溶接不良によるステンレス製給湯タンクの腐食割れ*

筒井 光範**, 山田 隆志**

** 名古屋市工業研究所

Stress Corrosion Cracking in Hot Water Tank of Type 304 Steel caused from a Weld Defect

Mitsunori Tsutsui** and Takashi Yamada**

**Nagoya Municipal Industrial Research Institute

Stress corrosion cracking was found in Type 304 steel tank for hot water with Cl^- content of 19 ppm and temperature of 80°C . It was learned that poor penetration in butt welding left a gap of $40\ \mu\text{m}$ in the tank wall, which would behave as a corrosion crevice to initiate cracks under residual stresses.

1. はじめに

ステンレス鋼は高温水溶液中ではわずか数 ppm と微量の塩化物イオンの存在によっても応力腐食割れを起こす¹⁾。また溶接が施されている場合には熱影響部において粒界腐食割れが起こるほか、とくにシーム溶接の場合には構造的 すきまでの腐食から応力腐食割れに発展する²⁾ことが知られている。そのためステンレス製給湯タンクの応力腐食割れの防止対策として、(1) 電気防食、(2) 低炭素鋼 (304L など) の使用、(3) すきまを形成するシーム溶接をさけ、突合せ溶接の採用、が計られている。しかしながら、液温も塩化物イオン濃度も比較的低いマイルドな温水環境においては、(1)、(2) の対策がとられていない場合が多く、しばしば腐食割れ事故が経験される。このような場合の割れでは、溶接部近傍に起こるものが圧倒的に多い。タンク内部からの腐食の原因としては、溶接による残留応力、熱影響部でのクロム炭化物の析出に伴う耐食性の劣化、けい酸塩などの堆積付着物によるすきまの形成などが考えられるが、以下に述べるような突合せ溶接の不良に起因する腐食割れ事例も見逃すことはできない。

2. 使用状況と腐食状態

給湯タンクは厚さ 4 mm の SUS 304 の薄板を突合せ溶接したもので、使用後約 3 ヶ月で漏水事故を起こし、肉盛補修をしたところ、さらに激しい水漏れを生じた。使用された水は井戸水であり、これに 10% の次亜塩素

Fig. 1 Schematic drawing of the hot water system.

* 腐食防食協会装置材料のPerformance 研究会第 8 回会議で発表

** 〒456 名古屋市熱田区六番三丁目 4-41
(Rokuban 3-4-41, Atsuta-ku, Nagoya-shi, 456 Japan)

Fig. 2 The hot water tank which suffered corrosion crackings near the welds at the locations as shown by (x).

Fig. 3 (a) Stress corrosion cracks, A, from the crevice with those, B, from the other portion on inner surface of the tank. The bead weld, C, was patched after a water leak, which resulted in severe leakage.

Fig. 3 (b) Enlarged view of the cracks A in Fig. 3(a). The cracks started from the crevice with a gap of about $40\text{ }\mu\text{m}$ which had been left open because of a malpractice in butt welding.

Fig. 4 (a) Back-scattered electron image for the crevice and cracks.

Fig. 4 (b) X-ray image for Cl $K\alpha$ of the same area as Fig. 4(a).

酸ナトリウム水溶液を約 1.4×10^6 : 1 の割合で混合し、ボイラーで加熱後タンク内に貯留し、常時約 80°C の温度で給湯されるようになっていた。Fig. 1 に給湯システムの概略図を示す。

破損箇所は Fig. 2 に示すように鏡板の溶接部に集中し、一部パイプの溶接部にも認められた。液温が 80°C と低く、温湯中の塩化物イオン濃度も約 19 ppm と低かったこと、かつ破損までの期間が 3 ヶ月と短いことから、その腐食原因を顕微鏡及びX線マイクロアナライザーによって調べた。

3. 顕微鏡試験及びX線マイクロアナライザーによる分析

Fig. 3 (a) は鏡板溶接部の割れを示す。写真から溶接は不完全であることがわかる。矢印 (→) で示す突合せ部において幅約 $40\text{ }\mu\text{m}$ 程度のすきまが形成されている。割れはこのすきま部及びタンク内面の他の箇所——溶接部すなわちすきまの右方に多い——から発生している。Fig. 3 (a) のAの割れは貫粒型の典型的な応力腐食割れの形態を示している。なおここで図中のBとCの割れ

Fig. 5 (a) Back-scattered electron image for the cracks near the pointed end.

Fig. 5 (b) X-ray image for Cl $K\alpha$ of the same area as Fig. 5 (a).

は、補修後の漏水状況から、肉盛補修及び試料採取時のガス切断に起因するものと考えられた。

矢印 (→) 部を拡大した Fig. 3 (b) のすきま右側の組織の流れから、板は切断時に強固に塑性変形を受けており、この部分での残留応力はかなり高いものと推察され

る。

つぎに腐食割れの部分をX線マイクロアナライザーによって定性分析したところ Cl と微量の S が検出された。

Fig. 4 (a), (b) は溶接不良によって形成されたすきま部の面分析結果を示す。Cl はすきま及び割れ内部に濃縮している。Fig. 5 (a), (b) は割れの先端近くの面分析結果を示す。Cl は割れの起点と同様に割れの内部にも濃縮している。タンク内部の他の箇所から発生した割れについても分析したところ、Cl の濃縮は割れ内部では認められたものの、内表面上に存在したであろう堆積物下については明瞭に確認することはできなかった。

4. ま と め

給湯タンクの腐食割れ原因としては、溶接が不完全であったために突合せ部に構造的すきまが形成され、ここですきま腐食が起こり、応力腐食割れに進展したものと推察された。突合せの端面が切断時に塑性変形を受けており、それが溶融しないでそのまま残されたため、残留応力が除去されず、これに溶接による残留応力が加わったことも、割れの応力条件を厳しくしたと思われる。溶接を完全に行うことによって、上記のような腐食割れは防ぐことが出来る。タンクの径が小さく内部からの溶接が不可能な場合には、たとえ板厚が薄くても、突合せ端面で開先をとって溶接するというを施工時に徹底する必要がある。

(Received April 10, 1986)

文 献

- 1) 須永寿夫: ステンレス, **18** [8] 24 (1974).
- 2) 増尾 誠, 小野 寛, 大橋 延夫: 防食技術, **26**, 573 (1977).