

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                     |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| UME－365                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など）<br>J.Mostofi and M.Zamanian：Materials performance, p.64～,February (2008) |                                     | 本資料の作成者名<br><br>梅村文夫         |
| 整理番号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 資料のタイトル<br>Stress Cracking of Stainless Steel Safety Gate Valve Stem                           |                                     |                              |
| 失敗事例のタイトル<br>不適切な材料選定に起因する硫化物応力腐食割れ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                |                                     | 一次原因（材料要素）<br>硫化物応力腐食割れ（SSC） |
| 機種<br>ガス井                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 部品<br>ゲートバルブ/ステム                                                                               | 材料<br>15-5PH 析出硬化系ステンレス鋼(15-5PH SS) | 使用環境<br>湿潤サワーガス              |
| 損傷発生時の状況<br>サワーガス環境で使用されていた油圧式ゲートバルブの下部ステムが損傷破壊した。<br>ステムは 15-5PH 析出硬化系ステンレス鋼製で、3.5wt%の銅を含み、銅がマトリックスのマルテンサイト中に析出し、硬化する。<br>バルブは通常の操作中は開いたままだが、環境の硫化物含有量のガス圧が通常の値を超えると、油圧システムによってバルブは自動的に閉じられる。<br>き裂はネジの根元部から発生し、比較的直線的に進展していた。<br>ステムは、損傷するまで、ほぼ 6 年間、湿ったサワーガス環境で使われていた。<br>井戸の排水の不純物と運転条件は次のとおりであった。<br>・坑井内最大圧力 4200 psig（29MPa）<br>・ガス温度 80℃<br>・天然ガス C 含有量 89 mol％<br>・天然ガス H <sub>2</sub> S 含有量 3.5 mol％（35.000 ppm）<br>・天然ガス CO <sub>2</sub> 含有量 6.5 mol％（65.000 ppm）<br>・水の塩分濃度 40.000 ppm<br>・天然ガス塩化物含有量 35.000 ppm |                                                                                                |                                     |                              |
| 調査内容とその結果<br>ステムの化学分析を行った結果、15-5 PH SS（UNS S15500）の基準を満たしていた。<br>ステムの硬度は、マクロ硬度スケールで、約 38HRC であった。<br>NACE の MR0175 によると、サワーガス環境で 사용되는材料の硬度は 22HRC を超えてはならない。<br>ステムの微細金属組織構造について、光学および走査型電子顕微鏡で調査した。その結果、ステムには MnS 粒子（硫化マンガン）の存在が見られた。また、き裂の発生・進展を促進する細長い縦方向の介在物の存在が見られた。                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                |                                     |                              |
| 損傷発生のシナリオ<br>H <sub>2</sub> S 成分濃度が高いサワーガス中では、材料の硬度が高いと、SSC に対する耐性が低下する。<br>ステムの硬度は約 38HR であり、NACE 基準値の 22HRC よりも高かった。<br>そのため、ねじ山の根元（高応力部分）から、SSC によりき裂が発生・伝播した。<br>MnS タイプの介在物は、可逆的な水素トラップとして機能し、微細組織内の水素原子の吸収を増加させる。<br>これにより、SSC が発生したが、HIC（水素誘起割れ）も関与した可能性がある。<br>バルブの作動により、ステムは約 6 年間、軸方向に変動する荷重が加えられ、そのため、き裂成長が促進された。                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                |                                     |                              |
| 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）運転中に発生する繰り返し動的応力を軽減する。<br>（2）耐食性の高い材料を使用し、かつ適切な金属微細構造の材料を使用する。<br>・析出硬化性 Incoloy 925 SS<br>・マルテンサイト系析出硬化カスタム 450SS<br>・マルテンサイト系 410SS<br>・マルテンサイト系析出硬化 17-4 PH SS<br>SSC を防止するために、金属組織は清浄で、介在物がなく、適切な硬度で使用する事が求められる。                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                |                                     |                              |
| 教訓<br>SSC を防ぐためには、材料の硬度管理が重要です。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                |                                     |                              |
| 備考                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                |                                     |                              |

|          |                   |           |             |
|----------|-------------------|-----------|-------------|
| 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         |