

UME-307	Research Report 129 Prepared by TWI Ltd for the Health and Safety Executive 2003		本資料の作成者名 梅村文夫
整理番号	資料のタイトル Review of external stress corrosion cracking of 22%Cr duplex stainless steel		
失敗事例のタイトル 二相ステンレス鋼の外表面応力腐食割れ		一次原因（材料要素） 応力腐食割れ (外表面塩化物応力腐食割れ)	
機種 海上プラント	部品 分離機、熱交換器、 多分岐管	材料 二相ステンレス鋼 (22Cr系)	使用環境 海水（塩化物の堆積）
損傷発生時の状況 ガス及び油を取り扱う海上プラントの設備において、塩化物イオンによる二相ステンレス鋼の外表面応力腐食割れ事例が複数報告されているので、整理・分類して次に述べる。 22Cr系二相ステンレス鋼(UNS S31803)に発生した割れ（①②③） ① 分離機(1)：40～100℃で運転されていた機器であり、18ヶ月運転後に保温材下で割れが発生した。保温材は湿った状態に保たれていた。 ② 分離機(2)：温度105℃程度で使用されていた機器であり、海水が滴下する金属表面（裸面）で割れが発生した。 ③ 熱交換器：ガス入口温度は約160℃、ガス出口温度は約46℃。定期的に海水がかかる金属表面（裸面）で割れが発生した。 25Cr系二相ステンレス鋼（スーパー二相ステンレス鋼）に発生した割れ（④） ④ 多分岐管：温度は100℃程度まで上昇する個所で、保温材下の溶接熱影響部で割れが発生した。保温材は湿った状態に保たれていた。 ①と④は保温材下で発生した割れ事例であり、②と③は裸（無防食）の金属表面で発生した割れ事例である。			
調査内容とその結果 ① 分離機(1)：割れは溶接金属を起点として発生していた。割れ形態から応力腐食割れと判断された。保温材が湿っていた事が割れ発生に寄与した。 ② 分離機(2)：海水が滴下する裸のステンレス鋼表面（裸、無防食）で割れが発生した。海水の滴下・蒸発・塩分濃縮が割れの発生の原因と判断できる。 ③ 熱交換器：ガス入口側（高温側）の金属表面（裸、無防食）で、海水が蒸発し、塩化物が濃縮・堆積した。塩化物の堆積した溶接熱影響部で割れが発生した。割れの応力因子は、溶接による残留応力に、運転に基づいて発生する熱応力が加わったためと判断された。 ④ 多分岐管：溶接熱影響部に割れが発生した。溶接残留応力の存在及び保温材が湿っていた事が割れ発生に寄与した。			
損傷発生のシナリオ 以下に述べるような環境条件と応力条件が重複し、応力腐食割れが発生した。 ・環境因子：温度が100℃あるいは100℃以上であった個所に、海水が滴下あるいは定期的に流入した。そのため、海水の蒸発により塩化物イオンが濃縮され堆積した。塩化マグネシウム塩を含む濃厚な塩は水の沸騰点を上昇させ、100℃以上でも湿潤状態を維持した。保温材がある場合は、保温材下で塩化物イオンが濃縮し、乾燥を妨げ、湿潤状態を保持した。 ・応力因子：①溶接残留応力、②運転によって発生する熱応力、③加工残留応力等の重複 NORSOK（備考①）の仕様では、22Cr系二相ステンレス鋼では100℃以上で、25Cr系スーパー二相ステンレス鋼は110℃以上で、塩化物による応力腐食割れを発生するとされている。			

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）

アルミニウム溶射コーティング、有機系樹脂コーティングによる防食が対策となる。なお、有機系樹脂の場合、その耐熱性に注意を払わなければならない。たとえば、エポキシ系の場合、種類によって異なるが 100～150℃まで使用は可能である。それより高い温度では、シリコン系がより耐熱性を示す。アクリル系は、通常トップコートに使われる。運転期間中は、コーティングの経年劣化に関する検査、メンテナンス、必要に応じて再塗装が必要である。

なお、③の熱交換器では、対策としてアルミニウム溶射コーティングを実施した。その後、割れは発生していない。④の多分岐管では、割れの深さは軽微であったので、グラインダー研磨で割れを除去し、その後塗装（ペンキ）を施工して再運転した。なお、④の場合、割れの発生した個所の保温材は除去し、目視点検が出来るようにし、それ以外の個所の保温材は、湿り状態にならないようにするため、耐水生シールを施した。その後、割れは発生していない。

教訓

二相ステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて耐塩化物応力腐食割れ性が優れているが、温度が上昇（約 100℃以上）すると割れを発生する。海水が滴下する個所では、海水中の塩化マグネシウムは吸湿性が高いので、100℃以上になっても、湿潤条件を維持する。

4 件の事例の内、溶接熱影響部で発生した事例が 2 件、溶接金属部で発生した事例が 1 件と、溶接に起因した事例が多い。溶接個所は、溶接残留応力が発生するとともに、耐食性が低下する事がある。

備考

① NORSOK Standard M-001, Rew.3, November 2002 Material selection

主要因		教訓とすべき対象者	
チェックボックス		チェックボックス	
	当時の技術レベルでは不可抗力	<input type="radio"/>	設計者
<input type="radio"/>	情報伝達不備・不足	<input type="radio"/>	製作者 / 建設担当者
	担当者不勉強/教育不十分/意識不測		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

2 ページ以降に写真、図表等を添付してください