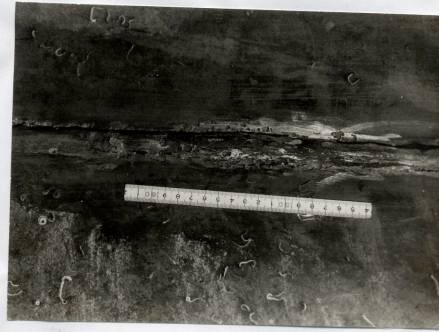
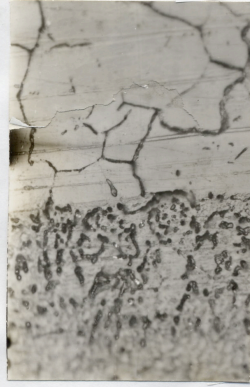


S/N CB0059016	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁）： 尾崎敏範、石川雄一、穂山雅男：海水機器の腐食—損傷とその対策、科学図書出版 p.81（2002）		本資料の 作成者名 尾崎敏範	
整理番号 Ozaki-016	資料のタイトル： 海水機械用ステンレス鋼溶接部品の粒界腐食損傷			
失敗事例のタイトル： ステンレス鋼の溶接熱影響による粒界腐食損傷			一次原因（材料要素）：溶接熱影響、 局部腐食、粒界腐食	
機種：海水機器、 使用期間：数年間	部品：溶接構造物部 寸法；板厚 3mm t	鋼種：SUS304、オーステ ナイト系ステンレス鋼、	使用環境：常温海水 水質：	
損傷発生時の状況： 図 1 は海水中で数年間使用した SUS304 製部品の溶接熱影響部近傍に発生した粒界腐食損傷である。a)図は溶着金属に沿った腐食損傷状況である。損傷は溶着金属より 4 mm 程度離れた地点（いわゆる、2 番）に溶接線に沿って長手方向に進行しているのが特徴である。				
調査内容とその結果： ①上記損傷原因を知る目的で、腐食損傷部近傍に金属組織を調査した。図 1、b-1)～b-3)は、腐食地点近傍を「JIS G 0571、10%蔭酸エッチング試験」による観察結果である。 ②b-1)図は溶着金属とその近傍の母材であり、溶着金属には δ－フェライトに沿った溶解が見られるものの、母材側は強く鋭敏化しておらず、半鋭敏化組織となっている。 b-2) 図は溶着金属より 4 mm 離れた地点であり、エッチング処理によって全ての結晶粒界や双晶が連続的に深くエッチングされ鋭敏化組織（溝状組織）になっている。 b-3) は溶着金属より 1 2 mm 離れた地点である。溝状組織は見られず非鋭敏化組織になっている。 ③このように、溶接に伴う粒界腐食は溶着金属より数mm離れた地点が溶接線に沿って深く損傷するのが一般的である。本損傷は、ステンレス鋼溶接構造物に見られる代表的な粒界腐食損傷である。				
損傷発生のシナリオ： 本損傷はステンレス鋼溶接部における代表的腐食損傷である。 海水構造物において本腐食損傷を加速する要因は表 1 が知られており、a)溶接方法、b)ステンレス鋼素材、c)使用環境が複雑に関与する。				
対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策）： ① 表 1 に示す各影響因子を参考に、a)溶接方法、b)ステンレス鋼素材、c)使用環境を決定すべきである。				
② 教訓：				
備考				
失敗の主要因			誰が判断した結果生じた失敗と考えられるか	
チェックボックス（を記入：複数可）			チェックボックス（直接作業者の場合、監督者の場合△を記入）	
	当時の技術レベルでは不可抗力	△	設計者	
	情報伝達不備・不足	△	製作者 / 建設担当者	
	担当者不勉強/教育不十分/意識不足	△	検査者	
	指示ミス		使用者	
	うっかり、ぼんやり		メンテナンス者	
	その他		その他	



a) 溶着金属および
その近傍の金属組織



b-1) 溶着金属およびその近傍
の金属組織 (半鋭敏化組織)



b-2) 溶着金属より 4 mm 地点
の金属組織 (鋭敏化組織)



b-3) 溶着金属より 12 mm 地点
の金属組織 (非鋭敏化組織)

図 1 海水中で使用した SUS304 製部品、溶接熱影響部近傍に
発生した粒界腐食損傷 (10% 硝酸エッチング後撮影)。

表 1 海水構造物において粒界腐食損傷を加速する各種要因

項目	影響因子	影響状況	実機への適用
溶接方法	溶接層間温度	被溶接部材を冷却し、溶接層間温度を70℃以下好ましくは室温にする。厚肉部品の大規模開先品の溶接は避ける。	作業条件として極めて重要
	熱サイクル	単一加熱条件よりも多重加熱条件の方が、幅広いCr欠乏層を形成するので、激しく鋭敏化する。	多層盛り手順を最適化する
	付与応力	鋭敏化時点で付与応力が掛かると鋭敏化を促進する。粒界腐食時点で付与応力が掛る場合は促進作用が小さい。	溶接拘束条件に配慮する。
	化学組成	低CおよびMo含有ステンレス鋼が耐粒界腐食性に優れる。促進腐食試験と常温海水試験では、結果が異なる。	低CおよびMo含有鋼を使用
ステンレス鋼	金属組織	ステンレス圧延鋼は鑄鋼よりも、 δ -フェライトの粒界占有率および結晶粒径が小さい程、耐粒界腐食性に優れる。	大重量鑄鋼品の扱いに注意
	鑄造偏析・欠陥	鑄造品のマクロ偏析や有機鑄型接触地点が鋭敏化を促進。 鑄造欠陥は孔食や粒界腐食損傷発生の起点になる。	鑄造法案を工夫する
	冷間加工	素材加工歪みや溶接時点で拘束の少ない方が鋭敏化し難い。拡散熱処理で δ -フェライト粒界占有率を小さくすると改善。	熱処理前にシヨットピーニングの禁止
	使用環境	室温海水中で容易に粒界腐食損傷が発生・進行する。腐食損傷は錆こぶを形成しつつ局部的に発生・進行する。	室温でも損傷が回避困難
腐食損傷形態	流速依存性	腐食損傷の発生は流れの淀み部分に発生。粒界腐食深さはレイノルズ数の0.6乗に比例して進行する($10^3 < Re < 10^5$)。	構造隙間や淀み部分に注意
	腐食損傷形態	粒界腐食深さは試験時間の1/2乗に比例して進行する。一方、粒界腐食体積は時間の1乗に比例して進行する。	深さ方向の進行は減速傾向
	部品材料組合せ	粒界腐食進行速度は対象部品と近接部品間でのガルバニック腐食作用が影響。電気防食が粒界腐食損傷防止に有効。	部品組合せと構成に注意