

SUZ－072	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 腐食防食学会第 178 回腐食防食シンポジウム資料、大西浩三、栗原朋之、 p. 16（2013）.		本資料の 作成者名 鈴木紹夫
整理番号	資料のタイトル 設備老朽化現象とその特徴－高温劣化／損傷		
失敗事例のタイトル 機器製作年に依存する不純物元素含有量に起因するクリープ脆化			一次原因（材料要素） クリープ脆化
機種 ボイラー	部品 主蒸気配管	材料 1Cr-0.5Mo 鋼、低合金 鋼（STT42G）	概略の寸法
損傷発生時の状況 1962 年製で約 25 万時間使用したボイラー（設計温度：541℃、設計圧力：11.27MPa）の主蒸気配管に割れが発生した。割れはボイラー 2 次過熱器からタービン系へ繋がる蒸気ラインで、出口管と T 字継手（鍛造材）間の溶接部に発生した。			
調査内容とその結果 割れ発生部の断面マクロ組織観察の結果、割れは T 字継手側溶接熱影響部に発生しており、形態は粒界割れで、主き裂周辺にはクリープボイドも認められたことからクリープ脆化割れと判断された。クリープ脆化は比較的低応力、低温度でのクリープ変形で破断延性が著しく低くなる現象で、1.25Cr 以下の低合金鋼で起こりやすく、0.5Mo 鋼でも 450～550℃、1.25Cr-0.5Mo 鋼では 500～600℃で起こる。脆化は不純物元素の粒界偏析によるので、脆化感受性は不純物含有量と相関があり、クリープ脆化指数：CEF＝P＋2.4As＋3.6Sn＋8.25Sb（wt%）が CEF＞0.15 で脆化割れを生じると報告されている ^{（1）} 。1960 年代に製造された当該 T 字継手の不純物元素の分析結果、P:0.014、S:0.006、As:0.030、Sb:0.008、Sn:0.041（wt%）で、CFE＝0.299 となり、クリープ感受性が高いことが確認された。なお、1975 年以降に製造された材料の CFE は 0.05 以下で、この感受性は低い。			
損傷発生のシナリオ 1960 年代に製造された 1Cr-0.5Mo 鋼製のボイラー主蒸気配管中の T 字継手（鍛造材）が 25 万時間以上の長期間の使用でクリープ脆化により割れが発生した。当該材料は当時の製鋼技術から P、S、As、Sb、Sn など不純物元素の含有量が高く、クリープ脆化感受性が高いことが判明した。ただし当時の材料の全てが割れるわけではなく、1960 年代製の類似ボイラーの当該部位につき MT（磁粉探傷）、UT（超音波垂直／斜角探傷）にて検査した結果、クリープ脆化は認められず健全であった。			
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） 最新の同種材料での更新（採録者推定）。			
教訓 経年劣化が問題となる長期間使用機器については、製造当時の材料の性能や加工技術レベルが現在と異なるので、最新の技術的知見を反映させた目で見直し、健全性を確認する必要がある（採録者見解）。			
備考 (1)D.J.Gooch, J.R.Haigh, and B.L.King: Metal Science, Vol.11, p.545(1977).			
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	
○	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
--	-----	--	-----

2 ページ以降に写真、図表等を添付してください