

UME-206	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） <a href="http://www.nucia.jp">http://www.nucia.jp</a> 通番 9981		本資料の 作成者名  梅村文夫
整理番号	資料のタイトル 蒸気発生器伝熱管の損傷について		
失敗事例のタイトル 介在物（バリ）の巻き込みに起因して生じた引張残留応力による応力腐食割れ			一次原因（材料要素） 応力腐食割れ
機種 加圧水型原子力発電	部品 蒸気発生器伝熱管	材料 600系ニッケル基合 金	概略の寸法 外径 22 mm、板厚 1.3 mm
<b>損傷発生時の状況</b> 定期検査において、蒸気発生器（SG）の伝熱管について渦流探傷検査を実施した。その結果、一本の伝熱管管板部に割れが認められた。割れのあった箇所は、高温側伝熱管のローラ管板（備考①）部の、一次冷却水（原子炉水：高温脱気水）にさらされる側から発生していた。			
<b>調査内容とその結果</b> 当該部分の型取り（スンプ）による調査を実施した。その結果、高さ方向に管端から約 23mm の位置に長さ 1.3～3.1mm の割れが 4 本確認された。割れは、ジグザグで一部に枝分かれが見られ、1 次側の冷却水（脱気高温水：管内面）側からの応力腐食割れ（PWSCC：備考②）の様相を呈していた。また、型取り（スンプ）から伝熱管内面形状を調べた。その結果、割れ近傍では、長さ約 5mm×5mm の範囲で、わずかな内面側への凸の変形が確認された。そこで、管板部の製造過程で内面変形（凸の変形）が発生しうる潜在的な要因に関して、各種聞き取り調査を実施した。その結果、管穴加工時に発生したバリ（断面が幅 1mm×高さ 0.16mm 程度のもの）が残存していた可能性が高いことが分かった。バリが存在していた場合、伝熱管の挿入時に、管穴と伝熱管のわずかな隙間にバリが挟み込まれ、管穴の当該位置まで持ち込まれた可能性が考えられる。 バリが存在したと想定し、拡管が行われた時の残留応力を解析し、これに運転時圧力を負荷した時の発生応力は、340MPa 程度の引張り応力が発生する結果となった。			
<b>損傷発生のシナリオ</b> 伝熱管挿入に際し、管穴と伝熱管の間に微小な介在物（管穴加工時に発生したバリ）が挟み込まれた。その上をローラ拡管したので、引張り残留応力が高くなった。これと運転時の内圧による応力が相まって、約 340MPa 以上の引張応力が発生し、PWSCCが発生した。			
<b>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）</b> PWSCCの認められた伝熱管については施栓する。今後、拡管を実施するような機器を製作する際には、発注者として検査に立ち会うなどし、介在物に対する管理強化を図る。			
<b>教訓</b> 伝熱管挿入に際しては、微小な介在物（バリ等）が挟み込まれないように厳格管理する事が必要。			
<b>備考</b> ①伝熱管内部に機械式ローラを通すことで伝熱管（外径）を押し広げて、伝熱管と管板を接合させる工程。 ② PWSCC:Primary Water Stress Corrosion Cracking：加圧水型原子炉の一次冷却水（脱気高温純水）中で生じる、ニッケル基合金の粒界型応力腐食割れを PWSCC と呼ぶ。			
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