

明 細 書

発明の名称：

シール施工管理方法、シール施工管理装置、シール施工管理プログラム、
シール施工管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、配管、弁、ポンプなどを連結するフランジ締付けに用いられるシール施工の管理技術に関する。

背景技術

[0002] 配管連結や配管に対するポンプなどの接続には、ガスケットを挟み込んだフランジが用いられる。このフランジは、周縁側の複数箇所を設定された締付け箇所ではボルトとナットの締付けにより締結される。ボルトとナットの締付けには、トルクレンチなどの手動の締付け工具や、電動式のネジ締付け工具などが用いられる。

このようなフランジに対するボルトおよびナットの締付けでは、全ての締付け箇所において所定のトルク値で締付け処理を行い、ボルトに作用する軸力にばらつきを生じさせずに締付けることが必要である。そのため、締付け工具によるボルトおよびナットの締付け状態の管理が重要となる。

[0003] 締付け管理方法には、たとえばボルトに付加する締付けトルクを管理するトルク法、ボルトの伸びを超音波軸力計で測定して軸力を管理する方法、目標とする軸力までボルトを引張り、ナットを着座させて締付けを行うことで、軸力を管理しながらボルトの締付けを行うボルトテンショナー（引張法）などの方法がある。

[0004] このようなフランジの締付け管理に関し、ボルトの出力軸の回転速度やトルクを検出器で電氣的に検出し、この検出値を締付け経過時間に対する刻々の回転速度とトルク値に分解して微小時間毎の動力値を算出することや、動力レンチの回転速度相当量を締付け変動負荷の状態に応じて瞬間的に増減制御することで、微小時間毎の出力軸動力を出力トルクに近似させるものが知

られている（たとえば、特許文献1）。また、螺合部材の締め付け完了時の軸力と完了時から所定時間経過後の軸力の比を、締め付けに要した時間の関数として表した関係式を利用して、予測軸力を算出するものが知られている（たとえば、特許文献2）。フランジを締付けるボルトの軸力検出センサーを備え、ボルトの軸力が設定値よりも小さい場合に、締め付け動作を実行させるものが知られている（たとえば、特許文献3）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特公昭53-047959号公報

特許文献2：特許第5724595号公報

特許文献3：特開昭61-142082号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、ガスケットを挟み込んだフランジ接続は、全てのボルトおよびナットの締め付け軸力を均等化することでフランジ同士を平行に維持させることが必要である。複数のボルトおよびナットを締付けるフランジ接続では、ボルトに作用する軸力にばらつきが生じると、フランジ間に傾きが生じる。いわゆる片締めの状態となる。このような片締めの状態では、フランジによって連結される管路に隙間の発生や、フランジ間のガスケットによる封止機能の低下などを招くという課題がある。

また、トルク法による締め付け管理は、ボルトおよびナットの締め付けで付与する締め付けトルクを管理するものであるが、締め付けトルクとボルトに作用する軸力との比例係数であるトルク係数がフランジやナットに対する摩擦などの影響を受け、ボルト毎の軸力にばらつきがある。そのため、締め付けに必要な締め付け力に基づいて算出した締め付けトルクで締め付けを行っても、トルク係数の違いによりフランジの締め付け位置毎にボルトに作用する軸力のばらつきが生じるという課題がある。

[0007] 超音波軸力計を用いた締付け管理では、ボルトの締付けを行った後に軸力を測定し、軸力を均一化するように増し締めまたは締め直しを行うため作業工数や作業時間の増加を招くという課題がある。フランジに対するボルトの締付け作業では1つのボルトに対して締付けトルクの値を変えながら複数回で締付けるため、毎回目標軸力となるように締付けトルク値を調整するので作業工数が膨大となる。また、ボルトの増し締めまたは締め直しは、弾性相互作用の影響で、他のボルトの締付けに緩みが生じるなどの影響を受けるため、締付け後の軸力調整は作業負荷の増大を招く。

ボルトテンショナーによる締付け管理では、専用の工具が必要となり費用や作業時間がかかることやボルトを引っ張るためボルトの余長が必要となるという課題がある。さらに、油圧にてボルトに軸力を与え、ナットをボルトなどの被締結体に着座させ、油圧を取り除いて締付けが完了するが、油圧を取り除いた際にナット座面が被締結体表面に沈み込むように変形することで油圧にて与えた軸力より低下する。これを補うため、初期軸力を高く設定するが、締結体の強度が不足する場合、破損の危険が生じることや、低下する軸力の推定が難しいといった課題もある。

[0008] ガasketを挟んだフランジのシール施工では、このような締付け管理のいずれかを採用し、締付け工具に設定したトルク値による締付けまたは締付け後の調整などを行っているが、締付けられたボルトの軸力を均一化させるためには、多大な時間や作業労力またはコストを要している。本出願の発明者は、これらの締付け管理の手法による軸力のばらつきは、ボルト毎の状態の相違が影響するとの知見に基づき、締付けトルク値の算出に利用するトルク係数を調整して締付け管理を行う点を発明の課題とした。

斯かる課題について、特許文献1～3には開示も示唆もなく、これらの文献に開示された構成では斯かる課題を解決することができない。

[0009] そこで、本発明の目的は上記課題に鑑み、少ない作業工数および作業時間でボルトおよびナットの締付けを可能にするとともに、締付け精度の高いフランジ接続を実現することにある。

また、本発明の他の目的は、ボルトおよびナット毎の状態に応じた締付けトルクを付加することで、フランジに対する締付け状態の安定化および必要な軸力での締付けを実現することにある。

斯かる課題の開示や示唆はなく、特許文献 1 ないし特許文献 3 に開示された構成では斯かる課題を解決することができない。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工管理方法の一側面は、ガスケットを挟んだフランジに複数の締付け箇所が設定され、各締付け箇所にボルトおよびナットを備えて締付けるシール施工管理方法であって、第 1 の締付けトルク値が設定された締付け工具で前記ボルトおよび前記ナットを締付ける工程と、前記ボルトの軸力を検出する工程と、検出した前記軸力を利用して前記ボルトのトルク係数の算出または選定を行う工程と、前記ボルトの締付け箇所毎に、前記トルク係数を利用して算出または選定した第 2 の締付けトルク値を前記締付け工具に設定する工程とを含む。
- [0011] 上記シール施工管理方法において、検出した前記ボルトの前記軸力と、目標軸力、設定軸力または所定の閾値とを対比し、この対比結果に基づいて前記トルク係数の算出または選定を行う工程を含んでよい。
- [0012] 上記シール施工管理方法において、さらに、前記締付け工具の巡回数または前記締付け箇所のいずれか、または両方を検出する工程と、巡回数または締付け箇所に応じて段階的または連続的に前記締付け工具に設定する設定軸力または締付けトルク値を変動させる工程とを含んでよい。
- [0013] 上記シール施工管理方法において、さらに、締付け工程毎に設定される設定軸力と、予め選定されたトルク係数を利用して、前記第 1 の締付けトルク値の算出または選定を行う工程を含んでよい。
- [0014] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工管理装置の一側面は、ガスケットを挟んだフランジに複数の締付け箇所が設定され、各締付け箇所にボルトおよびナットを備えて締付けるシール施工管理装置であって、前記締付け箇所や締付けの巡回数、締付けトルク値を締付け工具に設定する設定手段

と、前記ボルトの軸力を取得する取得手段と、第1の締付けトルク値が設定された前記締付け工具によって締付けられる前記ボルトの軸力を取得し、該軸力を利用して前記ボルトのトルク係数を算出または選定し、前記ボルトの前記締付け箇所毎に、前記トルク係数を利用して算出または選定した第2の締付けトルク値を前記締付け工具に設定させる制御手段とを備える。

[0015] 上記シール施工管理装置において、前記制御手段は、検出した前記ボルトの前記軸力と、目標軸力、設定軸力または所定の閾値とを対比し、この対比結果に基づいて、前記トルク係数を算出し、または選定してよい。

[0016] 上記シール施工管理装置において、さらに、前記締付け工具の巡回数または前記締付け箇所のいずれか、または両方を検出する検出手段を備え、前記制御手段は、巡回数または前記締付け箇所に応じて段階的または連続的に前記締付け工具に設定する設定軸力または締付けトルク値を変動させてよい。

[0017] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工管理プログラムの一側面は、コンピュータで実現させるためのシール施工管理プログラムであって、ガasketを挟んだフランジの締付け箇所に取り付けられるボルトおよびナットを締付ける締付け工具に第1の締付けトルク値を設定する機能と、前記締付け工具で締付けられる前記ボルトの軸力の検出結果を取得する機能と、検出された前記軸力を利用して前記ボルトのトルク係数の算出または選定を行う機能と、前記ボルトの前記締付け箇所毎に、前記トルク係数を利用して算出し、または選定した第2の締付けトルク値を前記締付け工具に設定する機能とを前記コンピュータで実現させる。

[0018] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工管理システムの一側面は、ガasketを挟んだフランジに複数の締付け箇所が設定され、各締付け箇所にボルトおよびナットを備えて締付けるシール施工管理システムであって、前記ボルトまたは前記ナットに加えるトルク値を制御可能な締付け工具と、前記ボルトの軸力を検出するセンサーと、第1の締付けトルク値を締付け工具に設定し、前記センサーで検出した前記軸力を利用して前記ボルトのトルク係数を算出または選定し、前記ボルトの締付け箇所毎に、前記トルク係数

を利用して算出または選定した第2の締付けトルク値を前記締付け工具に設定するコントローラーとを備える。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、次のいずれかの効果が得られる。

[0020] (1) 締付け工程においてボルト毎のトルク係数を算出し、補正した締付けトルクでの締付けを行うことで、締付け後の締め直しなどの軸力調整による作業負荷を無くし、または軽減できる。

(2) ボルト毎のトルク係数を補正しながらナットの締付けを行うことで、段階的な締付け処理において、締付け力が不足または過剰なボルトによる他のボルトへの影響が抑えられる。

(3) ボルト毎のトルク係数を割り出し、締付け箇所の状態に応じた締付けトルク値で締付けを行うことで、ボルト間の軸力のばらつきが抑えられる。

[0021] そして、本発明の他の目的、特徴および利点は、添付図面および各実施の形態を参照することにより、一層明確になるであろう。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第1の実施の形態に係るシール施工管理装置の構成例を示す図である。

[図2]フランジ締付け時にボルトに作用する力の状態例を示す図である。

[図3]Aはトルク係数補正前の締付け工程中の検出軸力の一例を示す図であり、Bはトルク係数補正後の締付け工程中の検出軸力の一例を示す図である。

[図4]シール施工管理処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]第2の実施の形態に係るシール施工管理装置の構成例を示す図である。

[図6]締付け手順の一例を示す図である。

[図7]締付け指示情報テーブルの一例を示す図である。

[図8]軸力検出結果の一例を示す図である。

[図9]トルク係数の算出結果の一例を示す図である。

[図10]シール施工管理処理の一例を示すフローチャートである。

[図11]第3の実施の形態に係るシール施工管理システムの構成例を示す図である。

[図12] Aは締付け工具の構成例を示す図、Bは軸力センサーの一例を示す図である。

[図13] Aはコントローラーの構成例を示す図であり、Bは記憶部の構成例を示す図である。

[図14] サーバーの内部構成例を示す図である。

[図15] 締付け結果の表示例を表す図である。

[図16] シール施工管理の一例を表すシーケンス図である。

[図17] 第4の実施の形態に係るシール施工管理装置の構成例を示す図である。

[図18] 比較例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 〔第1の実施の形態〕

図1は、第1の実施の形態に係るシール施工管理装置の構成例を示している。図1に示す構成は一例であり、本発明が斯かる構成に限定されない。

＜シール施工管理装置2＞

このシール施工管理装置2は、複数の管路同士や配管と弁、配管とポンプなどを連結するシール施工部4の複数のボルト6およびナット8の締め付け処理およびその締め付け管理を行う。シール施工部4は、たとえば図1に示すように、締め付け対象の一例として、連結手段であるフランジ10-1、10-2間にガスケット12が挟み込まれ、フランジ10-1、10-2の周縁側に設定された複数の締め付け箇所それぞれにボルト6およびナット8が配置される。このフランジ10-1、10-2には、たとえば締め付け箇所が8箇所設定されている。つまり、このフランジ10-1、10-2には、たとえば等間隔に角度 $\theta = 45$ 〔°〕の間隔で8本のボルト6とナット8が締め付けられる。ガスケット12は、剛性のある樹脂材料で構成されており、少なくともフランジ10-1、10-2の対向面に接触するとともに、配管などのフランジ以外の被連結物に形成される流路に重ならない形状に形成されている。そしてガスケット12は、ボルト6およびナット8の締め付けによりフ

ランジ１０－１、１０－２に圧着状態となることで、被連結物の連結部分の周囲から流体などの流出を阻止するシール手段の一例である。

シール施工管理装置２は、シール施工管理として、ボルト６およびナット８の締付けを管理することで、フランジ１０－１、１０－２との間にあるガスケット１２を均一またはそれに近い状態で押圧状態にする。

[0024] シール施工管理装置２は、たとえば締付け工具１４および制御手段１６を有する。締付け工具１４は、ボルト６またはナット８に付与する出力トルクＴの付与手段の一例であり、たとえば出力トルク（締付けトルクＴ）の設定や調整が可能な機能を備える、ナットランナーや電動工具が含まれる。この締付け工具１４は、たとえば締付け処理を行う作業者の操作によって持ち運ばれ、また締付け時のＯＮ／ＯＦＦ操作などが可能なものや、図示しない製品組立て装置のアームなどに設置または把持されるものもある。

締付け工具１４は、たとえば装置本体２０の保持および所定位置へ移動を可能にするグリップ２２、締付け対象であるナット８に嵌合させて締付けトルクを付加するソケット２４、締付け工程においてソケット２４を通じて締付けトルクＴをＯＮ／ＯＦＦさせるトリガースイッチ２６を有する。ボルト６およびナット８の締付け工程では、作業者の指または図示しないマニピュレータ、その他、スイッチ回路などを利用してトリガースイッチ２６のＯＮ／ＯＦＦを切替える。

また、締付け工程では、たとえば作業人や組立て装置などが、シール施工部４に設定された締付け箇所、すなわちボルト６およびナット８が設置された位置に対し、設定された順序で締付け工具１４を配置させ、トリガースイッチ２６のＯＮ／ＯＦＦ操作を行う。

[0025] 制御手段１６は、締付け工具１４の動作指示を出力するとともに、ボルト６およびナット８の締付け状態から締付け工具１４に設定する締付けトルク値Ｔ１の調整処理を行う手段の一例である。この制御手段１６は、たとえばコンピュータで構成されており、締付け工具１４と一体に構成されてもよく、または独立した機器であって、締付け工具１４と有線または無線によって

接続されてもよい。また、制御手段16は、軸力センサー18-1、18-2、・・・、18-n（nは自然数）と接続されており、締付けによる軸力の値または締付けによる軸力の変化などを取得する。

[0026] 軸力センサー18-1、18-2、18-3、・・・、18-nは、ボルト6またはナット8に作用する軸力を検出する手段の一例であり、全ての締付け箇所に設置されたボルト6またはナット8のいずれかに設置される。また、軸力センサー18-1、18-2、18-3、・・・、18-nは、たとえば軸力測定時に設置されてもよい。

[0027] <制御手段16の機能>

このような構成を備えたシール施工管理装置2の制御手段16は、たとえば、以下のような機能を有する。

a. 設定されたトルク係数k1および締付け箇所の巡回数Sに応じて、ボルト6またはナット8に付与する締付けトルク値T1を算出または選定する機能。

b. 締付け工具14に締付けトルク値T1を設定する機能。

c. 巡回数S（STEP）に応じて段階的または連続的に締付け工具14の締付けトルク値T1を変更する機能。この巡回数Sは、ボルト6およびナット8の締付け箇所である位置P1、P2、・・・、Pnを周回する単位数である。

d. 締付けによりボルト6またはナット8に作用する軸力の検出結果を取得して、締付け箇所Pに応じた補正トルク係数k2を算出する機能。

e. 算出した補正トルク係数k2を利用して、補正した締付けトルク値T2を算出または選定する機能。

[0028] 機能aの締付けトルク値T1は、たとえば目標軸力の値を利用して算出した締付けトルク値である。この締付けトルク値T1は、ガスケット12を含む締付け条件により、目標とする軸力Fに到達させるのに必要なレベル値として算出される。締付けトルク値Tの算出では、以下の式が用いられる。

$$T = k F d / n \quad \dots (1)$$

ここで、 d は締付けられるボルト6の外径であり、 n はシール施工部4に設置されるボルト6またはナット8の数である。また、 k は、締付けトルク T と締付け力（軸力 F ）の比例係数を表すトルク係数である。

ボルト6およびナット8の軸力 F は、たとえば図2に示すように、締付け工具14から付加される締付けトルク T に対し、フランジ10-1や10-2とボルト6またはナット8の座面との摩擦力 N_1 、ねじ面の摩擦力 N_2 などの影響を受ける。また、この締付けの軸力 F は、ねじの表面粗さなどの影響を受ける。つまり、締付け箇所により、同じ締付けトルク値 T_1 で締付けてもボルト6およびナット8に作用する軸力 F が異なってくる。このような影響を考慮して設定されるトルク係数 k は、ボルト6やナット8毎の締付け箇所 P に応じて異なる値となる。シール施工開始時の締付けトルク値 T_1 の算出では、たとえば全ての締付け箇所 P に対するトルク係数 k_1 を一定の値として、0.2に設定する。

[0029] 機能bでは、制御手段16から締付け工具14に対する制御情報として、算出したトルク値 T_1 が締付け工具14に設定される。

[0030] 機能cでは、制御手段16は、締付けの巡回数 S に応じて、締付け工具14による締付けトルク値 T_1 を段階的または連続的に変更させて、締付けを行う。これにより、各締付け箇所 P のボルト6またはナット8の軸力を目標軸力 F に到達させていく。

[0031] 機能dでは、制御手段16は、たとえば締付け箇所 P に対応する軸力センサー18-1、18-2、 $\dots$ 、18- n から検出した軸力 F を取得する。検出した軸力 F は、締付けを行ったときに毎回取得してもよく、または所定の巡回数 S の締付けを行ったときに取得してもよい。そして、制御手段16は、たとえば式(1)を利用して、ボルト6またはナット8毎の補正トルク係数 k_2 を算出する。補正トルク係数 k_2 の算出では、設定したトルク値 T_1 と検出した軸力 F を利用する。

[0032] 機能eでは、制御手段16は、補正トルク係数 k_2 と目標軸力とを利用し、式(1)に基づいて補正した締付けトルク値 T_2 を算出し、締付け工具1

4 に設定する。

[0033] <シール施工管理の結果>

図 3 は、締付け工程中の検出軸力の一例を示している。

制御手段 16 は、たとえば締付け箇所 P で検出した軸力を管理するとともに、図示しない表示手段により、締付けを行う作業者や作業管理者に対して管理結果を通知する。

図 3 の A は、たとえばトルク係数を一定の値 $k_1 = 0.2$ に設定して締付けを行った場合の軸力検出結果の一例である。この締付け結果 F_α は、たとえば締付け箇所 [1] ~ [5]、[8] の検出軸力が同等な値となっているのに対し、締付け箇所 [7] における締付け結果 $F_{\alpha 1}$ の値が小さくなり、また締付け箇所 [6] における締付け結果 $F_{\alpha 2}$ の値が他の締付け箇所よりも大きな値となっている。つまり同じ締付けトルク値 T_1 で締付けを行っても、締付け箇所 [7] と [6] の状態に対してトルク係数 k_1 が適当な値でないことが明確である。

また、図 3 の B は、締付け箇所毎に対応した補正トルク係数 k_2 を設定して締付けを行った場合の軸力検出結果の一例である。この締付け結果 F_β では、締付け箇所 [7]、[6] の締付け結果 $F_{\beta 1}$ 、 $F_{\beta 2}$ の値が他の締付け箇所の検出軸力の値と同等になっている。これによりフランジ 10-1、10-2 の全体に作用する軸力のばらつきが抑えられる。

[0034] <シール施工管理処理>

図 4 は、シール施工管理処理例を示している。図 4 に示す処理手順、処理内容は、本発明のシール施工管理方法またはシール施工管理プログラムの一例であり、本発明が斯かる内容に限定されない。

[0035] 制御手段 16 は、シール施工管理処理として、目標軸力または設定軸力と第 1 のトルク係数 k_1 とを利用して、第 1 の締付けトルク値 T_1 の算出または選定を行い (S1)、この第 1 の締付けトルク値 T_1 を締付け工具 14 に設定する (S2)。目標軸力は、締付け完了時にボルト 6 またはナット 8 に作用する軸力 F の目標値である。設定軸力は、巡回数 S に応じてボルト 6 お

よびナット 8 に対する締付けトルク値 T_1 を段階的に変化させる場合に、締付けトルク値 T_1 の算出時に設定される軸力 F の値であり、たとえば巡回数 S に応じて目標軸力の $\times [\%]$ などが設定される。また、締付けトルク値 T_1 は、たとえば予めデータベースなどに記憶された値を選定して設定してもよい。

制御手段 16 は、軸力センサー 18-1、18-2、 $\dots$ 、18- n から軸力の検出結果を取得し (S3)、検出結果を目標軸力または設定軸力と比較する (S4)。この軸力の比較は、締付け箇所毎に行う。そして検出結果が目標軸力または設定軸力と差分がある場合 (S5 の YES)、検出した軸力 F の値を利用して第 2 のトルク係数である補正トルク値 k_2 を算出する (S6)。また、検出結果が目標軸力または設定軸力と差分がない場合 (S5 の NO)、締付け箇所の状態に対応したトルク係数 k_1 が設定されていると判断して、第 1 のトルク係数 k_1 を維持する (S7)。

制御手段 16 は、締付け箇所毎にそれぞれのトルク係数を利用して締付けトルク値 T_1 、 T_2 を算出して締付け工具 14 に設定し (S8)、次の締付け順序に移行する。

[0036] なお、このシール施工管理処理では、検出した軸力と目標軸力または設定軸力とを対比し、その値に差分がある場合にトルク係数の補正を行う場合を示したがこれに限らない。全ての締付け箇所で検出した軸力に基づいて、第 2 のトルク係数 k_2 を算出してもよい。

また、検出した軸力の対比処理では、たとえば目標軸力や設定軸力に限らず、予め設定された所定の閾値と比較してもよい。

[0037] <第 1 の実施の形態の効果>

斯かる構成によれば、次の効果が得られる。

(1) ボルト 6 およびナット 8 の締付けによる検出結果と、締付け工具 14 に設定した締付けトルク値との関係から、締付け箇所毎の状態に応じたトルク係数を割り出すことで、シール施工中に締付けトルク値の補正処理を容易に行うことができる。

(2) トルク係数の割り出しによる締付けトルク値の補正により、目標軸力または設定軸力に対してボルト 6 またはナット 8 に作用する軸力 F のずれが抑えられ、締め直しなどの作業負荷の軽減および作業時間の短縮化が図れる。

[0038] (3) 締付け工程中にトルク係数を割り出して締付けトルク値の修正を行うことで、フランジ 10-1、10-2 およびガスケット 12 の接触面に作用する軸力のばらつきが無くなり、これらの接触面の一部に皺や歪みなどが発生する可能性が低減され、ガスケットの密着性や接続される配管などの密閉性が高められる。

(4) フランジ 10-1、10-2 を固定支持する複数のボルト 6 およびナット 8 間で締付けの軸力のばらつきが抑えられることで、締付けの緩みの発生の可能性を低減でき、フランジ 10-1、10-2 の接続性やガスケット 12 の封止性の信頼性が高められる。

(5) 締付けの結果に基づいて締付け箇所毎の状態を自動で判断し、その状態に合せた締付けトルク値を算出することで、作業者の経験や勘によらずにフランジ 10-1、10-2、ガスケット 12、ボルト 6、ナット 8 の状態に合せたシール施工管理が行える。

[0039] [第 2 の実施の形態]

[0040] 図 5 は、第 2 の実施の形態に係るシール施工管理装置の構成例を示している。図 5 に示す構成は一例であり、本発明が斯かる構成に限定されない。

<シール施工管理装置 30>

このシール施工管理装置 30 は、たとえば図 5 に示すように、締付け工具 14、制御手段 16 および締付け条件設定部 32 を備える。制御手段 16 は、たとえばボルト 6 またはナット 8 のいずれか一方または両方に設置された軸力センサー 18-1、18-2、 $\dots$ 、18- n の検出結果を取り込む取得手段 34 を備える。この取得手段 34 は、たとえば軸力センサー 18-1、18-2、 $\dots$ 、18- n と無線で接続する通信手段や有線で接続する接続インターフェースなどを含むとともに、検出結果の算出処理や表示処

理を可能にする処理機能を有してもよい。

締付け条件設定部 32 は、たとえば制御手段 16 で設定した締付けトルク値 T_1 、 T_2 を締付け工具 14 に設定する機能のほか、たとえば締付け作業において締付け箇所や巡回数を把握し、その指示表示や報知をすることで作業者に対するシール施工管理機能を有する。

この締付け条件設定部 32 は、たとえば制御手段 16 と一体で構成されてもよく、または有線または無線などで接続された別体であってもよい。

また、締付け条件設定部 32 は、たとえば締付けトルク値 T_1 、 T_2 の算出処理機能を備えてもよい。

締付け工具 14 やシール施工部 4 は、第 1 の実施の形態と同様の構成を有していればよく、その説明を省略する。

[0041] <締付け手順および巡回数>

図 6 は、ボルトおよびナットの締付け手順の一例を示している。

ボルト 6 およびナット 8 の締付け作業では、たとえば図 6 の A の矢印 a に示すように、位置 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n を順番に巡回してもよいし、図 6 の B の矢印 b に示すように、位置 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n をフランジ 10-1、10-2 の直径方向に締付け箇所を変更する、いわゆる「対角締め」締付け手順で巡回させて締め付けを行えばよい。つまり、位置 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n を番号順に連続して締付けてもよいし、締付け箇所を所定数だけ規則的にスキップして巡回してもよい。したがって、巡回数 S は、位置 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n を順番に連続した巡回の計数値に限定されず、所定位置をスキップした巡回を単位として計数した計数値でもよい。

この実施の形態のシール施工管理では、たとえば日本工業規格 (JIS) のフランジ継手締付け方法 (JIS B 2251) に準拠した締付け手順を採用している。また、この実施の形態では、たとえばフランジ 10-1、10-2 に設置されるボルト 6 の数が $n=8$ [本] の場合を示している。そこで、この締付け処理では、締め初めから所定の巡回数 (S) になるまでのいわゆる「仮締め」段階では位置 P_1 、 P_2 、 $\dots$ 、 P_n をフランジ 10-

1、10-2の直径方向に締付け箇所を変更する、いわゆる、「対角締め」(図6のB)による締め付けを行う。さらに締付け処理では、「仮締め」の巡回数(S)が完了した後にいわゆる「本締め」の段階として、P2~Pnを順番に巡回して(図6のA)締付けを行う。

なお、「仮締め」や「本締め」の巡回数(STEP)や締付けの手順は、フランジ10-1、10-2に設置するボルト6の本数に応じて異なる値が設定されてもよい。

[0042] <締付け指示情報テーブル40>

図7は、締付け指示情報テーブルの一例を示している。

この締付け指示情報テーブル40は、シール施工管理の処理内容が記憶されたテーブルの一例であり、たとえば制御手段16に記憶される。この締付け指示情報テーブル40には、たとえば巡回数を表す「STEP」毎の「実施内容」の情報や締付けの「手順」の情報などが格納されている。図7に示す締付け指示情報テーブル40の「STEP」は、締付けを行うボルト6の数によって決まり、たとえば巡回数S=10〔回〕、すなわち、8〔本〕のボルト6およびナット8に対して所定の手順で10〔回〕に分けて締付けていく。この締付け指示では、たとえば、STEP3とSTEP7においてトルク係数を算出して、締付け箇所の状態に応じたトルク係数の補正を行う。

「実施内容」の情報には、たとえば締付けトルク値やトルク係数の値が記憶されるほか、検出された軸力の取込み指示およびトルク係数の算出指示などが含まれる。

「手順」の情報には、ボルト6およびナット8を締付ける手法が格納されている。

[0043] <軸力の検出結果>

図8は、軸力の検出結果の一例を示している。

制御手段16には、軸力センサー18-1、18-2、・・・、18-nから取得した各締付け箇所の軸力Fの値を含む情報テーブルを備える。図8に示す情報テーブルは、たとえばトルク係数kの補正値を算出する巡回数(

S)における軸力の検出および締付けトルク値やトルク係数の算出結果であり、締付け工具14に設定した締付けトルク値 T_1 、ボルト6またはナット8に作用させる設定軸力 F_x 、検出軸力 F 、補正前のトルク係数 k_1 、補正トルク係数 k_2 、補正トルク値 T' などが記憶される。

締付けトルク値 T_1 は、この巡回数で設定される設定軸力 F_x 、トルク係数 k_1 を利用し、既述の式(1)に基づいて算出された値である。制御手段16は、たとえばシール施工管理処理として、設定軸力 F_x と、締付けトルク値 T_1 で締付けられたときの軸力 F とを比較して、これらの値が一致もしくは設定軸力 F_x に対して所定の範囲にない場合には、補正トルク係数 k_2 を算出する。

そして、制御手段16は、軸力の比較結果に対し、次の巡回数において締付け工具14に設定する補正トルク値 T' を設定する。

なお、情報テーブルは、たとえば締付け巡回数毎に作成されてもよく、またはトルク係数の補正を行う巡回数(S)のときにのみ作成されてもよい。

[0044] <トルク係数の算出結果>

図9は、トルク係数の算出結果の一例を示している。

制御手段16は、たとえば図9に示すように、トルク係数の算出処理を契機に締付け箇所に関連付けたトルク係数表示画面を生成する。このトルク係数表示画面は、たとえば図示しない制御手段16の表示部に表示してもよく、または通信または外部メモリなどを利用して、管理者用の端末装置に表示してもよい。

斯かるトルク係数表示画面を生成することで、作業員や作業管理者が締付け箇所毎のトルク係数のばらつき状態を容易に把握することができる。

[0045] <シール施工管理処理>

図10は、シール施工管理処理例を示している。図10に示す処理手順、処理内容は、本発明のシール施工管理方法またはシール施工管理プログラムの一例であり、本発明が斯かる内容に限定されない。

シール施工管理処理では、制御手段16の初期設定を行い(S11)、締

付け工具 14 の設定を行う (S 12)。これら設定ステップでは、設定されたトルク係数 k_1 や設定軸力 F_x によって巡回数毎の締付けトルク値 T_1 の算出や締付け条件設定部 32 を通じて締付け工具 14 への入力処理などを含む。

制御手段 16 は、各軸力センサー 18-1、18-2、 $\dots$ 、18-n が検出した軸力の検出結果 F を取得し (S 13)、締付け箇所 P および巡回数 (S) を確認する (S 14)。確認処理では、たとえば締付け箇所 $P_1 \sim P_8$ の 8 箇所にある 8 本のボルト 6 の番号と検出軸力の変化で各締付け箇所 P を特定する。巡回数 (S) は、たとえば 8 箇所のボルト 6 の締付けを単位とし、同一のボルト 6 の締付けが一巡する回数で特定される。

[0046] 制御手段 16 は、巡回数 (S) がトルク係数の算出ステップになったかを判断し (S 15)、算出ステップの場合 (S 15 の YES)、検出軸力 F と設定軸力 F_x との対比、およびボルト 6 毎の補正トルク係数 k_2 の算出を行う (S 16)。また、制御手段 16 は、算出した補正トルク係数 k_2 をボルト 6 毎に関連づけて (S 17)、次回の締付けトルク値 T の算出において、関連付けたボルト係数 k_2 を利用する。

制御手段 16 は、巡回数 (S) がトルク係数の算出ステップでないと判断した場合 (S 15 の NO)、S 12 に戻り、巡回数 (S) をカウントアップして巡回数 (S) に応じた軸力 F または締付けトルク値を設定して締付け処理を行う。

[0047] <第 2 の実施の形態の効果>

斯かる構成によれば、次の効果が得られる。

(1) 巡回数 (S) に応じた締付けトルク値を設定し、検出した軸力 F によって締付け状態を監視し、締付けトルク値を補正することで、締付け箇所毎の締付け状態のばらつきを防止できる。

(2) 巡回数 (S) や締付け箇所に応じて連続的または段階的に変更する締付けトルクに対し、トルク係数 k を補正することでボルト 6 の軸力 F を目標軸力 F_x に合せることが可能となり、信頼性のあるシール施工を実現できる

。

(3) 締付け箇所の巡回はボルト番号順だけでなくボルト番号をスキップした種々の形態での締付けを行うことができ、いずれの締付け巡回を用いても適正なシール施工を迅速に行うことができる。

[0048] 〔第3の実施の形態〕

[0049] 図11は、第3の実施の形態に係るシール施工管理システムの構成例を示している。図11に示す構成は一例であり、本発明が斯かる構成に限定されない。図11において、図1および図5と同一の構成には、同一符号を付している。

このシール施工管理システム50は、締付け工具14、コントローラー52、サーバー54を有する。締付け工具14は既述した構成と同様であるので、その説明を割愛する。

コントローラー52は、締付け工具14とケーブル55を以て接続されている。またコントローラー52と締付け工具14はたとえばWi-Fiや赤外線通信などで接続されてもよい。コントローラー52は、たとえば締付け工具14に対して締付けトルク値Tなどを設定するとともに、締付け状態を管理する制御手段や締付け条件設定部の機能を備えたコンピュータであり、単独またはサーバー54と連係して動作する。このコントローラー52には、たとえば前面パネル部56に複数の入力操作部58や表示部60を有する。

。

[0050] このコントローラー52は、コンピュータ処理により、以下のような機能や効果を実現する。

- a. 締付け箇所の巡回数(S)または締付け箇所Pに応じてボルト6またはナット8に付与するトルク値Tを算出または選定
- b. 締付け工具14にトルク値Tの設定
- c. 巡回数(S)または締付け箇所Pに応じて段階的または連続的に締付け工具14の出力トルクTの変更
- d. サーバー54から締付け管理情報の取得

- e. フランジ 10-1、10-2 のフランジ情報の取得
- f. ガスケット 12 のガスケット情報の取得
- g. ガスケット情報の照合
- h. 締付け条件情報から締付け条件の選定、締付け工具 14 への入力
- i. 軸力センサー 18-1、18-2、・・・、18-n から締付け結果の取得
- j. 締付け結果情報の提示
- k. 締付け結果に基づいてトルク係数および締付けトルク値の補正
- l. 締付け結果の評価情報の提示

[0051] このコントローラ 52 は破線で示す通信媒体 62 として有線または無線でサーバー 54 と連絡する。サーバー 54 は、コントローラ 52 の情報処理を支援し、またはその情報処理を管理するコンピュータであり、たとえば、パーソナルコンピュータを用いればよい。このサーバー 54 は、たとえば処理部 64、入力操作部 66 およびモニター 68 を有する。

[0052] <締付け工具 14>

図 12 の A は、締付け工具 14 の構成例を示している。

この締付け工具 14 は、たとえば制御部 70、モーター 72、トルクセンサー 74 を有する。

制御部 70 にはコンピュータおよびモーター駆動部が備えられ、コントローラ 52 から締付けトルク値 T_1 、 T_2 などの制御情報が提供される。モーター 72 は、締付けトルク値 T_1 、 T_2 などの制御情報に応じて駆動し、トリガースイッチ 26 の導通時、駆動電流がモーター 72 に供給される。モーター 72 の回転が回転軸 76 に取り付けられたソケット 24 に伝達され、このソケット 24 に嵌合させたナット 8 に締付けトルク値 T が加えられる。回転軸 76 にギア機構を備え、モーター 72 の回転力を所望のギア比でソケット 24 に伝達させてよい。

トルクセンサー 74 は、モーター 72 または回転軸 76 から締付けトルク値 T を検出し、その検出したトルク値が制御部 70 に取り込まれる。このト

ルクセンサー 74 は、ボルト 6 およびナット 8 の締付けトルクを検出すればよく、締付け工具 14 の外部に有しても良い。

[0053] 図 12 の B は、軸力センサー 18 を備えたボルト 6 の一例を示している。各ボルト 6 に軸力センサー 18 を備え、各ボルト 6 に加えられる軸力 F を検出すれば、締付け工具 14 の締付けトルク値、その増加または減少を測定することができる。軸力センサー 18 は、たとえば、歪みセンサーを用いればよい。

[0054] <コントローラー 52>

図 13 の A は、コントローラー 52 の構成例を示している。

コントローラー 52 は、締付け工具 14 の制御手段であるとともに、シール締付けのシール施工管理装置の一例である。

このコントローラー 52 は、たとえばコンピュータで構成されており、プロセッサ 80、記憶部 82、入出力部 (I/O) 84、入力操作部 58、通信部 86 および表示部 60 を有する。

プロセッサ 80 は処理手段の一例であって、記憶部 82 にある OS (Operating System) やシール施工管理プログラムなどの情報処理を行う。この情報処理には、サーバー 54 から締付け条件情報の取得、締付け工具 14 への締付けトルク値 T を含む締付け条件の入力、締付け工具 14 から締付けトルク値の検出結果の取得、締付け状態の監視および評価、評価結果の表示、締付け結果情報の出力などの制御が含まれる。

記憶部 82 は OS、シール施工管理プログラム、締付け条件情報、検出情報などの記憶に用いられ、ROM (Read Only Memory) および RAM (Random Access Memory) が備えられる。この記憶部 82 には記憶内容を保持可能な記憶素子を用いればよい。

[0055] I/O 84 はプロセッサ 80 により制御されて制御情報の入出力に用いられる。この I/O 84 には外部機器としてたとえば、バーコードリーダー 88 や着脱可能な外部メモリ 90 が接続されてもよい。バーコードリーダー 88 は情報取得部の一例である。外部メモリ 90 はログ情報の取出しメモリで

あり、たとえば、USB (Universal Serial Bus) メモリを用いればよい。

入力操作部 58 はキースイッチやタッチセンサーなどを備え、入力情報の入力契機、出力情報の取出し契機、モード切替えなどに用いられる。

通信部 86 はプロセッサ 80 により制御され、サーバー 54 などの外部機器との無線接続やインターネット接続に用いられる。

表示部 60 は、プロセッサ 80 により制御され、入力情報や出力情報の提示手段の一例である。この表示部 60 には状態情報の表示手段としてたとえば、グリーンランプ 92-1、レッドランプ 92-2などを備えてもよく、正常時にグリーンランプ 92-1を点灯させ、異常時にレッドランプ 92-2を点灯させればよい。

[0056] 図 13 の B は、記憶部 82 の記憶内容の一例を示している。

この記憶部 82 には一時記憶領域 94-1、記憶領域 94-2を有する。一時記憶領域 94-1には、たとえば施工対象であるフランジ情報 100、ガスケット情報 102、作業者情報 104、締付け工具 14から取得した締付け結果情報 106などが一時的に格納される。

記憶領域 94-2には、たとえば締付け指示情報テーブル 40などのデータベースが構築される。

[0057] <サーバー 54>

図 14 は、サーバー 54 の構成例を示している。

サーバー 54 は、コントローラー 52 の支援装置であるとともに、ログ情報の提示手段の一例である。サーバー 54 には、たとえば処理部 110として、プロセッサ 112、記憶部 114、入出力部 (I/O) 116、通信部 118を備えており、既述の入力操作部 66およびモニター 68が接続される。

プロセッサ 112は、記憶部 114にあるOSやシール施工管理プログラムなどの情報処理を行う。この情報処理には、コントローラー 52に対して締付け条件情報の提供、コントローラー 52から締付け結果を表す情報の取得、その締付け結果情報の提示などの処理が含まれる。

[0058] 記憶部 114 は OS、シール施工管理プログラム、締付け条件情報、ログ情報などの記憶に用いられ、ROM および RAM を有する。この記憶部 114 には記憶内容を保持可能なハードディスクや半導体メモリなどの記憶装置を用いればよい。

I/O 116 はプロセッサ 112 により制御されて制御情報の入出力に用いられる。この I/O 116 には外部機器としてたとえば、外部メモリ 122 が接続される。通信部 118 はたとえば、無線によるコントローラ 52 などとの接続に用いられる。

通信部 118 はプロセッサ 112 により制御されており、サーバー 54 と締付け工具 14、コントローラ 52 などの外部機器との無線接続や、インターネット接続に用いられる。

入力操作部 66 は入力情報の入力操作に用いられるほか、入力操作により出力情報の取出し契機、モード切替え操作などに用いられる。

モニター 68 は情報提示部、表示部の一例であり、たとえば、締付け指示情報テーブル 40 や締付け結果などの表示に用いられる。このモニター 68 の画面表示部にはタッチパネル 120 を備え、入力操作部 66 に代え、表示情報に対応した入力情報を行うようにしてもよい。

[0059] <締付け結果>

図 15 は、締付け結果の一例を示している。

コントローラ 52 の表示部 60 やサーバー 54 のモニター 68 には、たとえば図 15 の A に示すように、シール施工部 4 の締付け箇所 P1、P2、…、Pn を模した締付け結果の画面が表示される。この締付け結果の画面は、コントローラ 52 やサーバー 54 のいずれかまたは両方が軸力センサー 18-1、18-2、…、18-n から取得した検出結果（図 15 の B）の情報、および締付け工具 14 による締付け箇所や巡回数（S）の情報などが組み合わせて生成されている。

締付け結果の画面には、たとえばそれぞれの締付け箇所に対し、締付けの目標軸力と巡回数（S）毎の締付け力が表示されている。つまりこの締付け

結果の画面には、締付け箇所同士の軸力のばらつきとともに、巡回数（S）毎の締付け力の推移が表される。

また、コントローラー52の一時記憶部94-1やサーバー54の記憶部114には、たとえば図15のBに示すように、検出結果としてSTEP毎、すなわち巡回数（S）毎のボルト6の軸力Fを含む検出データが格納される。

この検出結果は、たとえばSTEP1～6までの締付け結果を示しており、さらに締付けの工程が進むことで検出データが増加していく。また、このシール施工管理では、たとえば第2の実施の形態と同様に、STEP3の検出結果に基づいてトルク係数の補正処理を実行する。そして、このトルク係数の補正後に、締付けの巡回数（S）が進むとSTEP6の段階における各ボルトの軸力の検出結果がほぼ同等な値となる。これによりフランジ10-1、10-2面に対してばらつきのない軸力によるシール施工が行われていることが示されている。

[0060] <シール施工管理の処理シーケンス>

図16は、シール施工管理システム50によるシール施工管理の処理シーケンスを示している。

シール施工処理では、締付け工具14が初期設定を行うとともに（S31）、コントローラー52が初期設定を行う（S32）。この初期設定の後、コントローラー52とサーバー54を関係させ、コントローラー52は、サーバー54から提供されるトルク係数k1などを含む締付け条件情報を取り込む（S33）。コントローラー52は、締付け指示情報テーブル40の取得により締付け条件情報を取込む。

この締付け条件情報を取得したコントローラー52は、予め選定されているフランジ10-1、10-2およびガスケット12に対応する締付け条件を選定する（S34）。また、コントローラー52は、巡回数Sや締付け位置Pの設定（S35）や、トルク係数k1や設定軸力F_xを利用した締付けトルク値T1の算出（S36）を行う。予め締付けトルク値T1の候補が格

納されている場合には、この格納された締付けトルク値 T_1 の 1 つを選定すればよい。

締付けの準備処理を経て、コントローラ 52 は、締付け工具 14 に対して締付けトルク値 T_1 を設定する (S37)。

[0061] そして、施工者が締付け工具 14 により、締付け箇所 P のボルト 6 またはナット 8 に締付けトルクを付与し、締付けを行う (S38)。各軸力センサー 18-1、18-2、・・・、18-n は各締付け箇所 P のボルト 6 の軸力の検出を行い (S39)、それらの検出軸力 F がコントローラ 52 に取り込まれる (S40)。

[0062] コントローラ 52 は、各検出軸力を用いて締付け箇所 P の巡回数 S または締付け箇所 P の情報から締付け作業が完了したかを判断する (S41)。つまり、コントローラ 52 は、たとえば、締付け箇所 $P=8$ の場合、8 本のボルト 6 の番号と軸力の変化から締付け箇所 $P_1 \sim P_8$ のいずれであるかを特定する。コントローラ 52 は、締付け箇所 $P_1 \sim P_8$ から選択される複数のボルト 6 の締付けを単位とし、選択されたボルトを一巡する回数を巡回数 $S=1$ とする。そして、巡回数 S は、 $S=0$ ないし n を特定することができることは既述した通りである。

[0063] コントローラ 52 は、締付け作業が完了していないと判断した場合 (S41 の NO)、トルク係数 k の算出ステップ (巡回数) かを判断する (S42)。算出ステップである場合 (S42 の YES)、コントローラ 52 は検出軸力と設定軸力が相違するかを判断する (S43)。

トルク係数 k の算出ステップでない場合 (S42 の NO)、検出軸力と設定軸力に相違が無い場合 (S43 の NO)、S35 に戻って締付け作業を継続する。

このとき、コントローラ 52 では、たとえば巡回数 (S) をカウントアップして、次の巡回数に対応した締付けトルク値 T を算出する。これにより締付け箇所 P や巡回数 S に応じて出力トルク T を段階的または連続的に変更、設定する。

[0064] コントローラー 52 は、検出軸力と設定軸力が相違すると判断した場合（S43のYES）、締付けトルク値の補正処理として、軸力の検出結果を利用した補正トルク係数 k_2 を算出する（S44）。そして、コントローラー 52 は、補正トルク係数 k_2 を含む新たな締付け条件を設定し（S45）、S35に戻って締付け処理を継続する。

[0065] コントローラー 52 は、巡回数 S のカウント値に基づいて締付け完了と判断した場合（S41のYES）、締付け終了となり（S46）、締付け工具 14 に締付け完了指示を入力して締付けを完了する。この締付け完了は、たとえばモニター 68 を用いて提示すればよい。コントローラー 52 は締付け結果情報をサーバー 54 に通知する。そしてサーバー 54 には、締付け結果情報の表示が行われる（S47）。

[0066] なお、コントローラー 52 は、締付け完了か否かの判断として巡回数（ S ）のカウント数を判断したがこれに限らない。コントローラー 52 は、たとえば軸力センサー 18-1、18-2、・・・、18- n から取得した検出結果に対し、軸力のばらつきや目標軸力に達していないもしくは所定の範囲内ないと判断した場合には、さらに増し締め処理を繰り返してもよい。

[0067] <第3の実施の形態の効果>

斯かる構成によれば、次の効果が得られる。

(1) トルク係数 k や締付けトルク値 T などの締付け条件が自動的に選択されるので、作業者に締付け条件の管理を強いる必要がなく、締付け条件設定から作業者の負担を軽減できる。作業者の経験や勘に頼る締付け条件の設定を回避して設定ミスや締付けミスを防止できる。

(2) この締付け条件をサーバー 54 から個別的具体的にコントローラー 52 に提供できるので、精緻な締付け結果を実現できる。軸力の検出結果に基づいてトルク係数 k の補正や締付けトルク値の設定などの精度の高いシール施工管理を行うことができる。

(3) 締付け管理が可能な締付け工具と、コンピュータを用いた情報処理によりシール施工の自動化、高精度化、簡略化、高効率化を実現でき、作業者

の経験や勘に依存しない信頼性の高いシール施工ができる。

[0068] 〔第４の実施の形態〕

[0069] 図１７は、第４の実施の形態に係るシール施工管理装置の一例を示している。

このシール施工管理装置１３０は、締付け工具１３２と制御手段１３４を有する。締付け工具１３２は、たとえばトルクレンチやハンドナットランナーなどであり、設定した締付けトルク値を生成するギアユニット１３６を備える。

このギアユニット１３６には、たとえばナット８に結合するソケット１３８が設置される。また、ギアユニット１３６は、ボルト６やナット８の識別情報および締付け箇所情報を取得する情報取得ユニット１４０を有する。この情報取得ユニット１４０は、たとえば受信アンテナ、受信部、信号変換部、送信部および送信アンテナなどで構成される。そして情報取得ユニット１４０は、ボルト６やナット８などに設置された図示しないタグ情報を受信し、このタグ情報からＩＤ（Identification）などの識別情報を取得する。そしてこの識別情報を信号変換部で送信信号に変換し、送信部を通じて制御手段１３４側に送信する。この送信信号の送信には、たとえば近距離無線通信が利用される。

[0070] 制御手段１３４は、たとえば通信部１４２、処理部１４４、記憶部１４６、情報提示部１４８を有する。

通信部１４２は、締付け工具１３２に設置された情報取得ユニット１４０と通信し、ボルト６やナット８の識別情報を受信する。

処理部１４４は、通信部１４２を通じて情報取得ユニット１４０との間で識別情報などの送受信を行うほか、締付けトルク値の設定処理、トルク係数の算出処理などを行う。

記憶部１４６は、たとえばボルト６やナット８の識別情報、締付け位置情報が格納されるほか、締付け手順や締付けトルク値の算出情報、トルク係数の算出情報のほか、図示しない締付け箇所毎に設置された軸力センサー１８

－ 1、18－2、・・・18－n（図1）から受信した軸力情報などを格納する。

情報提示部148は、締付け工具132に設定する締付けトルク値情報やトルク係数情報、補正したトルク係数情報、検出した軸力情報などを表示するほか、締付け工程において、締付け位置の指示情報などを表示する手段の一例である。

[0071] 締付け工程における軸力の検出処理、トルク係数の算出処理、締付けトルク値の補正処理については、既述の実施の形態で示した通りであり、説明を省略する。

[0072] <第4の実施の形態の効果>

斯かる構成によれば、次のような効果が期待できる。

(1) 締付け箇所毎に対応した締付けトルク値での締付けが行えるとともに、ボルト6やナット8の識別情報を利用して、締付け箇所の管理が容易に行える。

(2) ボルト6やナット8の識別情報による締付け箇所の管理により、作業手順などのミスが発生した場合でも、情報提示部148を通じてガイド表示を行うことで作業者を適切な作業に誘導することができるので、シール施工管理の信頼性を高めることができる。

〔比較例〕

[0073] 図18は、フランジのシール施工処理の比較例を示している。

図18に示すシール施工管理処理では、たとえば上記第2の実施の形態および第3の実施の形態と同様に、フランジ10－1、10－2に対して8本のボルト6とナット8を締付ける処理を行っている。この締付け処理は、締付け工具14に設定する締付けトルク値Tの算出処理において、予め設定されたトルク係数kとして、0.2の値を維持した場合である。そして、締付けトルク値Tは、巡回数に応じて、段階的に増加させている。

この締付け処理の結果は、図18のAに示すように、締付け位置P6の軸力が他の締付け位置よりも常に大きな軸力Fが作用していることが分る。そ

して巡回数であるSTEP 6において、締付け位置P 6のみが目標軸力に達したのに対し、他の締付け箇所は目標軸力に達していない。

軸力センサー18-1、18-2、・・・18-8で検出した軸力は、図18のBに示すように、STEP 6の段階で、各ボルト6間で大きくばらつく結果となった。これらの軸力値を比較すると、ばらつきの最大値は約28 [%] となり、平均で14 [%] もの値となった。このようなばらつきが生じた場合、フランジ10-1、10-2間には均等に力が作用していないことから、一部の締付け位置のみが作用するいわゆる片締めが発生したり、他のボルト6およびナット8に緩みが生じるおそれがある。そのため、締付け処理では、たとえば全てのボルト6の軸力を監視しつつ、締め直しや締め増しを行うことになる。フランジ10-1、10-2に対するボルト6およびナット8の締付けでは、発明の課題で述べたように、弾性相互作用の影響で、他のボルトの締付けに緩みが生じるなどの影響を受けるため、締付け後の軸力調整は作業負荷の増大を招くこととなる。

[0074] これに対し、本発明のように、締付け工程中に締付け箇所に対応したトルク係数の補正処理を行うことで、ボルト6間の締付け状態のばらつきによる影響が発生せず、またはその影響が抑えられるので、効率的かつ作業負荷の少なくなるとともに、締付け状態が安定したシール施工管理を行うことが可能となる。

[0075] 〔他の実施の形態〕

[0076] (1) 上記実施の形態では、締付け工具14として、プロセッサなどを備えたハンドナットランナーを用いる場合を示したがこれに限らない。締付け工具14は、たとえば手動で締付けトルクを設定可能なトルクレンチを用いてもよい。また、締付け工具14は、大型の組立て装置であり、かつボルトの締付けを行う締付けアームを有し、製品に対する締付け箇所の把握や締付けによる軸力を検出可能なものであればよい。

[0077] (2) 上記実施の形態では、締付け箇所に作用する軸力を検出する手段として、ボルト自体に軸力センサーが設置されたものを示したがこれに限らない

。シール施工管理処理では、たとえば締付けたボルト 6 に対して超音波センサーなどの検出機器を利用して軸力を検出し、この検出結果を利用してトルク係数を算出してもよい。

[0078] (3) コントローラー 5 2 は、たとえばスマートフォンなどの携帯情報端末を用いてもよい。

[0079] (4) 上記実施の形態では、ひとつの締付け工具 1 4 にコントローラー 5 2 およびサーバー 5 4 を連係した例を示したが、これに限らない。複数の締付け工具 1 4 にコントローラー 5 2 およびサーバー 5 4 を連係してもよく、複数のコントローラー 5 2 に単一のサーバー 5 4 を備えてもよい。

[0080] 以上説明したように、本発明の最も好ましい実施の形態や実施例について説明した。本発明は上記記載に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載され、または発明を実施するための形態または実施例に開示された発明の要旨に基づき、当業者において様々な変形や変更が可能である。斯かる変形や変更が、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明のシール施工管理方法、シール施工管理装置、シール施工管理プログラム、シール施工管理システムは、締付け管理が可能な締付け工具を用いてコンピュータを用いた情報処理により、締付け工程で検出した軸力を利用してトルク係数の補正処理を行うことで、締付け箇所の状態に応じた締付けトルク値が設定でき、フランジに対する締付け状態の安定化および必要な軸力での締付け処理が行え、有益である。

符号の説明

[0082] 2、30、130 シール施工管理装置
4 シール施工部
6 ボルト
8 ナット
10-1、10-2 フランジ
12 ガスケット

- 14、132 締付け工具
- 16、134 制御手段
- 18、18-1、18-2、・・・、18-n 軸力センサー
- 20 装置本体
- 22 グリップ
- 24 ソケット
- 26 トリガースイッチ
- 32 締付け条件設定部
- 34 取得手段
- 40 締付け指示情報テーブル
- 50 シール施工管理システム
- 52 コントローラー
- 54 サーバー
- 55 ケーブル
- 56 前面パネル部
- 58 入力操作部
- 60 表示部
- 62 通信媒体
- 64、110 処理部
- 66 入力操作部
- 68 モニター
- 70 制御部
- 72 モーター
- 74 トルクセンサー
- 76 回転軸
- 80、112 プロセッサ
- 82、114 記憶部
- 84、116 入出力部（I/O）

86、118 通信部
88 バーコードリーダー
90 外部メモリ
92-1 グリーンランプ
92-2 レッドランプ
94-1 一時記憶領域
94-2 記憶領域
100 フランジ情報
102 ガスケット情報
104 作業者情報
106 締付け結果情報
120 タッチパネル
122 外部メモリ
136 ギアユニット
138 ソケット
140 情報取得ユニット
142 通信部
144 処理部
146 記憶部
148 情報提示部