

UME-309	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） Case studies in Engineering Failure Analysis 2(2014)69 75		本資料の 作成者名 梅村文夫
整理番号	資料のタイトル Weld failure analysis of 2205 duplex stainless steel nozzle		
失敗事例のタイトル 溶接時に起因する微細な凝固割れを起点とした割れ事例			一次原因（材料要素） 凝固割れ（溶接時）
機種 反応容器	部品 ノズル溶接継手部	材料 二相ステンレス鋼	概略の寸法 容器直径 4000 mm 容器板厚 34 mm
損傷発生時の状況 二相ステンレス鋼製の反応容器の頭部に、同じく二相ステンレス鋼製のノズルが 5 つ溶接で取り付けられていた。これらすべてのノズルにおいて、反応容器との溶接部で割れが確認された。割れ原因に関する詳細な調査を運転一年後に行った。反応容器の内部流体はプロセスガスであり、温度は約 100℃、圧力は 0.2MPa であった。 反応容器の直径は 4000 mm、容器の板厚は 34 mm である			
調査内容とその結果 ノズルは SMAW（被覆金属アーク溶接）で反応容器の頭部に位置していた。溶接部の開先の形状は K 形であり、溶接は 4～5 層盛りで実施されていた。 割れは、反応容器の内側の K 溝の溶接熱影響部（ノズル側）で発生しており、K 溝の K 部の深さ 17 mm に達していた。 割れ近傍では、減肉や塑性変形の痕跡は見られなかった。このことは、割れは脆性的な割れであることを示す。 反応容器の材質は以下の通りであり、標準的な二相ステンレス鋼の組成（%）を示した。 Cr:22.6、Ni:5.94、Mo:3.16、N:0.16、C:0.02、Mn:0.87、Si:0.38、S:0.001、P:0.021（%） 割れた個所からポートサンプルを取り出して、光学顕微鏡で金属組織観察をするとともに、SEM で破面観察を行った。また、イメージ観察でフェライト量を測定した。その結果は以下の通りであった。 <ul style="list-style-type: none"> ・溶接部の組織は不均一であり、溶接トップ層は微細構造であり、小さなオーステナイト粒を多数含む。 ・トップ層の下の層では、ほとんどフェライト組織であり、その中に配向性の強いオーステナイトが共存する。 ・フェライトの占める割合は 80%～90%であった。 ・割れは溶接熱影響部で発生しており、割れの表面近傍には、溶接金属を起点として発生した柱状組織間を進展する小さな割れが見つかった。この小さな割れは、粒内割れへと進展していた。 			
損傷発生のシナリオ 溶接金属のフェライトの割合は不均一であり、かつ 80%～90%であったことから、溶接入熱が不十分であり、溶接後の冷却速度が速かったと推測される。フェライト量が多く、柱状組織を示すものは、一般に凝固割れが生じやすい。従って、柱状組織間を貫通する微細な割れは、溶接金属が凝固する過程で生じたと判断できる。凝固割れを残したまま、水圧テストを行ったために、微細な凝固割れは、粒内割れへと進展した。割れが板厚を完全に貫通してなかったため、そのまま運転に入った。			
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） 溶接部のフェライトの割合は 30%～70%が好ましい。フェライトの量は合金組成、溶接後の冷却速度、溶接入熱等に依存する。 補修溶接として、TIG(Tungsten Inert Gas) 溶接を行う計画である。TIG 溶接は、溶接の熱入力、溶け込み深さの制御等において SMAW より優れており、高品質の溶接が可能である。			
教訓 溶接管理が不適切だと、溶接過程で凝固割れを発生する事がある。			
備考			
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		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