

(578) 原子炉压力容器用超厚鋼材の破壊靱性特性に及ぼす中性子照射の影響

原研 東海研 ○古平恒夫 松本正勝 中島伸也
 新日本製鉄(株) 製品技研 山内 勇

1. 緒言 軽水炉の压力容器には、超厚のMn-Mo-Ni系低合金鋼が用いられており、炉心領域においては、これらの鋼材は中性子照射を受け、靱性が低下するため、中性子照射脆化データを取得しておく必要がある。従来は、シャルピー衝撃試験データを中心に中性子照射脆化を評価していたが、最近の破壊力学の原理に基づく構造安全性評価手法¹⁾の採用に伴い、破壊靱性データの取得が焦眉の急となってきた。そこで本報では、国産の2種類の超厚鋼について、中性子照射試験を実施し、破壊靱性を評価した結果について報告する。

2. 実験方法 本実験に供した鋼材は、板厚250mmのASTM A533 B Cl.1鋼(JIS SQV2A相当)及び300mm厚さのA508 Cl.3鋼(JIS SFVV3)である。Table 1に化学成分を示す。これらの鋼材の表面から1/4深さの部分から、10×10×55mmの3点曲げ破壊靱性試験片、2mmVノッチのJIS4号シャルピー及び引張試験片を採取し、キャプセルに収納して、JMTRにおいて中性子照射を行った。照射温度は290℃、高速中性子照射量(>1MeV)は2~3×10¹⁹n/cm²である。照射後試験としては、3点曲げによる破壊靱性試験、シャルピー衝撃試験、引張試験、金相及び硬さ試験

Table 1 Chemical composition of steels used.

| | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | Cu |
|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| A533 | 0.18 | 0.22 | 1.48 | 0.007 | 0.007 | 0.66 | 0.20 | 0.57 | 0.01 |
| A508 | 0.18 | 0.27 | 1.35 | 0.007 | 0.005 | 0.76 | 0.11 | 0.50 | 0.04 |

等を実施した。なお、破壊靱性試験においては、破壊開始点及びき裂進展量を直流電位差法により検出し、以下の式によりJ値を計算した。

$$J = 2A / B (W - a) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、A: 荷重-変位曲線下の面積、B: 試験片厚さ、W: 試験片幅、a: き裂長さである。

3. 実験結果及び考察 Fig. 1は、一例としてA533鋼の中性子照射前後における破壊靱性試験結果を示す。なお、縦軸は以下によりK値に換算して示してある。

$J = (1 - \nu^2) K^2 / E$, (E: ヤング率, ν : ポアソン比)
 中性子照射により、遷移温度が上昇し、上部棚破壊靱性が低下していることが分かる。遷移温度の上昇を100MPa√mレベルで評価すると、 $\Delta T = 37^\circ\text{C}$ となり、これは、前に報告²⁾したシャルピー吸収エネルギー41Jレベルにおけるシフト($\Delta T = 36^\circ\text{C}$)とほぼ等しく、既報³⁾と一致する。

Fig. 2は、き裂進展量を電位差変化より推定し、単一試験片でJ-Rカーブを求める方法(マスターカーブ法⁴⁾)によるA508鋼のJ-Rカーブである。中性子照射により、照射材のJ-Rカーブが低めに出ていることが分かる。また、非照射及び照射材ともに、予測J-Rカーブは実測データと良好な一致をみしており、マスターカーブ法の有用性を示している。

4. 参考文献 1) JEAC4206(1980), 2) 古平ほか: 鉄と鋼66(11), S1209, 3) 古平ほか: 鉄と鋼68(8), 1032, 4) 同上, 1040

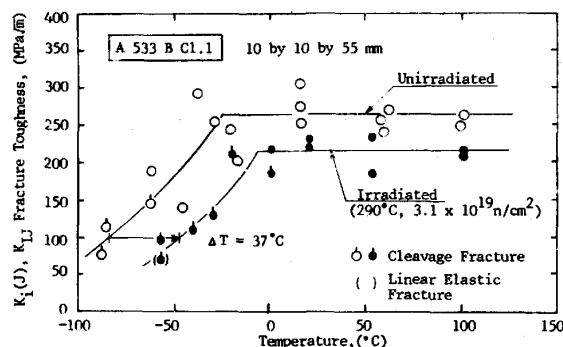


Fig. 1 Effect of neutron irradiation on the fracture toughness of A533B Cl.1 steel.

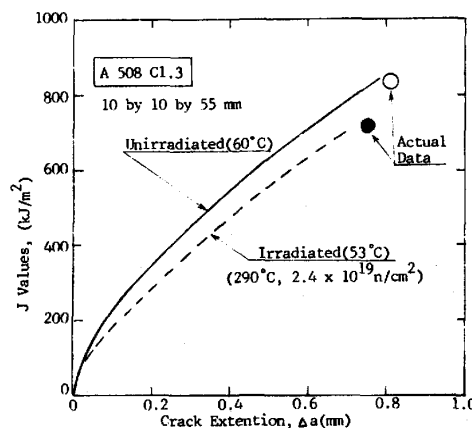


Fig. 2 Effect of neutron irradiation on the J-R curve of A508 Cl.3 steel.