

(749) 低強度鋼の水素脆性感受性の破壊力学的評価方法

住友金属工業(株) 中央技術研究所 ○日野谷 重晴 大森 靖也

1. 緒言

湿潤硫化水素環境で問題となるラインパイプ鋼のステップ状の割れ発生は、介在物の界面に集積した水素の内圧によるマトリックスの水素脆性割れと理解されている。この割れ発生対策として、最近では、介在物の低減、形状制御などの方法がとられているが、マトリックスの割れ感受性の定量的な把握はほとんど行なわれていない。これは材料の強度が低く、割れ発生までにはかなりの塑性変形が伴うため、破壊力学的取扱いが困難であることによっている。そこで、一般に安定性き裂の発生評価に用いられる J-Rカーブ法を応用し、低強度鋼の水素割れ発生の限界の J 積分値 (J_{cr}) を測定する実験を試みた。

2. 実験方法

供試材は Fig.1 に示す低 C - 高 Mn 鋼で、1273 K に加熱後、炉冷し降伏強度 262 MNm^{-2} のフェライト・パーライト組織とした。これより 10mm 厚さの COD 試験片を加工し、BS 5762 に準じ疲労き裂を導入した。この試験片に陰極電解で水素を 5 時間予備チャージし、その後ただちに $K = 1.5 \times 10^{-2} \text{ MNm}^{-3/2} \text{ s}^{-1}$ の低速度で負荷し、Fig.1 のように種々の荷重で除荷した。このため試験片への負荷はインストロン型の試験機を用い、クロスヘッド・スピード一定で行なった。途中除荷した試験片は全て液体窒素温度に冷却して破断させ、その破面を走査電子顕微鏡で観察し、水素による割れの進展を測定した。

3. 実験結果

Photo.1 に Fig.1 の ① 除荷に相当する試験片の破面を示す。水素による割れが疲労予き裂から発生し、それに続く人工破断によるへき開破面が観察される。各試験片につき、等間隔に 9ヶ所このような破面撮影を行ない、水素脆性割れ長さを平均値として求めた。

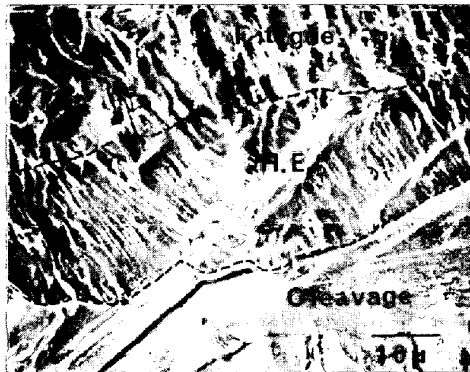


Photo.1. Fractograph for the specimen corresponding to ① in Fig.1

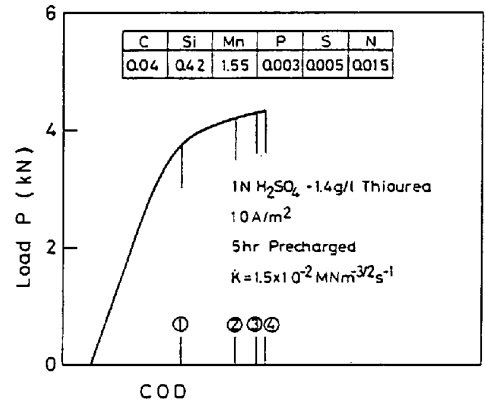


Fig.1. Load-COD curve

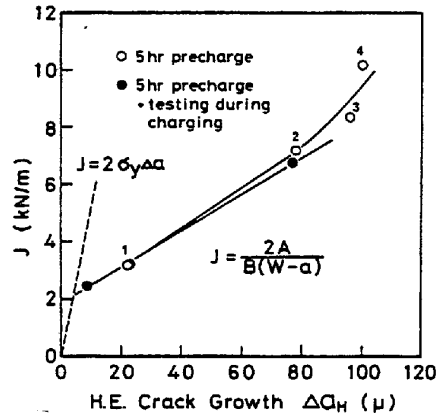


Fig.2 J-R curve

Fig.2 に J 積分値とそれに対応する水素脆性割れ長さを図示した。J 積分値と水素脆性割れ長さ (Δa_H) の間には良い直線性が得られ、安定性き裂の発生評価に用いられる、いわゆる、J-Rカーブ法をこのような低強度鋼の水素脆性割れ発生の評価方法として適用できることが解った。 $\Delta a_H \rightarrow 0$ の外挿線と、き裂先端の鈍化曲線の理論式の交点から得られる水素脆性割れ発生の限界の J 値 (J_{cr}) は 2 KNm^{-1} であった。これを小規模降伏の場合に成立つ、J-K の変換式 $K_{IH} = J_{cr} \cdot E / (1 - \nu^2)$ に従い、K 値に換算すれば、 $K_{IH} = 4.8 \text{ MNm}^{-3/2}$ ($68 \text{ kgf} \cdot \text{mm}^{-3/2}$) である。