

UME-144	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 山本栄一：第46回材料と環境討論会講演集、D-208、367～(1999)		本資料の 作成者名  梅村文夫.
整理番号	資料のタイトル 炭素鋼溶接部における硫化物割れとその防止策		
失敗事例のタイトル TIG 溶接一層盛りの場合、溶接金属が硬化しやすい。二層盛りにすることにより硬化が抑制され、硫化物応力腐食割れが防止できる			一次原因（材料要素） 硫化物応力腐食割れ
機種 石油・化学プラント	部品 プロセス配管	材料 炭素鋼	概略の寸法 3/4B～4B
<b>損傷発生時の状況</b> 運転開始後数日～1ヶ月程度で、プロセス配管の隅肉溶接部で割れが発生した。管内は、湿潤硫化水素環境にさらされる。溶接はTIG溶接で、一層盛りで施工されていた。溶接の予熱、PWHT（溶接後熱処理）は行われていなかった。			
<b>調査内容とその結果</b> 割れは、溶接金属中央部で割れていた。溶接部の硬さはビッカース硬さ（Hv）で254～405と高い値を示していた。湿潤硫化水素環境では、溶接部の硬度が高いほど、硫化物腐食割れ（SSCC）を生じやすい。SSCC防止には、硬さ制限（Hv250以下）が適用されていたが、それを超える硬度であったことから、割れの原因は、SSCCと判断された。			
<b>損傷発生のシナリオ</b> プロセス配管の隅肉溶接は、従来、被覆アーク溶接で施工されていたが、溶け込み不良やブローホールなどの溶接欠陥を生じやすかった。そのため、TIG溶接（一層盛り）に変更した。TIG溶接では、溶着金属量が少なく、急熱急冷しやすいため、溶接部が硬化しやすい。溶接部が硬化し、その為、SSCCを生じた。			
<b>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）</b> 下記検証試験を行い、その結果、対策としてTIG溶接（二層盛り）とすることとした。  検証試験結果：TIG溶接一層盛りではHv300程度となる。TIG溶接二層盛りでは、初層でHv150程度、二層目でHv200～250と問題ない硬さとなった。二層盛りの場合、初層では、母材からのカーボンの拡散による炭素当量Ceq(備考)の増加や急熱急冷により硬化しやすいが、二層目の溶接により軟化（焼戻し効果）する。また、二層目は一層目の上に積層されるため、母材からのカーボンの拡散量は減少し、硬化しにくい。 他の対策として、溶接施工時の予熱、PWHT（溶接後熱処理）、低Ceq（備考）溶接材の使用が考えられるが、コストアップや建設現場での施工管理の面から、TIG二層での溶接が現実的で有効な対策となる。			
<b>教訓</b> TIG溶接では、溶着金属量が少なく、急熱急冷しやすいため、溶接部が硬化しやすい。溶接部の硬化は、二層盛りにすることにより抑制することが出来る。			
<b>備考</b> $Ceq = C + Mn/6 + Si/24$ （簡易式）：高い値ほど硬化する。			
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	
<input type="checkbox"/>	当時の技術レベルでは不可抗力	<input type="checkbox"/>	設計者
<input type="checkbox"/>	情報伝達不備・不足	<input type="checkbox"/>	製作者 / 建設担当者
<input type="checkbox"/>	担当者不勉強/教育不十分/意識不測	<input type="checkbox"/>	検査者
<input type="checkbox"/>	指示ミス	<input type="checkbox"/>	使用者
<input type="checkbox"/>	うっかり、ぼんやり	<input type="checkbox"/>	メンテナンス者
<input type="checkbox"/>	その他	<input type="checkbox"/>	その他