

(648) 低合金鋼油井管の硫化物割れ要因の実管試験による検討

住友金属工業(株) 中央技術研究所 池田昭夫, 金子輝雄
小野山伸也

1. 緒 言

湿潤な硫化水素 (H₂S) を含むいわゆるサワーな油井, ガス井の開発に用いられる低合金鋼油井管では, 硫化物割れ (SSC) の防止が重要な課題である。SSCは鋼材の強度に依存するため, サワー用途では一般に材料強度の上限が規制されており, 温度やH₂S分圧など環境条件と割れ限界強度との関係も検討されている。一方, 鋼材の耐SSC性の向上には, 高温で焼戻した均一なマルテンサイト組織を得ることや不純物元素であるSやPの低減が有効であることなどが知られている。しかしながら, 実際の使用条件では材質以外にも種々の要因が割れに関与するため, 小型試験で実験室的に得られた結果をそのまま実フィールドに適用することは危険が大きい。

本報では, 大型の引張り内圧型腐食試験機を用いて実管のSSC試験を行ない, 実管に特有の割れ要因や割れ挙動に関し, いくつかの興味ある知見を得たので報告する。

2. 実験方法

供試材には一般用途のN-80とサワー用途のC-90のチュービングを用いた。いずれも焼戻し熱処理材で, 化学組成と機械的性質の代表的な値をTable 1に示す。

Table 1. Materials (60.3mmφ×4.83mm^t Tubing)

| Grade | C | Mn | P | S | Cr | Mo | Y.S. | T.S. | H _R C |
|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------------------|
| N-80 | 0.32 | 1.17 | 0.024 | 0.025 | 0.03 | <0.01 | 66.9 | 76.9 | 19.6 |
| C-90 | 0.27 | 0.45 | 0.009 | 0.004 | 0.95 | 0.42 | 68.3 | 76.5 | 19.8 |

(Y.S., T.S. : kg/mm²)

試験機はFig. 1に示す引張り内圧付加装置を用いた。最大能力は, 引張り荷重100トン, 内圧1500 kg/cm²である。試験条件はTable 2に示す通りで, 試験パイプの内外面を腐食環境にさらした。

Table 2. Test conditions and results

| | N-80 | C-90 |
|----------------|---|---------------------------------|
| Solution, Gas | 5% NaCl - 0.5% CH ₃ COOH (20~24°C), H ₂ S | |
| Environment | Internally and externally corrosive | |
| Pressure | Int. | 420 kg/cm ² |
| | Ext. | 1000 kg/cm ² |
| Tensile stress | 45 kg/mm ² (0.8SMYS) | 63 kg/mm ² (1.0SMYS) |
| Test results | Failed (178 hrs) | No failure (>720hrs) |
| | Small cracks | No cracking |

(SMYS : Specified Minimum Yield strength)

3. 実験結果

(1) 供試したN-80の強度は, 一般にサワー用途材料の選択基準とされるロックウェルCスケール硬度20~22の上限規制を満足しているが, 実管の耐SSC性は低い。破断部近傍には多数のMnSが認められ, 介在物偏析など鋼の不均一性が, SSCの支配要因として重要なことが確認された。サワー用途に開発されたC-90は実管でも優れた耐SSC性を示した。

(2) パイプ締付け時のトンクマークやフィールドでの打ち疵は, 塑性変形による局所的な硬度の上昇をひき起こし, 耐SSC性を劣化させる。N-80ではこれらの疵部に多数の割れが認められた。C-90は塑性変形による耐SSC性の劣化に対する抵抗性が高いが, 製造時やフィールドでの冷間加工はやはり避ける必要がある。

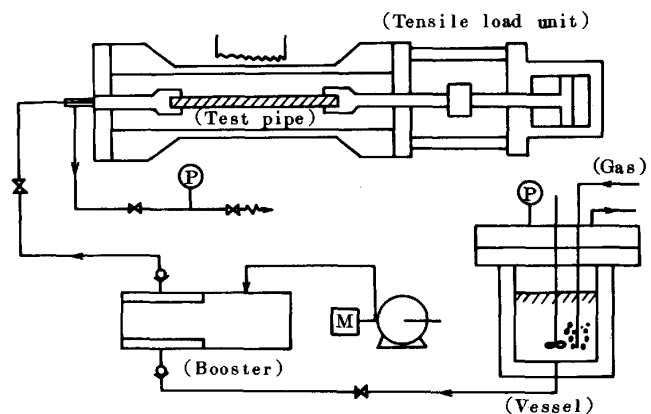


Fig. 1. Scheme of test apparatus