

多管式熱交換器における小径管インナーボア溶接の検討

石油精製、石油化学及び化学プラント向け多管式熱交換器は腐食性の高い流体を取り扱っている場合があり、プラント稼働中に予期せぬ漏洩トラブルの発生事例がある。管板に管が挿入され管端部を溶接する一般的な継手構造に起因して、管にすきま腐食が発生し、漏洩ならびに緊急シャットダウンに及ぶこともある。この事象はプラント生産に多大な影響を与えており、管の腐食損傷を防止する技術が望まれている。その対策としてすきまが発生しない継手構造（インナーボア溶接）を考案した。本稿では今後需要が見込まれる小径管におけるインナーボア溶接を検討し、施工技術を確立したので報告する。



キーワード

多管式熱交換器, インナーボア溶接, アフターサービス

■ 目的

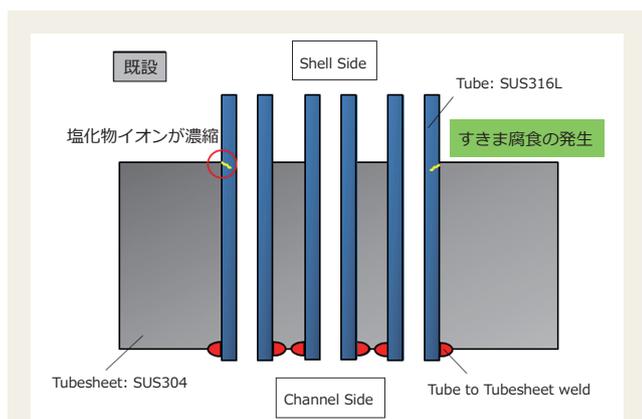


図1 多管式熱交換器におけるすきま腐食の事例

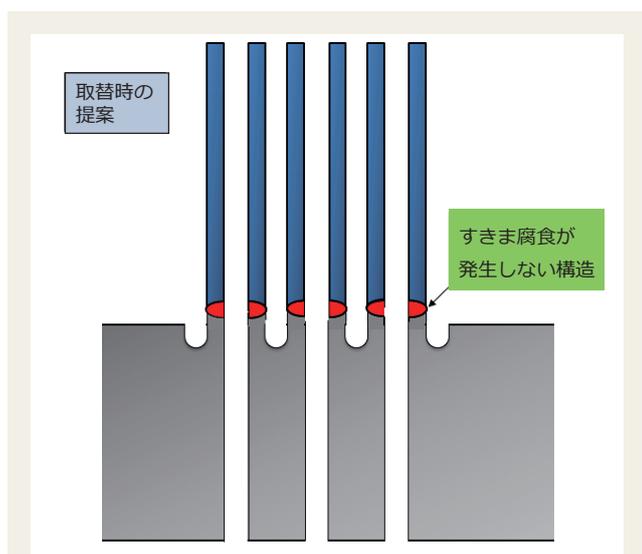


図2 多管式熱交換器の延命化構造の提案

当社有明工場は石油精製、石油化学及び化学プラント向け圧力容器や熱交換器の詳細設計・製造/検査を担っている。昨今プラント内の設備維持管理や更新計画において、補修、改造や機器更新などアフターサービス案件の需要が高まっている。特に多管式熱交換器は高温・低温の高圧流体が循環し、また腐食性の高い流体を取り扱うこともあるため、長期運転による経年劣化や予期せぬ漏洩トラブルの発生事例がある。図1に多管式熱交換器におけるすきま腐食の事例を示す。チャンネル側とシェル側の境界部に塩化物イオンが濃縮され、すきま腐食が発生し、内容物が漏洩した事例である。内容物が漏洩すると、補修や検査コストだけでなく、緊急シャットダウンによる生産停止など、プラント生産に多大な影響を与えるため、漏洩トラブルがないよう、すきま腐食の防止が望まれている。この要望に対して、今後需要が見込まれる多管式熱交換器の小径管をターゲットとして、図2に示す継手構造（インナーボア溶接：以下、IBW）の施工技術の確立を目的に検討した。

■ 小径管IBWの対象機器及びスペック

当社はIBW溶接タイプの多管式熱交換器の製造実績を豊富に有する。しかし、スーパー二相ステンレス鋼を用いた管内径：19.0 mmの実績がほとんどであり、限定的である。今後IBWの需要が見込まれる多管式熱交換器に求められる仕様とスペックを以下に示す。

- (1) 内容物：腐食性流体もしくは塩化物イオンが濃縮しやすい流体
- (2) 熱交換器の種類：Uチューブの固定式管板
- (3) Uチューブ/管板の材質：炭素鋼、オーステナイト系ステンレス鋼、ニッケル合金鋼など
- (4) チューブの管内径：12.4 mm以上
- (5) 溶接継手の開先形状：以下の図3を参照。

(6) 求められるスペック：

- ① 継手効率100%の完全溶け込み溶接
- ② IBW溶接部への放射線透過検査 (RT)
- ③ 耐圧試験及び漏れ試験

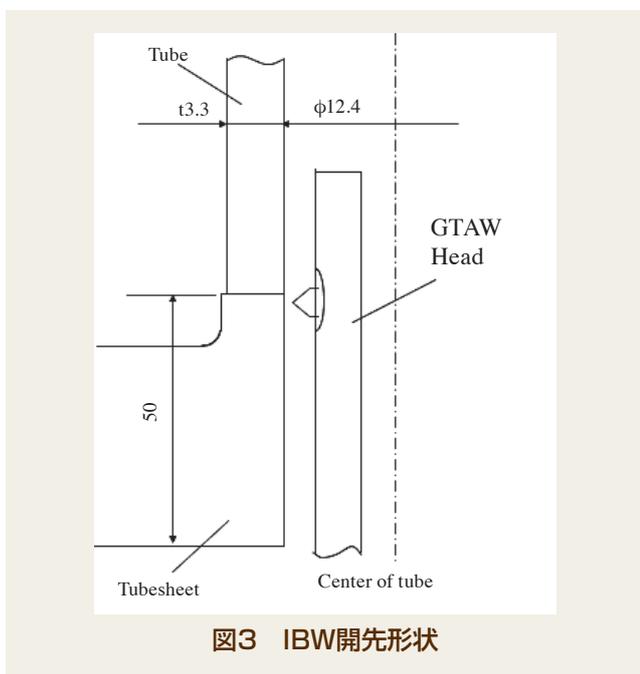


図3 IBW開先形状

■ 小径管IBWのモックアップ要領

前項で述べた求められる仕様とスペックを満足するために小径管専用のIBWトーチの設計・試作、RT検査におけるX線照射装置の製作・撮影方法を検討した。その後、図3に示すI形開先形状にてIBWモックアップ試験を行った。モックアップ試験において、供試母材は板厚50 mmのSUS304鋼板、チューブは内径12.4 mm、板厚3.3 mmのSUS316L鋼管を用いた。

IBWは自動ティグ溶接による横向き姿勢とし、シールドガス及びバックシールドガスに純アルゴンガスを適用した。IBWモックアップ状況を図4に示す。溶接後の試験ではASME Sec. IX規格と顧客仕様で要求される目視試験 (VT)、RT検査、断面マクロ試験、化学成分分析、曲げ試験の機械試験を実施した。



図4 IBWモックアップ状況

■ モックアップ試験の成果

モックアップ試験で得られた成果を以下に示す。

- (1) 管内径12.4 mmに対応できるIBWトーチを設計・試作し、またRT検査でのX線照射装置を製作することができた。
- (2) VTにおいてビード外観に異常なしと判断でき、RT検査では規格要求を満足することができた。
- (3) 断面マクロ試験、化学成分分析、曲げ試験などにより溶接継手に要求される機械的性質を満足することができた。
- (4) チューブの管内径:12.4~19.0 mm、管板厚:最大3.3 mmの範囲であれば、IBWを適用可能であることを確認できた。



図5 IBW溶接部の断面マクロ

■ おわりに

多管式熱交換器のすきま腐食対策として、IBW溶接を考案し、管内径12.4 mmでのモックアップ試験によりIBW施工技術を確認した。本技術は、すきま腐食による機器寿命を問題視されている顧客に有効な手法であり、プラント設備の延命化に貢献できるものと考えている。また多管式熱交換器の設計変更 (管端溶接部における継手構造の変更) も顧客の仕様やニーズに応じて提案していきたい。

SDGsに貢献する技術

多管式熱交換器は、暮らしや生活・インフラを支えるエネルギーや原材料製造に必要な機器である。各種プラントの多管式熱交換器において、IBWの適用は機器のメンテナンス省力化及び高寿命化に貢献する。

【問い合わせ先】

日立造船株式会社 脱炭素化事業本部
プロセス機器ビジネスユニット 技術部
アフターサービスグループ
森田智大
Tel : 0968-78-2177
E-mail : hitzgiho001@hitachizosen.co.jp