

- (5) ガasketをフランジに使用する場合は、偏心しないように中央に正しく装着する。
※ガasketの芯ズレでガasketが内側にはみだすと、流体の流れる力で容易に損傷し、流体への異物混入や、ガasket破損による漏洩を起こすことがある。
- (6) ガasketをフランジに固定するためにテープを使用しないこと。
※非石綿ジョイントシートガasketは、テープを剥がした跡に表層剥離がおきやすい。
※テープの取外しを忘れると漏洩する場合がある。
※フランジにガasketを固定する必要がある場合は、スプレー糊等を使用して固定する。

3.2 ボルトの締付方法

ガasket締付時、締付不足や締付過ぎにならないように、適切な締付荷重を負荷する。なお、締付方法は一般的な手締めのほか、締付荷重を定量的に管理する方法があり、非石綿ガasketは締付過ぎによる圧壊が起きやすいため、定量的な締付方法を推奨する。

3.2.1 定量的な締付管理方法

(1) トルク管理

ボルトの締付トルクを管理することにより、ガasketの締付面圧を適正に管理する方法で、手動式トルクレンチやパワーレンチなどが用いられる。

(2) 軸力管理

ボルトの締付力を管理することにより、ガasketの締付面圧を適正に管理する方法で、ボルトの締付力は、ボルト締付に伴うボルトの伸びからボルト軸力を算出する方法、ボルト軸力を直接測定する方法などがあり、ボルトテンショナーや超音波軸力計などが用いられる。

(3) ガasket圧縮量管理

各種ガasketの締付に必要な荷重に対する圧縮量を基に管理する方法で、ガasketの流体別推奨締付面圧に対する圧縮率を基に、厚さを測定しながら締付ける。

$$\text{圧縮率} = \frac{(\text{締付前のガasket初期厚さ}) - (\text{締付後のガasket厚さ})}{(\text{締付前のガasket初期厚さ})} \times 100 (\%)$$

3.3 ボルト荷重と締付トルク

ボルトの締付トルクは、次に示すガasketの締付けに必要な荷重(Wm1、Wm2、Wm3)のうち最大のものを採用し算出する(求め方は別紙-1参照)。

(1) JIS B 8265 (圧力容器の構造) などによる計算式

Wm1：使用状態で必要な最小のボルト荷重

Wm2：ガスケット締付に必要な最小のボルト荷重

主に、一般流体（液体など）の締付けに用いられる。

(2) 締付面圧とガスケット面積による計算式

Wm3：シールに必要な最小締付荷重

- ・ ガス系などの漏れやすい流体のシールは、**Wm1**、**Wm2** の計算式に基づく締付力では浸透漏洩する恐れがあり、**Wm1**、**Wm2** に加えて **Wm3** が用いられる。なお、ボルト及びフランジ強度の確認が必要である。

3.4 ボルトの締付け

ここでは一般的な手締め（トルク管理、ガスケット圧縮量管理を含む）について説明する。なお、初めて扱うガスケットの場合、ボルト本数の異なるいくつかの径のフランジで練習のための締付けを行うことを推奨する。

フランジの締付けは必ず指定された工具を用い、指定された締付力で締付ける。また、片締めは、締付面圧の部分的な極端な過不足を引き起こし、漏洩やガスケットの破損原因となるので避けなければならない。

(1) 作業に必要なツールを準備する。

- ・使用するツールの例

締付工具：スパナ、コンビネーションスパナ、めがねレンチ、ソケットレンチ、トルクレンチ*など。

※トルクレンチは定期的に校正されたものを使用することを推奨する。

測定器具：ノギス、すきまゲージ、テーパーゲージ等

潤滑剤：錆付き防止剤、焼付き防止剤 等

(2) ボルトなどに潤滑剤（錆付き・焼付き防止剤）を塗布する

(図 3.2)。

- ① ボルトのネジ部
- ② ボルト及びナットとフランジの接触面
- ③ ワッシャーを使用する場合は、ボルト、ナット、フランジとの接触面

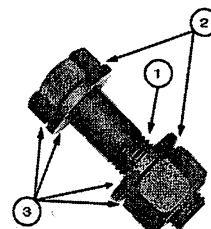


図 3.2 潤滑剤を塗布

(3) ガスケット圧縮量管理を行う場合は、下記事項を実施しておく。 する箇所

- ① ガスケットの厚さを計測しておく。
- ② フランジにボルトを 2 本（奇数の場合 3 本）取付け、フランジが密着するまで軽く締付ける。
- ③ フランジの面間を 4 箇所（0°、90°、180°、270°）測定し、測定箇所をマーキングしておく

- ④ 測定後、ガスケットを挿入できるようにボルトを緩める。
- (4) ガスケットを挿入できる本数を除きフランジにボルトを取付ける。
- (5) ガスケットを挿入した後、フランジ間の芯ズレがないか確認する。
 ※芯ズレがある場合はシノ等を用いて修正する。
 ※フランジ面間が狭くガスケットが接触している場合は、ガスケットの損傷を避けるため治具等で広げてから修正する。
- (6) ガスケットがずれない程度にボルトを軽く締め、残りのボルトを取付ける。
- (7) シート面の隙間がなくなるまで締付け、面の平行が出ていることを確認する。
- ・注意点
- ① 芯ズレや面の平行が出ていない場合はそのまま修正せず、ボルトを緩めてからやり直す。
- ② ガスケットにペーストを塗布している場合は滑りやすいので、ズレがないか確認する。
- (8) ボルトの締付けは、締付力が均等になるよう対角方向に交互に行うことを基本とする。フランジボルト本数が8本以下の締付けの順序の一例を、図3.3に示す。フランジボルトが12本以上の締付け方法について、図3.4に示す同一方向の周回方法が日本高圧力技術協会（HPI）より提案されている。概要は別紙-2を参考とされたい。

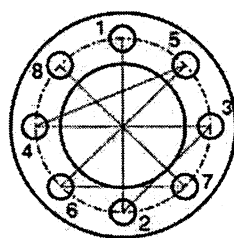


図 3.3

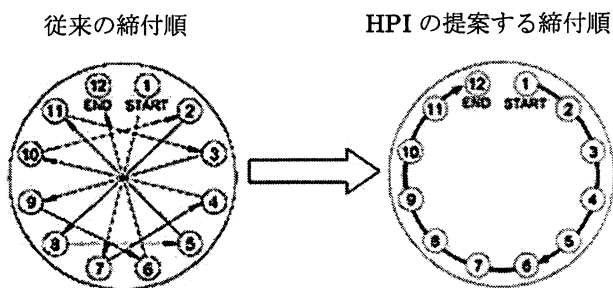
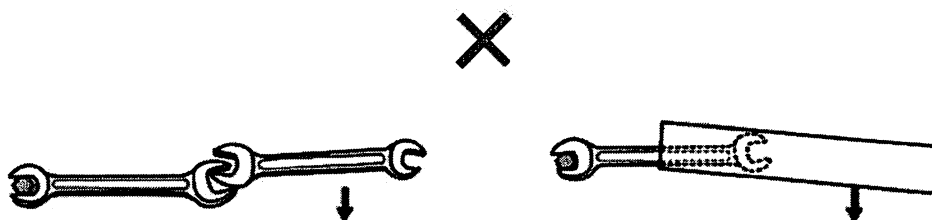


図 3.4

- (9) 図3.5のように、スパナの柄にパイプなどを取付けて締付けることは、締付荷重が過大になるため避けること（別紙-1 2.締付トルクの求め方 2.2 一般的な手締めの場合 参照）。



悪い使用例

図 3.5 スパナの使用

- (10) 締付けは、片締めを防止するため3～5回に分けて徐々に強く締付けを行う。
- ・初回の締付けは、所要ボルト荷重の25%～30%程度を目安とする。
 - ・必要に応じフランジ面間を計測しながら締付けを行う。
※ガスケット圧縮量管理の場合は必須事項
 - ・トルク管理の場合は目標とする値まで締付ける。但し、ガスケットペーストの塗布（あり、なし）で締付面圧が異なるため注意が必要である。
 - ・膨張黒鉛系のガスケットは厳密にトルク管理を行って締付けないと破壊する危険性があり注意を要する。
 - ・うず巻き形ガスケットはメーカーのカタログに標準締付厚さが提示されているので参照されたい。但し、小口径の場合は締付力が大きくなりボルトの許容応力を超える場合があるので、指定された締付力と比較しメーカーと相談することを推奨する。
- (11) 所定の締付力（トルク）に達した後、同等の締付力（トルク）で1～2周し、均等に締付けられていることを確認する。
- (12) 締付後、ナットからボルトが2～3山出ていることを確認する。
- (13) ボルト締付後は、テストハンマー等で締め具合を確認する。

4. 増締め

増締めは、締付トルクを増すことではなく、ボルトの軸力低下によりゆるんだトルクを締め直すことである。軸力の低下原因として、①ガスケットのリラクゼーション*によるボルトの軸力低下②温度上昇や温度降下に伴って発生するボルトの軸力低下がある。前者は初期締付けから十分な時間が経過した後に、後者は温度が十分に安定してから段階ごとに実施し、ボルトの締付けは、締付力が均等になる締付方法で行う。また、漏洩による増締めを行っても漏洩が止まらない場合は、原因を調査するとともに、ガスケットは再使用せず新品のガスケットに取り替えることを推奨する。

※リラクゼーション：高温時のボルト抗張力低下に伴う締付力の弛緩をいう。

4.1 ホットボルティング

高温流体部分のフランジ継手は常温では漏洩がなくても、フランジ、ボルト又はガスケットの熱膨張差により昇温時に漏洩を生じる可能性があるため、ホットボルティングを行うことが望ましい。

- (1) ホットボルティングの実施温度
流体温度が200～250℃以上のフランジ継手。
- (2) ホットボルティングの実施時期

昇温途中で1回及び昇温後1回を推奨、場合によっては、昇温後1回でも可。

(3) ホットボルティングによる締付けの確認方法

ハンマリングによる確認が多いが、その他では次の方法でもよい

- ① スキマゲージによる確認
- ② 軸力管理
- ③ ナット回転角による確認
- ④ トルク管理

4.2 コールドボルティング

高温流体部分で使用するフランジ継手は、降温時にフランジ、ボルト又はガスケットの熱収縮差により、漏洩を生じる可能性があり、これらのフランジ継手に関するコールドボルティングの必要性が提起されている。過去に漏れが顕在化したフランジ、懸念されるフランジについてはコールドボルティングが推奨される。

4.3 増締め時におけるガスケット種類別の注意点

(1) 非石綿ジョイントシートガスケット

- ・使用直後の増締めは有効、長期の熱負荷によって硬化する場合があります、硬化した状態での増締めは、破損等を起こすことがあり注意を要する。

(2) PTFE シートガスケット

- ・コールドフローを起こしやすく定期的な増締めを考慮する必要がある、熱可塑性なため高温時の増締めは適さない。
- ・圧縮破壊を起こす恐れがあるため、許容面圧以上で締付けない。
- ・ロードアップまたは再スタートの場合には増締めを行う必要がある。

(3) PTFE 被覆ガスケット

- ・PTFE のコールドフローは、弾力性のある中芯材を使用するなど改善されているが、長期間の使用や熱サイクルによるボルトの緩みを定期的に確認するなどの考慮が必要である。

(4) 膨張黒鉛シートガスケット

- ・ロードアップまたは再スタートの場合には増締めを行う必要がある。

5. 解体

ガスケットの交換などでフランジを開放する場合は、適切な保護具を使用するとともに、下記事項を考慮し作業する。

- ・系内の圧力や残液が無い事を確認してから作業に取り掛かる。