

SIN-038	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） B. J. Grotz & G. R. Prescott: Ammonia Plant Safety, 33, 209(1993)		本資料の 作成者名 篠原孝順
整理番号 SIN-038	資料のタイトル Disbonding between 5Cr-1/2Mo and Inconel and Nitriding of 5Cr-1/2Mo		
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） 水素誘起割れ
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 一出口熱交換チューブ	材料 Inconel、5Cr-1/2Mo 鋼、Ni 基合金、低合金 鋼	概略の寸法
損傷発生時の状況 アンモニアコンバーター（130kg/cm ² 、400℃：推定）出口ガス/入口ガスの多管式熱交換器チューブの Inconel・5Cr-1/2Mo 鋼溶接継ぎ手部で剥離が起ってガスが漏洩し、入口ガスが出口ガスラインへバイパスした。この漏洩はプラントの停止・起動 120～130 回目の頃から観察されはじめ、12 年間使用後（約 200 回停止・起動）にバイパス率 30% となったため熱交をリプレースした。			
調査内容とその結果 損傷チューブの検査（金属組織検査、硬度測定など）、類似事例調査など：運転中アンモニアコンバーター出口ガス（NH ₃ ；11%、H ₂ ；60%、N ₂ ；20%—推定）から Inconel 中に溶解している多量の水素が、運転停止過程で抜けきれず Cr-Mo 鋼との界面に溜まることによって剥離が起こった。著者らは Inconel オーバーレイでのプリスターなど、類似の事例を 4 件既に経験していた。なお、5Cr-1/2Mo 鋼チューブの窒化が激しく進んでおり、高温部分では約 1.5mm の全肉厚が窒化されていたが、これによるチューブの破損は起こっていなかった。			
損傷発生のシナリオ 入口ガスのバイパスによりアンモニアコンバーターの性能低下が起こったため、本熱交を点検して溶接部の剥離を発見したが、特に危険はないと判断して運転を継続した。バイパス率 30% となり性能低下を無視し得なくなったため、 新作熱交 とリプレースした。			
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） 新作熱交とリプレースした。			
教訓 高温高圧水素を扱う機器で、Inconel/Cr-Mo 鋼継ぎ手部が起動・停止を繰り返すうちに剥離を起こすことは既に知られている。とは言え、明らかに損傷を受け欠陥を内蔵しているプラントを運転し続ける神経は、日本では理解し難い。同じような環境は他のプロセスに幾つもあるが、例えばリファイナリーの水素化分解反応器で、Cr-Mo 鋼部の欠陥を Inconel によって溶接補修した部分で剥離が起こり、大きな爆発事故に至った事例が国内にある。熱処理を避けるべく Cr-Mo 鋼の欠陥部をオーステナイト鋼で溶接補修することは間々あるので要注意。			
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	<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