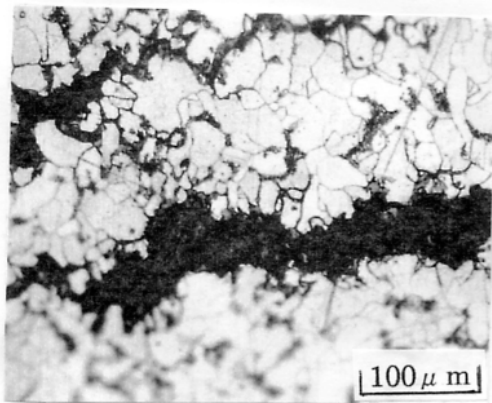
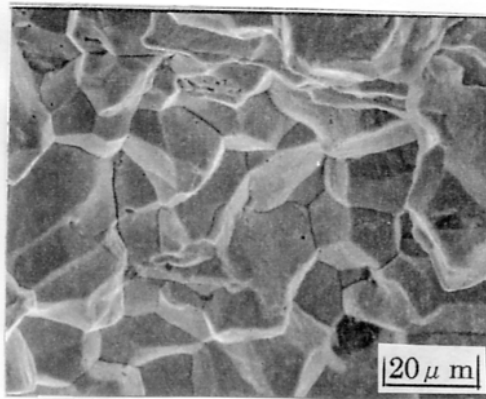


|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                        |                                |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| S/N<br>CB0059034                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 資料の出典(資料名、著者、巻、号、頁):<br>A 社未公開資料(1995) |                                | 本資料の 作<br>成者名<br>尾崎敏範                               |
| 整理番号<br>Ozaki-2003-1                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 資料のタイトル:<br>炭素鋼製焼鈍炉体の硝酸塩応力腐食割れ損傷       |                                |                                                     |
| 失敗事例のタイトル:<br>有機窒素化合物を取り扱う焼鈍炉における炭素鋼板の硝酸塩応力腐食割れ<br>損傷                                                                                                                                                                                                                                                             |                                        |                                | 一次原因(材料要素):<br>硝酸塩応力腐食割れ、硝酸塩 SCC                    |
| 機種: 焼鈍炉<br>使用期間: 1 年間                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 部品: 炉体<br>寸法: 1mm 厚鋼板                  | 鋼種: 炭素鋼<br>硬さ: Hv=100          | 使用環境: 有機窒素化合物雰囲気、雰囲気<br>温度: 100~300℃、炉壁温度: 50~150℃、 |
| 損傷発生時の状況:<br>① ポリイミド樹脂を溶剤 NMP(n-methyl-2-pyrrolidone)に溶解し部品へ塗布する焼鈍炉を製作した。1 年余運転後、炉体に使用した炭素鋼板に無数の複雑形状の割れが生じ、一部が貫通割れとなりガス漏れに到った。<br>② 割れは、炉内部表面より発生し、板外部方向に進行して板厚を貫通した。割れの微細形態は図 1 に示す如く典型的な粒界割れである。                                                                                                                |                                        |                                |                                                     |
| 調査内容とその結果: 上記損傷品の調査結果を以下に示す。<br>① 割れが発生した炭素鋼板は、SS41 相当の C=0.06%、700℃焼鈍材であった。これは、耐硝酸塩応力腐食割れ性を有すとされる、C>0.2%、300~600℃中間熱処理材から逸脱している <sup>1)</sup> 。<br>② 鋼板付着ダストを分析すると硝酸イオンが数百 ppm 前後が検出された。これは、ポリイミド樹脂あるいは NMP が熱分解・酸化されて形成したものと推測される。硝酸イオンが形成される環境条件は未検討である。<br>③ 焼鈍炉体は溶接構造物であり残留応力が存在する。また、使用段階での熱応力も大きいものと推定される。 |                                        |                                |                                                     |
| 損傷発生のシナリオ:<br>① 上述の損傷形態および使用部品の材料、環境および付与応力の各因子は、硝酸塩応力腐食割れの発生条件を満足しているものと判断される <sup>1)</sup> 。その結果、応力腐食割れが発生したものと推測される。<br>② 従来、炭素鋼の硝酸塩応力腐食割れ発生環境は、硝酸製造装置、大気中使用する裸鋼線、油井鋼管、硝酸塩を含有する放射性廃棄物、外燃式熱風炉(1300℃以上に加熱)、などが知られていた。しかし、有機窒素化合物を取り扱う焼鈍炉中に高濃度の硝酸塩が形成・蓄積されとの認識が不十分であった。                                           |                                        |                                |                                                     |
| 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):<br>① 上記損傷を防止するには、使用材料の変更が実用的と思われる。すなわち、C>0.2%、300~600℃中間熱処理した炭素鋼を使用することで、本損傷は実質的に防止しえるものと推測される。なお、将来は、有機窒素化合物から硝酸塩が生成する環境条件を検討し、その回避環境を模索することも検討すべきである。                                                                                                                       |                                        |                                |                                                     |
| 教訓: 有機窒素化合物を高温で取扱う機械装置は、雰囲気条件により硝酸塩を生成する場合がある。本装置材料として炭素鋼を使用する場合には硝酸塩応力腐食割れの発生に配慮する必要がある。                                                                                                                                                                                                                         |                                        |                                |                                                     |
| 備考、参考文献: 1)小若正倫: 金属の腐食損傷と防食技術、アグネ承風社、p.147(2000)                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                        |                                |                                                     |
| 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) |                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 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                                                 |



a) 割れの断面写真



b) 割れの SEM 写真

図 1 炭素鋼製焼鈍炉体に発生した割れ形態