

第4章 検査項目、検査方法及び判定基準の解説

4.1 本体・架台・据付関係

4.1.1 本体・ジャケット

4.1.1.1 胴、ふた板、鏡板、ノズル及びフランジ

検査方法	判定基準
・目視により、割れ、漏れ、損傷、腐食、摩耗、変形及びガスケットのはみ出しの有無を確認する。 ・テストハンマ等により、緩みの有無を確認する。	・割れ、緩み又は漏れがないこと。 ・著しい損傷、腐食、摩耗、変形又はガスケットのはみ出しがないこと

○検査のポイント

(1) 胴、ふた板、鏡板等

胴、ふた板、鏡板、ノズル及びフランジ等容器本体全般にわたって確認する。

① 外面の検査

外面の損傷は、外気の影響、外部の衝撃等に起因するもの、高温、低温、振動、脈動等その使用状態に起因するもの、製作時の工作上の欠陥に起因するものなどがある。衝撃などによる設備などの外面の損傷、変形、割れ、腐食、外気の影響による汚れなどを主な着眼点として外観目視検査を実施し、必要に応じて、磁粉探傷試験、浸透探傷試験、超音波探傷試験、放射線透過試験、肉厚測定、寸法測定等により確認する。

このような検査をした場合には、製作時の寸法や過去の試験・測定結果の記録との比較を行うことにより経年変化を把握することができるので、試験・測定結果は確実に記録しておくことが必要である。

② 内面の検査（停止時）

バッチ運転などで内面検査が可能なものについては、以下に留意し、検査することが望ましい。

ア. 内面の検査においては、内部の清掃前の状態を観察することが必要である。ただし、有害物を取り扱っていた容器や、窒素パージを行った場合に内面の検査を行うときは、十分な安全対策をとって実施しなければならない。

イ. 内面に発生しやすい欠陥には、次のようなものがある。

- 化学薬品による腐食：取り扱っている薬品が酸性の場合は、アルカリ性に比べて腐食が起りやすい。
- 孔食：材料表面に沈積物が沈着したり、あるいは表面が傷付けられて活性面が現れているような場合は、それらの場所で局部的に濃淡電池が構成され、小陽極面の腐食が著しく促進されて深いピットができることがある。これらには

溶接のブローホールなどに起因するものや材料の不純物から発生するものもある。

ウ．内面に発生しやすい欠陥には、取扱う物質の腐食性に起因する腐食並びに高圧、高温、低温、振動、脈動等その容器の使用条件に起因する損傷、変形、割れ等があるが、設計ミス、製作時の工作欠陥に起因する損傷、変形等も考えられる。

③ 運転状態の監視

例えば、熱交換器では効率のよい伝熱を維持することが重要であることから、運転中においては圧力、温度、流量等の運転状態の確認は重要である。特にこれらの著しい変化は機器の損傷が原因となっている場合もあるので、重要な箇所については計測装置による常時監視が重要である。

定常の運転状態において圧力計、温度計等の指示値が管理基準を外れた場合は直ちに原因を追求し、処置を行う必要がある。また、流量は定常の運転状態の範囲内にあることを確認する。特に流量の変化は、漏れや詰まりなどの可能性があるので原因を調べて適切な処置をしなければならない。定期自主検査の際は、熱交換器本体のほかに機器に関連するプロセスの温度、圧力、流量等、また、接続配管や流量調節弁、レベル計等の付帯設備の異常の有無も確認する必要がある。

④ 欠陥がみられた場合には、その発生原因を検討し、適切な対策を講じることが必要である。

主な損傷等ごとの留意事項は次のとおりである。

割　　れ

次の箇所に留意する。

ア．形状が変化する部分（皿形鏡板のすみの丸み部分など）

イ．不等伸縮を生じる部分

ウ．溶接部

漏　　れ

継手部、穴及び管取付け部に留意する。

腐食・摩耗

ア．流体の腐食性を把握するとともに、流体の方向が変化する部分、流速が速くなる箇所（供給部ノズル、ノズルの正面等）、ドレンのたまりやすい部分等に留意する。

イ．外面腐食として多くみられる雨水による腐食（圧力計、温度計、液面計等の取付けノズルが保温外装に覆われた箇所は雨水などが入りやすく腐食が発生しやすい。）

検査を行いやすくするために、あらかじめ検査部位を定め、その部分は保温外装の取外し及び取付けが容易にできるようにしておくことも考えられる。このような腐食

は早期に発見して処置することが必要である。

図4.1.1 に外面腐食の例を示す。

- ウ. 塗装や保温外装が損傷している部分、雨水のたまりやすい箇所などは損傷状態を点検する。部分的に疑問がある場合は保温外装を取り外して点検することも必要である。
- エ. 孔食などの腐食がある場合は、スケールやデプスゲージなどで形状や深さ測定を行って肉厚や過去の測定結果との比較により腐食速度 (mm/Y) を確認する必要がある。
- オ. 腐食性流体やエロージョンなどの影響から減肉が予想される箇所 (図4.1.2) などについては肉厚の経年変化を把握するために定期的な肉厚測定を行って傾向管理する。
- カ. 気-液、液-液境界面は腐食が生じやすいので、特に入念に検査を行う。
- キ. スケールの付着している部分とその周辺に溶存酸素の濃度差ができ、酸素濃淡電池を形成し、酸素濃度の低いスケール付着部で腐食が発生していることが多いので、胴の底部でスケールが付着している部分は、スケールを除去し、確認する。

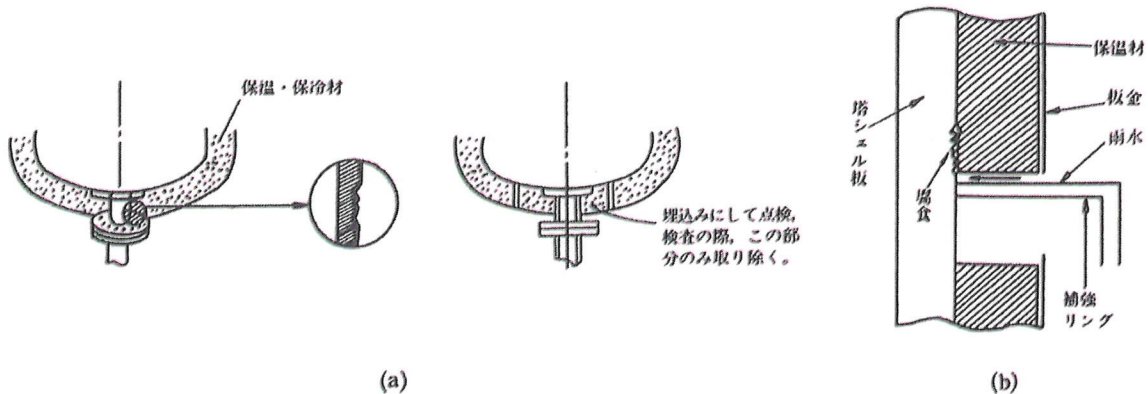


図 4.1.1 外面腐食の例

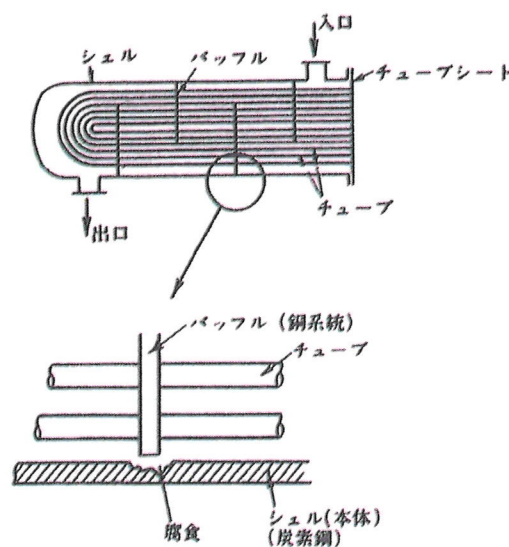


図 4.1.2 シェル (本体) の腐食

(2) 溶接部

本体とノズル、付属物は溶接によって接合されている。溶接部は母材に比較して腐食や材質が劣化しやすいので、溶接金属や熱影響部に腐食、割れ等が発生しやすい。目視検査によりきずや割れなどが発見された場合は、必要に応じて漏れ試験や浸透探傷試験などによって精密に検査する。

溶接部に起こる欠陥は、溶込み不良の部分に起こる腐食、アンダカットからの割れ、熱影響部の割れ等がある。図4.1.3に溶接部に起こる欠陥の例を示す。特に合金鋼(Cr-Mo鋼)を使用した反応槽の溶接部については、割れに留意する必要がある。また、オーステナイト系ステンレス鋼の場合、保温外装から塩素が溶出すると、その作用によって応力腐食割れを起こすことがあるので、保温外装の種類と金属表面温度などの組合せを考慮して、必要に応じて浸透探傷試験を行う必要がある。

一般に金属材料は、高温において、酸素、空気、水蒸気あるいは燃焼ガスなどと接触すると、その表面に酸化膜が形成され、それが保護皮膜となり、酸化の進行は遅くなるが、この酸化皮膜が多孔質のものであったり、溶融点が高い場合は、酸化がかなり早く進行するので注意しなければならない。

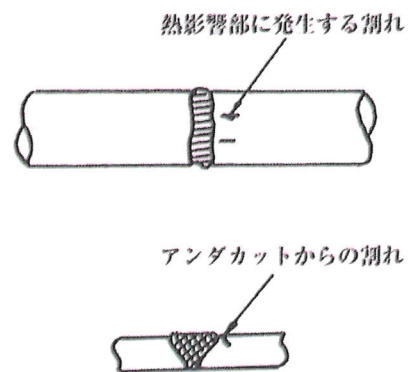


図 4.1.3 溶接部に起こる欠陥

(3) ふた板とその取付け部

ふた板は、ボルト締め平ふた板、鏡板状の板にフランジを溶接した形式などが使用される。

図4.1.4にフランジ付皿形ふた板の構造を示す。

ふた板や熱交換器等のチャンネルカバー等とその取付け部の検査においては、ガスケット接触面の腐れ、摩耗、変形、ガスケットのはみ出し、締付けボルトの損傷等の有無及びその程度を把握することが大切である。フランジ継手は漏えいが発生しやすいので、ボルト・ナットの緩みについてテストハンマ等で確認する。

なお、漏えいを原因別に分類すると、次のように分けることができる。

- ① ガスケット、パッキン等の材質の不適合、劣化又は摩耗
- ② 容器の構造不良又は強度不足
- ③ 容器の製作不良又は材料の欠陥
- ④ 運転中の振動による緩み、外力によるひずみ、破損又は加熱・冷却の繰返しによる熱膨張・収縮あるいは熱応力などによる取付け部の緩み
- ⑤ 材料の腐食、摩耗、疲労、劣化等の経年変化

かかり残り
が2山以上
あること

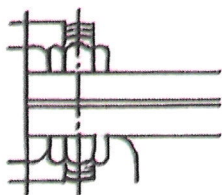
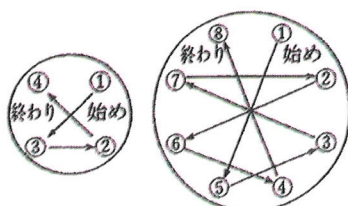
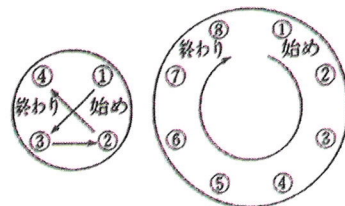


図 4.1.5 ボルトのかかり状態



(a) 仮締付けに適用

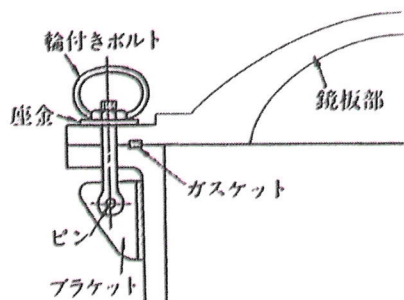


(b) 本締付けに適用

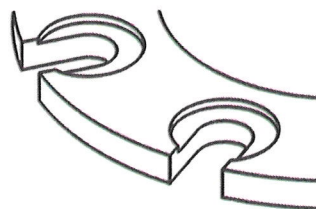
図 4.1.6 フランジボルトの締付け順序

なお、漏えい部の増締めを行う場合は、圧力を下げ、安全を確保してから行うことが重要である。

輪付きボルトで締め付けるふた板（図4.1.7）の切欠き部周辺に変形がないか、切欠き部の突起（使用中にボルトが外れないように設けられたもの）に異常がないか確認する。



(a)



(b)

図 4.1.7 輪付きボルトで締め付けるふた板

(4) ノズル及びフランジ

ノズル及びフランジには計装機器（液面計，圧力計，濁度計用等）や安全弁の取付け用などがある。塔槽類には供給ノズル，塔頂ノズル，塔底ノズルのほか，拔出しノズル，サイドカットノズル等の各種ノズルがある。図4.1.8にノズルの構造を示す。