

UME-112	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） http://www.nucias.jp/nucia/kn/KnTroubleView.do?troubleId=9992			本資料の 作成者名 梅村文夫.
整理番号	資料のタイトル 高圧タービン回り止めピンの溶接部の割れ			
失敗事例のタイトル 予熱・後熱処理が不十分のため生じた溶接金属の低温割れ				一次原因（材料要素） 脆性破壊（低温割れ）
機種	発電プラント 高圧タービン	部品 回り止めピン	材料 低合金鋼	概略の寸法 溶接金属：10 mm×10 mm
損傷発生時の状況 高温・高圧の水蒸気が高速で流入する高圧タービン主蒸気入口配管の付け根付近から蒸気が漏れた。目視点検を行った結果、静翼の回転を防止するために取付けられている“回り止めピン”の頭部や周辺から蒸気が漏れていた。また、ピンを高圧タービン車室に取付けているすみ肉溶接部に割れが確認された。この蒸気漏れは運転後比較的短時間の事象と判断できる（データ採録者記入）。				
調査内容とその結果 ①割れは溶接線の円周上に発生しており、溶接ビード（溶接金属）の割れであった。②破面のSEM観察では、内面側に擬へき開破面（比較的平坦な凹凸で、破壊の進展方向に川の枝分かれ模様が見られる）が観察された。外側に近づくにつれて、擬へき開破面とともに粒界破面が観察された。これらの破面形態は、低温割れの破面の特徴と一致する。③母材部のピーカス硬さは平均で、ピン Hv167、車室 Hv167であったが、溶接金属中央部は Hv300～421、割れ近傍は Hv282～442 と高い値を示した。④溶接の作業指示書では、溶接後の焼鈍条件は 680℃～700℃、15 分以上保持と書かれていたが、聞き取り調査の結果、680℃焼鈍温度に達した後、加熱保持は行っていなかった。⑤溶接後の冷却時に発生する熱収縮で、溶接部には拘束力が発生する。⑥再現試験の結果、予熱（200℃以上）時に、プロパン燃焼により発生した水滴が残留することが分かった。⑦予熱や焼鈍はガスバーナにより局部を集中加熱する方法であった。⑧再現試験で、類似の割れが発生した。				
損傷発生のシナリオ ① 溶接前の予熱：表面温度約 200℃確認後、加熱を停止した。部分的な加熱で、周囲も含めて、200℃以上の温度が保持出来なかった。また、車室の熱容量が大きく、温度は急速に低下した。そのため、燃焼ガス中の水蒸気が結露し、水滴が発生し、ピン下部の隙間に付着・残留した。 ② 溶接時：水滴は溶接の熱で気化し、水素が金属内に侵入した。 ③ 溶接後の熱処理：ガスバーナで 680℃に加熱したが、局部加熱であり、表面温度確認後加熱を停止した。車室の熱容量が大きいため、温度は急速に低下した。その為、溶接金属は軟化せず硬いままとなり、かつ拡散性水素の除去が不十分となった。 ④ 板厚の厚い車室へのすみ肉溶接のため、溶接金属の収縮に基づき拘束応力が発生し、溶接後に低温割れが発生した。				
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） 加熱と温度保持方法を、ガスバーナから電気パネルヒータに変更し、水滴の発生を防止すると共に、温度管理を確実にするようにした。また、溶接金属を炭素鋼に変更し、溶接後の熱処理条件をマイルドにし、熱処理管理を容易とした（低合金鋼より炭素鋼のほうが硬くなりにくい）。				
教訓 ガスバーナを使用した場合の加熱方法や温度確認方法の指示が不足していた。車室のように熱容量が大きいものに溶接する場合の、予熱、溶接後熱処理の温度管理は部分的な温度測定では不適當である。				
備考 低温割れ：材料の硬化、拘束応力の発生、拡散性水素の3因子により、溶接金属や溶接熱影響部において、溶接後に、常温付近に低下してから発生する。溶接加工中、あるいは溶接後数日中に割れが発生する。				
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/意識不測		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	

