

SIN-032	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 非公開資料		本資料の 作成者名 篠原孝順
整理番号 SIN-032	資料のタイトル		
失敗事例のタイトル 多管式熱交換器ハブ付き管板の破壊			一次原因（材料要素） 脆性破壊
機種 ガス井戸元設備、多管式熱交換器	部品 ガス冷却用熱交換器、ハブ付き管板	材料 炭素鋼製鍛造品	概略の寸法 1,5000D X 145t
損傷発生時の状況 当該熱交の製作完了後の耐圧試験時に管板ハブとシェルの溶接線に沿ったハブ部に2/3周に亘り貫通亀裂が生じ破壊した。亀裂は脆性破面を呈しており、管板とシェルを溶接する際に開先合わせ用クランプの仮付け溶接部の微小なアンダーカットを起点に発生していた。なお、耐圧試験時に管板フランジから漏れが生じフランジボルトを増締めした経緯があるが、この際にハブ部に働く応力が脆性破壊の応力源のひとつとなったと考えられた。また、増締めを必要とした漏れの要因として、オーナー指定のガスケットの選定不良があった。			
調査内容とその結果 破損した管板の各種材料検査を実施した。その結果、当該鍛造品のシャルピー衝撃特性は、常温での吸収エネルギーが1kg・m弱、FATT=90℃と非常に悪いことが判明した。特に吸収エネルギーについては、ミルシート記載値に比べて低く品質保証体制に大きな疑義があることが明らかとなった。また、金属組織検査で結晶粒度が大きいことも判明しており、襲撃値が低い要因と考えられた。さらに破壊の起点となったクランプ取り付け溶接部は、低溶接入熱の関係で硬化組織を呈し、溶接低温割れを示す粒界割れも検出された。このような応力集中源となる起点が存在していたことも、本脆性破壊を引き起こした大きな要因になっていると考えられた。			
損傷発生のシナリオ 以下の3つの要素が重なり破壊に繋がったと考えられる。 1) 低靱性の鍛造品 2) 耐圧試験時にフランジでの漏れが止まらず極度の増締めにより高応力が作用していた 3) 破壊の起点なる仮付け溶接の微細な溶接欠陥が存在していた			
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） 当該熱交の再製作となった。			
教訓 鍛造品の品質は、素材の材質（成分組成）と共に、鍛造のための加熱とその温度管理、鍛錬成形比ならびに鍛造後の熱処理など鍛造工程に大きく影響される。従いこれら工程の一貫した品質管理が求められるが、現在、鍛造品は製鋼、鍛造、熱処理、機械加工と工程毎に分業体制で実施されることが多い。品質管理の責任体制の明確化が必要であった。また、そのための基準、特に低温仕様のハブ付き管板としての特殊仕様や検査要領の準備と遵守するための体制確立が欠けていた。また、鍛造品は大型になるほど素材の成分設計や鍛錬方法にノウハウがあり、鍛造品の品質がメーカーの技量に大きく左右されることを認識させられた。			
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）	
<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	○	製作者 / 建設担当者
○	担当者不勉強/教育不十分/意識不足	<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