SUZ-011	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 北村義治、.:「防蝕技術」、ｐ.210, 地人書館(1997).	本資料の作成者名
整理番号 ６３	資料のタイトル 有機酸反応塔の水素脆化	鈴木紹夫

失敗事例のタイトル			一次原因（材料要素）
チタンの水素脆化による割れ			水素脆化
機種	**部品**	**材料**	**概略の寸法**
反応塔、高圧液相反応塔	塔本体内面チタンライニング部	チタン、JIS2 種、Ti	2mmt×965φ×10,336h

損傷発生時の状況

鋼製圧力容器の内面にライニングされているチタンの溶接部近傍に使用開始後 5 年で割れが発生した。使用条件：有機酸 50%水溶液(pH3)、200℃、2MPa、チタンは外見上完全耐食を示し、割れ部以外には異常は認められなかった。割れ部を溶接補修する時、溶接熱によるガスの発生が認められた。これ以降毎年補修をくり返し数年間使用を継続したが、9 年目で溶接補修が不可能になり更新された。

調査内容とその結果

塔内各部より切り出した試料の化学分析の結果、水素が 3,000ppm 以上検出された。機械試験の結果、硬度、引張り強さの上昇、および伸びの低下が認められたが、これらはそれほど大きなものではなかった。しかし衝撃値が極端に低下（未使用材の 15. 7 が 0.3kg-m/cm²）していた。この結果、チタンが不動態を維持していたにもかかわらず長期間の使用で水素を吸収し、脆化して割れたと結論された。水素吸収速度の推定：非酸化性酸中のカソード反応（水素イオンの還元反応）による不動態保持電流を 0.1μA/cm² と仮定すると、単位面積当たり還元される水素イオンの量はおよそ 0.3ｇ/cm²/年となる。板厚 2mm のチタンの重量は 0.9ｇ/ cm² なので、還元される水素イオンの約 10%がチタン中に吸収されるとこのレベルに達する。

損傷発生のシナリオ

高温高圧の非酸化性酸中で不動態を保持し完全耐食を維持していたチタンが不動態保持電流に相当するカソード反応である水素イオンの還元反応の過程で、原子状水素の一部が金属チタン中に吸収されて、チタン水素化物を形成して脆化し、運転中の圧力変動などの衝撃力に耐えられなくなり割れが発生した。

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）

定修毎に溶接補修をくり返し対処したが 9 年目で補修不能となり廃棄した。水素脆化は水素イオン以外の他の酸化剤、たとえば酸素を共存させれば防止できるが、本系では反応条件よりこれができず、同種材料による定期的更新で対処した。

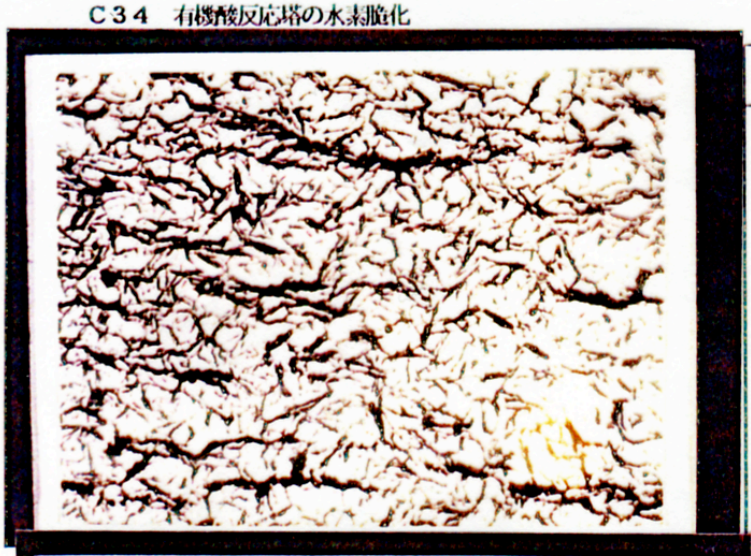
教訓

材料選定の段階で、重量減で評価される耐食性、すなわち不動態を維持できるかどうか、に関心が集中し、長期的挙動に対する考察が不十分だった。チタンのように水素化物を形成しやすい金属の場合、不動態を保持しても、その結果長期的に何が起こるか、想像力を働かせることが重要である。

備考

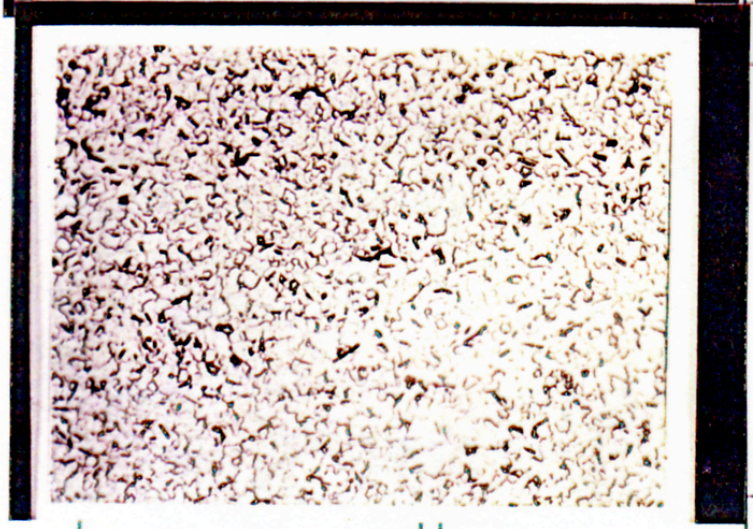
主要因		教訓とすべき対象者	
ﾁｪｯｸﾎﾞｯｸｽ		ﾁｪｯｸﾎﾞｯｸｽ	
○	当時の技術レベルでは不可抗力	○	設計者
	情報伝達不備・不足		製作者 / 建設担当者
	担当者不勉強 / 教育不十分 / 意識不足		検査者
	指示ミス		使用者
	うっかり、ぼんやり		メンテナンス者
	その他		その他

C３４　有機酸反応塔の水素脆化　　CARD　B



Ⅰ　２００倍

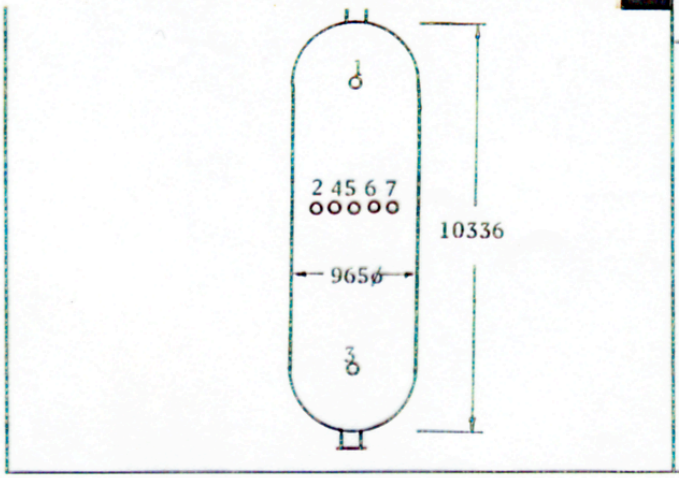
塔中央部の部品から採取したチタンの金属組織。チタン水素化物の生成による異常な組織となっている。



Ⅱ　２００倍

未使用の金属組織。これに比べて写真Ⅰの異常組織が明らかである。

Ⅲ



サンプリング位置
（表参照）