によれば、移動量検出部（３）は、複雑な判定処理を行わず、より正確にハン

50

マ移動量を検出することができる、という利点がある。

【0083】

実施形態に係る第7の態様のトルク推定方法は、駆動部(1)と、駆動軸(21)と、ハンマ(22)と、アンビル(23)と、を備えるインパクト回転工具が打撃によって生じるトルク値を推定するトルク推定方法である。駆動部(1)は、回転動作を行う。駆動軸(21)は、駆動部(1)により回転する。ハンマ(22)は、駆動軸(21)の軸方向(D1)に移動可能、かつ、駆動軸(21)の回転方向に回転可能に、駆動軸(21)の外周に嵌合する。アンビル(23)は、ハンマ(22)によって回転方向の打撃を加えられる。上記のトルク推定方法は、移動量検出ステップ(ST3)と、トルク推定ステップ(ST5)と、を含む。移動量検出ステップ(ST3)では、ハンマ(22)が打撃をアンビル(23)に加えた際に、ハンマ(22)が、打撃を加えた位置から、軸方向(D1)に沿ってアンビル(23)に対して離れるよう移動するハンマ移動量に関わるパラメータを検出する。トルク推定ステップ(ST5)では、少なくともハンマ移動量に関わるパラメータに基づき、打撃によって生じるトルク値を推定する。

10

【0084】

この態様によれば、専用のインパクト回転工具(100)を用いなくても、トルク値を正確に推定することができるという利点がある。

【0085】

実施形態に係る第8の態様のプログラムは、コンピュータシステムに、第7の態様のトルク推定方法を実行させるためのプログラムである。

20

【0086】

この態様によれば、トルク値を正確に推定することができる、という利点がある。

【符号の説明】

【0087】

- 100 インパクト回転工具
- 1 駆動部
- 21 駆動軸
- 22 ハンマ
- 23 アンビル
- 3 移動量検出部
- 4 回転速度検出部
- 5 トルク推定部
- 6 制御部
- A1 変動量
- D1 軸方向
- ST3 移動量検出ステップ
- ST5 トルク推定ステップ
- X1 トルク電流

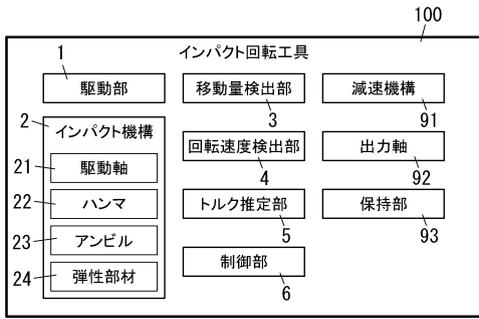
30

40

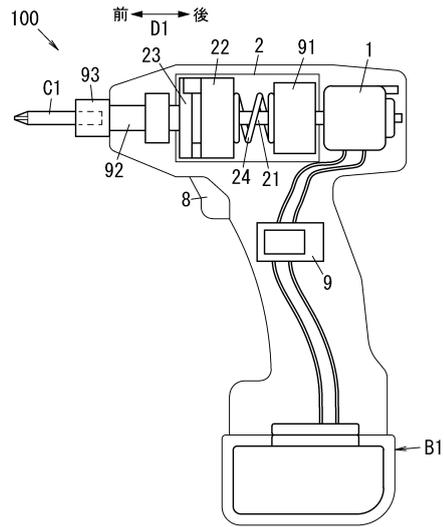
50

【 図 面 】

【 図 1 】

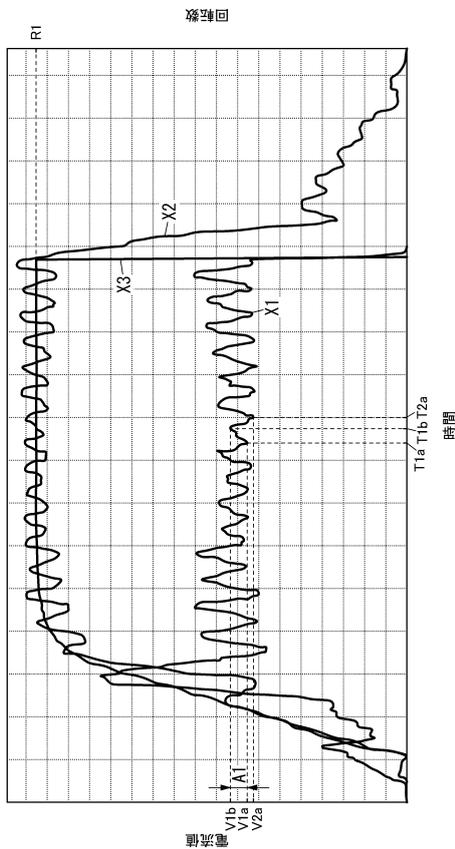


【 図 2 】

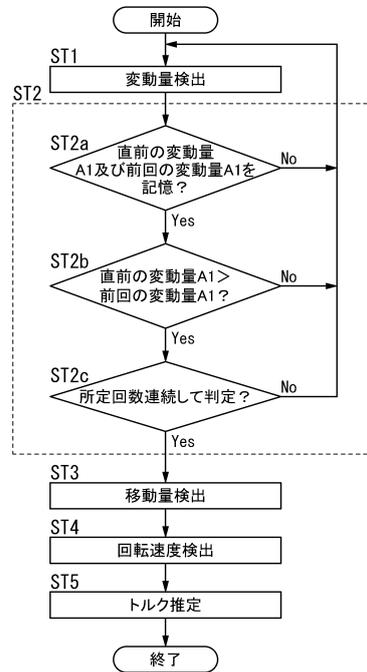


10

【 図 3 】



【 図 4 】



20

30

40

50