

SIN-044	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） ①中国地域産業防災対策推進委員会：出光興産(株)徳山製油所第二接触水添脱 硫装置反応塔事故報告書(1980) ②河村・松村：安全工学，21，101(1982)		本資料の 作成者名 篠原孝順
整理番号 SIN-044	資料のタイトル ②水添脱硫装置反応塔破裂事故		
失敗事例のタイトル 高温高压水素ガス中での異材溶接剥離・水素侵食による圧力容器破裂			一次原因（材料要素） 脆性破壊・異材溶接継手剥離・水 素侵食
機種 石油精製プラント・水添脱硫 装置反応塔	部品 反応塔壁 （圧延クラッド付き）	材料 C1/2Mo 鋼=SB46M 相当、 低合金鋼、13Cr-Al 鋼、 フェライト系ステン レス鋼	概略の寸法 2,286ID x 89t x 8,560H
損傷発生時の状況 18 年間稼動してきた軽油・ナフサ・灯油の水添脱硫反応塔（9,000BPD，運転圧力：～50kgf/cm2=水素分圧：～39kgf/cm2， 運転温度：～350℃）が、定修後再稼動前の N2 ガスによる漏れテスト中に破裂した。大小 44 の破片（最重片：4,600kg） になって最大飛距離 115m までの範囲に飛散し、周辺機器・配管・構造物に甚大な損害を与えた。深夜であったため、人 的被害はなかった。			
調査内容とその結果 塔壁の耐圧材料 C1/2Mo 鋼（ASTM A204-61 Gr. A, F. B. Q.）は、製作時（1959 年）においては設計条件（65kgf/cm2=水素 分圧 51kgf/cm2，454℃）も Nelson 線図（API 941）の安全域にあった。その後線図が改定されたが、運転条件は事故 時にも当時の Nelson 線図（1977 年版 API 941）の安全域であった。ただし、その後’77 版の安全域において C1/2Mo 鋼 の水素侵食事例が次々と報告されたため再度改定が行われ、’90 版では本運転条件は危険域に入った。 割れ開始箇所は製作時に行われた内面の溶接補修部であり（欠陥のグラインダー除去後溶接盛り）、補修溶接金属（D309） と C1/2Mo 鋼母材とが剥離しており、更に剥離面から壁外面方向に進展したクラックが存在していた。 使用された耐圧材料の化学組成、引張強度は C1/2Mo 鋼の規格を満足していた。ただし、シャルピー衝撃値は低く、延性・ 脆性遷移温度域が広がった。 稼動開始後 9 年間（～1971 年）は、毎年 の定修点検時に目視検査・浸透探傷試験・磁粉探傷試験・スンプ試験 ・定点肉厚測定を行っていたが、それ以降事故発生までは目視検査のみしか行っていなかった。また、検査の重点は、 ノズル取付溶接線・ライニングに置かれていた。			
損傷発生のシナリオ 高温高压水素ガス雰囲気中で長年にわたって起動・停止を繰り返しながら使用されたため、溶接補修部で異材継手（フ ェライト鋼・オーステナイト鋼）の剥離が起った。同時に、C1/2Mo 鋼の水素侵食が進み、耐圧壁内部に欠陥が発生・拡 大した。その結果、漏れテスト時の条件（推定壁温：約 13℃）でクラック先端の応力拡大係数が破壊靱性値に達し破裂 した。			
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） 新作機器に対しては、高温高压水素ガス雰囲気での C1/2Mo 鋼の使用範囲を見直す（API で実施し、既に周知徹底されて いる）。また、欠陥の補修などに異材溶接を採用しない。 既存機器については、使用条件をレビューし直し、適切な対策をとる。例えば、検査方法に内部欠陥を発見するための 超音波検査を加える、など。			
教訓 工業施設用材料の選定にあたって使用する基準の中には、過去の実績に準拠して作成されているものが多々ある（特に、 応力腐食割れ、水素脆化などの環境応力割れに関するもの）。これらに対しては、使用者・製作者とも情報のフォローを 忘れてはならない。本件のように、現象の進展速度が遅く長年経過してから損傷に至るものは要注意である。 本事故発生時には、C1/2Mo 鋼の’77 版 API 941 安全域での水素侵食事例の発生について、既に注目が集まり始めていた ようである。 本反応塔の使用者・メンテナンス者は、異材溶接による補修部の存在を全く知らされていなかったと思われるが、この 点にも反省すべきポイントがあろう。			
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	☐	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/意識不足		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

事例番号：SIN-044

