

SUS設備配管の漏洩部調査（浸透探傷試験）

名古屋営業所

近藤 浩、櫻井 智規

キーワード SUS、設備配管、漏洩、浸透探傷試験（PT）、応力腐食割れ（SCC）

1. 概要

某施設の温水配管に使用されているステンレス鋼スタブエンド（ラップジョイント）の漏洩部の詳細調査を依頼された。ラップジョイントのフランジ面の浸透探傷試験をおこなったところ、漏洩部は応力腐食割れ（SCC）による貫通部で、当該部分には隠れた溶接部が存在していた。

2. 配管の諸元

- ・材 質：SUS304WD
- ・配管径：125Su（厚さ2.0mm）
- ・内容物：温水
- ・竣工年：2001年（18年使用）

3. 状況

どちらかのフランジが漏洩部とのこと。



【写真1】全体



【写真2】エルボ側フランジ 外面



【写真3】直管側フランジ 内面

4. 試験前準備および外観

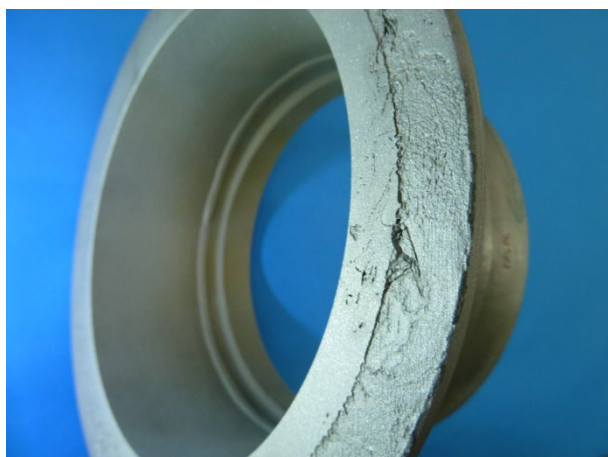
最初に錆、スケール等はアルミナによるブラストで除去した。



【写真4】エルボ側フランジ ブラスト前



【写真5】エルボ側フランジ ブラスト後
ガスケット当り面に腐食が発生
配管内面には腐食は見られない



【写真6】エルボ側フランジ ブラスト後
内面 著しい腐食が発生している
配管内面に腐食の発錆は見られない



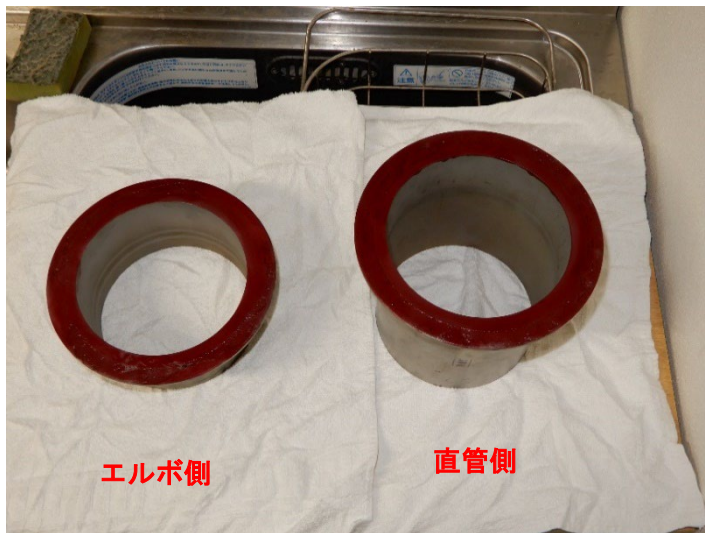
【写真7】エルボ側フランジ ブラスト後
内面



【写真8】エルボ側フランジ ブラスト後
外面 TIG 溶接による肉盛り溶接部に見える（この周辺が漏洩部）

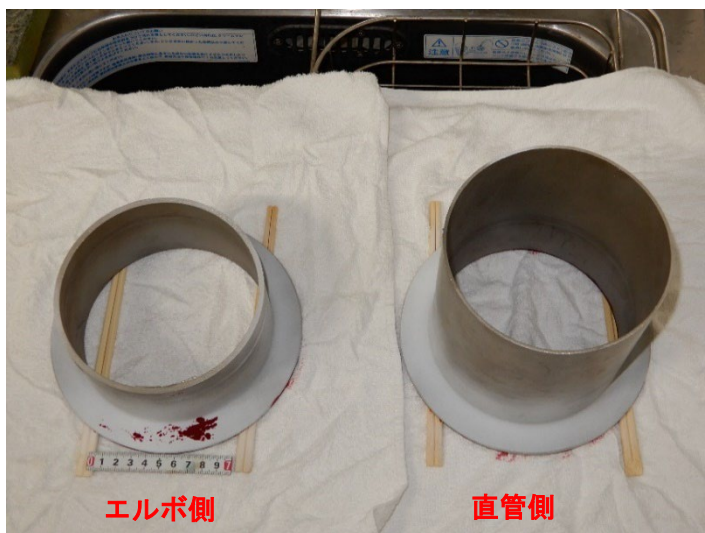
5. 浸透探傷試験

漏洩部を探す目的なので、フランジ内面に浸透液を塗布し、外面に速乾式現像剤を塗布した。



【写真 9】浸透処理

フランジ内面に浸透液をはけ塗り



【写真 10】現像

フランジ外面に速乾式現像剤を塗布
エルボ側フランジに指示模様出現
直管側は貫通していない



【写真 11】応力腐食割れの指示模様出

5. 試験結果と考察

鮮やかな指示模様が出現して、簡単に漏洩部が特定できた。【写真 1 1】

配管の観察結果と客先からの情報を整理すると。

- ①腐食はフランジ面の内側だけに発生し、一般の配管内面には発生していない。【写真 6】【写真 7】
- ②腐食はフランジ内面のガスケット（パッキン）当り面で著しく発生していた。【写真 5】
- ③内容物の温水には節水のため水道水に地下水が混ぜられ、水質調査結果から、この温水の水質はステンレス鋼における腐食発生域にあった（塩化物イオン濃度等）。
- ④貫通部には溶接部が存在した（外面には余盛が見られたが、内面から溶接したとしても、ガスケットの当り面なので、平滑に仕上げられている）。【写真 1 1】【写真 8】
- ⑤配管全長は数 100m あり、同様な継手も数多くあるが、漏洩部は 1 か所だけ。

以上の事実から漏洩原因は

- ①水質が悪く、すべてのフランジ部分で塩化物イオンが濃縮され、フランジ内面にすきま腐食を発生させていた。
- ②漏洩部では何らかの理由で肉盛り溶接補修がおこなわれ、この周辺ではいわゆるオーステナイト系ステンレス鋼の鋭敏化と溶接残留応力が存在し、応力腐食割れ（SCC）が発生し貫通に至った。

6. 浸透探傷試験について

本件の浸透探傷試験（以下 P T と記述）は「漏洩部調査」ということで、通常行われる P T と異なり、内面に浸透液を、外面に現像剤を塗布した。 表面欠陥を探すのではなく貫通部を探す目的なので、浸透液を塗布していない外面の現像塗膜は真っ白で、漏洩部を示す指示模様はごくわずかでも見逃すことは無い。（本格的な漏洩試験では蛍光浸透液を使用するが）

前処理について（余談だが）

P T の手順は最初に前処理として必ず試験面に洗浄液を吹き付ける。 N D I の実技試験で必ず最初におこなわなくてはならない手順である。 これは保守検査を想定し欠陥内部や試験面に付着している油脂類を溶解・除去する目的・手順であるが、 J U S T が P T を行う溶接部の欠陥内部に油脂類が入ることがあるだろうか。 普段 J U S T でおこなう P T はこのような保守検査で見られる S C C 相手ではなく、製造時に発生する溶接欠陥、すなわち割れ、ピットなどで S C C に比べると比較的検出しやすい。

しかしながら、欠陥が発生して時間がたっていないので、欠陥の内部は清浄な状態であるのに、ここに洗浄液を吹き付けることは清浄な欠陥内部に洗浄液を入れることになり、これを確実に乾燥除去できなければ探傷性能を低下させることになる。 多くの場合、 J U S T の P T 前処理はウエスに洗浄液をつけて、試験面を拭くだけでいいのではないかと考える。 名古屋営業所では 9 月に製薬会社のプラント新設工事の非破壊検査を受注、その中の S U S 配管溶接部 P T 検査要領では洗浄液を試験面に吹きかけない前処理を記述した。

7. 応力腐食割れ（Stress Corrosion Cracking SCC）について

ジャストの仕事ではめったに出会うことがないが、ステンレス（以下SUS）溶接部の保守検査では常にその存在の可能性を頭に入れておかななくてはならない欠陥である。一般にSUSは「錆びない」「耐食性」があると思いがちだが、塩化物環境で引張り応力が働いていればSCCが発生する確率は高く、その形態も「腐食」といっても減肉は伴わず割れが進行し、いきなり漏洩や破断につながるので注意が必要だ。

写真は2011年、本社において実施した某駅前のSUS製モニュメントのPTであるが、母材から熱影響部にかけてSCCが発生している。○印の指示模様は赤色指示の周りに透明な指示が見られるが、前処理に用いた洗浄液が割れの中に残留し、現像後に浸透液より先に染み出してきた状態で、この割れはほぼ貫通していると思われる。このモニュメントの置かれている環境は某駅前という事だが、「材料」、「引張り応力」、「環境」がそろえばSCCが発生するのでSUSはデリケートだ。

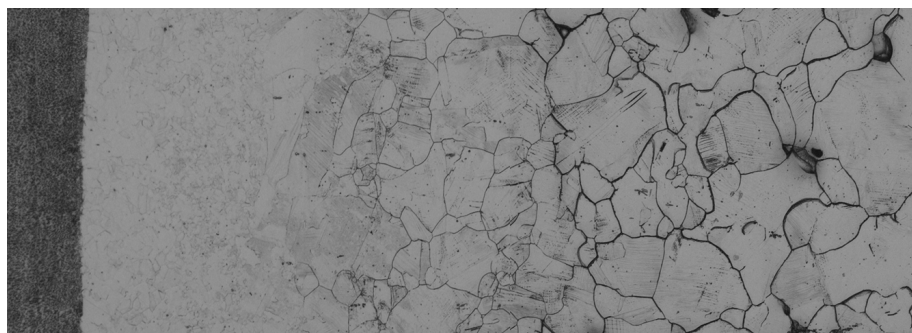
数十年前、SCCで貫通したSUSの圧力容器を検査したことがある。架台から降ろされ、横倒しにされ、もう使わないという話であった。原因を探するため、内面の全面探傷をおこなった結果、貫通部の1か所だけ、10 cm × 10 cm程度の範囲にSCCが発生した。内容物に腐食性はなくプラントの使用者は原因がわからず苦慮していた。そこで、ひょっとして、と思い外面の一部でPTをおこなったところ、あちこちに小さなSCCが検出された。結局、外部の環境（保温が無く雨が直接当たる＋プラントの空気）が犯人で、廃棄するはずの圧力容器は当て板をして再使用することになった。



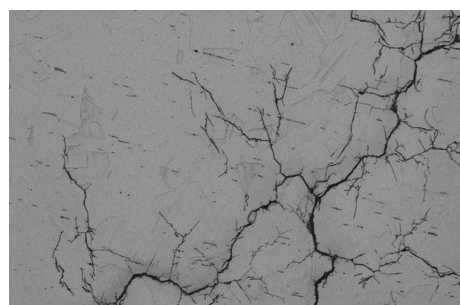
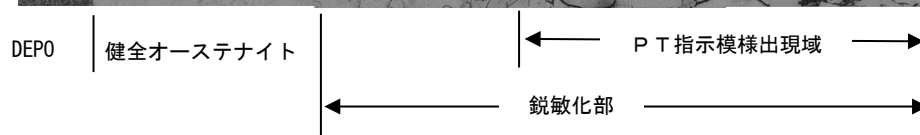
【写真12】

化学プラント（SUS304）で見られたSCC（SUMP写真）

（瀬戸内の某検査会社より提供）



【写真13】粒界型SCC



【写真14】粒内型SCC
（貫粒型）