

T-22 溝状腐食

1. 概要

電縫鋼管は、電縫線（管溶接ライン）に沿って溝状の腐食が発生することがある。溶接ボンド部はフェライト組織、HAZは焼入れ組織かフェライト+パーライト組織をもつ。これらは急冷されるために、ボンド部には、 MnS が析出するとともに、 MnS の周りは、硫黄が濃化する。これらの部分は、母材に比べて電位的に卑となり、母材とマクロセルを形成するので、電縫線に沿った溝状の腐食が発生する。

2. 損傷を受ける材料

電縫溶接鋼管（略して電縫鋼管）

3. 損傷機構の詳細

電縫鋼管の溝状腐食は、海水、工業用水、地下水、水道水、循環冷却水、ブライン配管などの内面に発生する。一方、土壌埋設配管や、防露材を巻いた水配管（結露水が侵入して濡れる場合）では、管外面で発生する。溝状腐食は腐食性のある環境であれば、管内外面いずれの環境でも発生する可能性がある。図1は、電縫鋼管を、実験室的に人工海水中で回転試験（周速 27m/min）を1年間行った結果である。電縫線に沿って、管内面からも、管外面からも、肉厚方向に向かって腐食が進行しており、貫通に近い状況となっている。

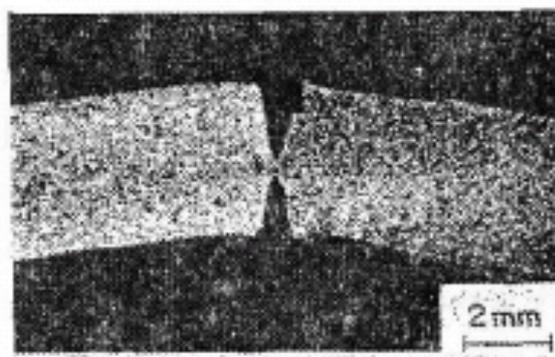
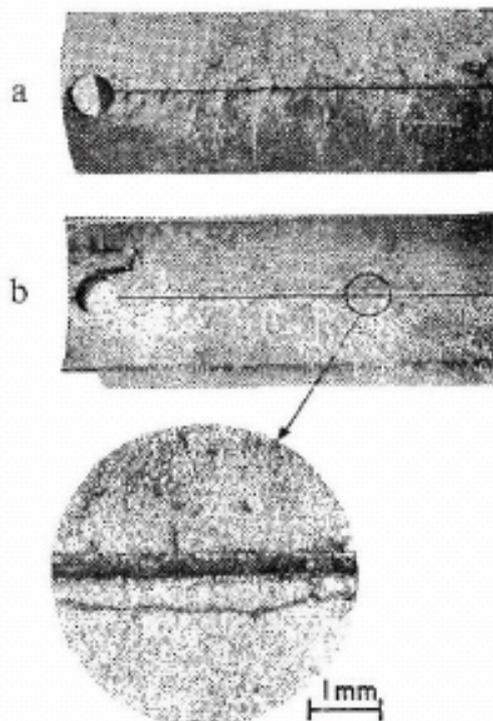


図1. 海水中に浸漬した電縫鋼管の溝状腐食（40℃、期間：1年間）¹⁾
上の図は外観、a：管外面、b：管内面下の図は管断面図

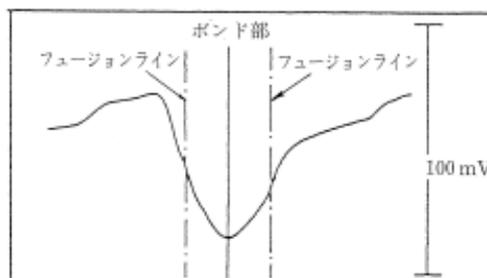


図2. 電縫部近傍の電位分布²⁾

電縫鋼管の溝状腐食感受性は、電縫鋼管の製造過程に起因して、電縫部の耐食性が劣化することに起因する。

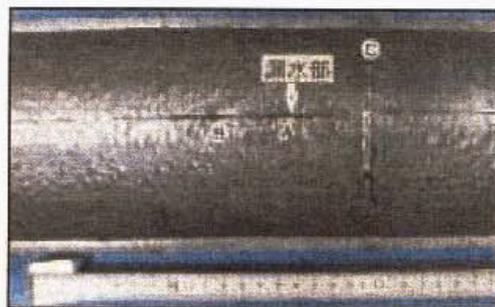
炭素鋼管には、細長く長い円柱状鋼材に穴をあけて製造する継目無鋼管と、帯状の鋼板を丸めて合せ目を溶接する溶接鋼管とがある。継目無鋼管の金属組織は、全周均一であり、腐食性も均一となる。

溶接鋼管のうち鍛接鋼管と呼ばれるものは、熱間で造管され、ボンド部の熱履歴は母材とほとんど同じであり、かつ、冷却速度は小さい。したがって、ボンド部の耐食性が特に劣化することは無い。一方、電縫鋼管は、鋼材を加熱せずに冷間で丸め、合せ目を電気抵抗溶接する。したがって、溶接部だけが加熱され、加熱部分が限定されているため急冷される。溶接部の熱履歴は母材と異なり、金属組織も異なる。電縫部（溶接部）は、溶出しやすいS濃化部とMnSなどの非金属介在物が生成し、母材に比べて電位が卑となる（図2）。そのため、母材とマクロセルを形成し、腐食が加速される。

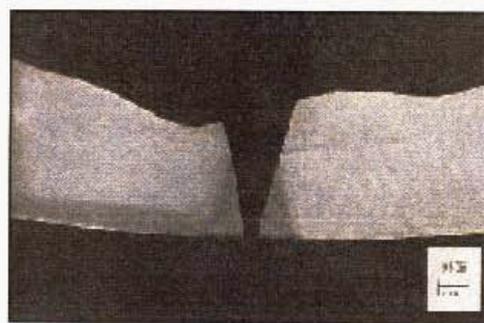
溝状腐食は電縫線に沿って一直線に生じる（図1）場合と、不連続に生じる場合がある。不連続に生じる場合は、さびこぶが電縫部を含む位置に生じてその下が侵食される時で、電縫部が特に深く侵食される。どちらのタイプもマクロセルによる腐食であることを反映し、海水やブラインのように電導率の高い環境では侵食が速く、工業用水や水道水など電導率が低い環境では遅い傾向をしめすが、後者の場合でも侵食速度は1mm/年程度またはそれ以上になりうる。

4. 損傷事例

水や土壌環境のような腐食性がある環境で多くの損傷事例が報告されている。



除錆した電縫部



漏水部断面

写真2. 工業用水バックアップ配管の溝状腐食

電導率が高いほど、溝食の侵食速度は大きくなり、上水で 1.5mm/年、海水中では 5.0mm/年に達したとする報告がある。

写真 2 は、工業用水断水時のバックアップ配管で、常時僅かの量の水がたえず流れている。取替工事から約 3 年で多くのピンホールが発生し、水が管内面から漏洩し、管外面や管支持板には赤さびが著しく発生している（上段の写真）。管内面には赤さびが前面に生じており、さびを除くと、電縫部に沿って直線状に腐食（中段の写真）が発生しており、断面は V 字形状（下段の写真）に侵食されている。漏洩部の侵食速度は約 3mm/年に達する。

5. 対策

腐食性が予測される環境では、電縫鋼管は使用せず、継目無鋼管や鍛接鋼管、あるいは耐溝食性に優れた電縫鋼管を使用する必要がある。表 1 に各鉄鋼メーカーが製造している耐溝状腐食電縫鋼管の化学成分を示す。どのメーカーの管も、硫黄の含有量を低くし銅を加えているが、それだけでは不十分なので、メーカーによって、ニッケル、チタン、カルシウムなどを加えている。どの製品も、溶接部が母材に対し卑な金属にならないように成分を調整している。製品によっては、熱処理を行い、金属組織の改善がはかられている。

表 1. 各社の耐溝状腐食鋼管²⁾

製造メーカー	名称	化学成分 (%)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Ti	Ca
川崎製鉄	リバー GR					≤0.008	0.15～0.50	0.15～0.50	—	—
新日本製鉄	テーパーシーム					≤0.008	0.10～0.30	—	0.02～0.08	—
住友金属工業	タフシーム					≤0.010	0.10～0.30	≥0.09	—	—
NKK	ミゾノン				≤0.03	≤0.005	0.08～0.30	必要に応じて	—	≥10 ppm

6. 参考文献

- 1) 加藤忠一、他：防食技術、23,385-392(1974)
- 2) 腐食・防食ハンドブック 丸善株式会社
- 3) 松島巖：低合金耐食鋼 地人書館(1995)