

SIN-046	資料の出典(資料名、著者、巻、号、頁など) J.B.Sievert: Ammonia Plant Safety, 42, 77(2002)	本資料の 作成者名	
整理番号 SIN-046	資料のタイトル Bimetallic and Alloy Welds in HP Hydrogen and Nitrogen Service	篠原孝順	
失敗事例のタイトル Cr-Mo 鋼/Inconel 溶接部の剥離		一次原因(材料要素) 水素脆化割れ	
機種 アンモニアプラント、反応器、熱 交換器	部品 アンモニアコンバーター出 口熱交シェル	材料 1-1/4Cr-1/2Mo 鋼、低 合金鋼、Inconel 82、Ni 基合金、溶接材	概略の寸法 1,600 OD x 145 t x 7,700 H
<p>損傷発生時の状況</p> <p>Kellogg 法アンモニアプラントで、アンモニアコンバーター出口ガスから熱回収を行う多管式縦型熱交換器(シェル側: プロセスガス= 全圧 170kg/cm²—水素分圧 93kg/cm², 485°C~357°C/チューブ側: BFW=266°C~328°C)のシェル周方向溶接部から、約9年間使用後にプロセスガスの漏出が起った。いずれも 1-1/4Cr-1/2Mo 鋼鍛造品(内面に 347 鋼クラッド付)のシェルと管板の継ぎ手部で、熱交組立て時の最終溶接線のため溶接材に Inconel 82 を用いていた。</p>			
<p>調査内容とその結果</p> <p>損傷溶接部の検査(金属組織検査、硬度測定、元素分布測定など)、運転条件調査など: Inconel 600 でバタリング後熱応力除去を行ったうえで Inconel 82 を用いて溶接したが、シェル側のボンド部が約半周に亘って剥離していた(損傷部の運転中推定温度: 427°C)。</p> <p>管板の金属組織が均一細粒(ASTM E 112: 8)であったのに対し、シェルでは不均一で粗粒が含まれていた(ASTM E 112: 8~4)。また、バタリングの際の母材への成分拡散(Ni, Cr など)が、管板側に比べてシェル側は大きい。さらに、シェル側ボンド部では母材、クラッド材、溶接材とも、管板側に比べて硬度が高い。</p> <p>損傷部で一部窒化がみられたが、水素侵食は起っていない。</p>			
<p>損傷発生のシナリオ</p> <p>製作時のバタリング入熱条件管理とバタリング後の熱応力除去操作が不適切であったことと、不均一な鍛造組織であったこととによって、シェル側の溶接ボンド部に硬度が高く残留応力の大きい箇所ができた。この部分で、運転中にプロセスガスから溶け込んでいた水素による水素脆化割れが、運転停止後のクールダウン時に進行して行き、9 年間にプロセスガス漏出となった。運転時の水素溶解度が母材と溶接材で大きく違うことが、大きなポイントであった。</p>			
<p>対策(損傷発生時にとられた対策あるいは現在とすべきと考えられる対策)</p> <p>剥離した溶接線を、低クロム鋼で再溶接・PWHTして修復した。Kellogg Brown Root 社のライセンシーで本件と同じ構造・運転条件のプラントを使用している会社に対して、本件の情報を提供して点検実施を推薦した。</p>			
<p>教訓</p> <p>高温水素ガスを取り扱うプラントで経年後にオーステナイト・フェライト異材溶接部の剥離が起ることは、アンモニアプラントの他の機器や石油精製関係など他プラントでも本件以前(1980 年代)から知られていた。したがって、機器設計者-機器製作者-プラントユーザの緊密なコミュニケーションが必要であった。</p> <p>PWHT を省略するために Inconel 82 を採用したことも、疑問である。</p>			
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	<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
<input type="radio"/>	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	<input type="radio"/>	メンテナンス者
	その他		その他