

# 船級TMCP鋼 熔接部の 疲勞龜裂進展 評價

産業科學技術研究所 鄭 熙 敦\*, 權 寧 珏, 張 來 雄

## 1. 序 論

現在 船級用 鋼材로 널리 使用되고 있는, TMCP에 의해 製造된 鋼들은 ① 내 熔接冷間龜裂性의 向上, ② 熔接과 같은 加熱, 急冷의 熱사이클에 대한 引性 劣火現象의 減少, ③ 열영향부靱性의 向上 등으로 大別되는 長點을 가지고 있다. 그러나, ① 大入熱 熔接에 의한 熔接熱影響部의 軟化와 ② 母材의 dilution에 의한 熔接 金屬의 強度 低下등이 短點으로 여겨 지고 있다. 여기서, 構造物의 製作에 必需的으로 隋伴되는 熔接에 의해 發生되는 上記 두가지의 短點은 構造物의 安定性에 直接的으로 影響을 미치는 因子로 作用 할 것이며, 構造物의 安定性 및 材質의 信賴性 確保를 위해서, 各種의 熔接 條件에 따른 機械的 性質의 變化나 組織學的 變化를 把握해 들 必要가 있다. 이와 같은 觀點下에서 本 研究는 船級TMCP鋼인 AH-36 gr의 母材와 各種의 熔接條件下에서 製作된 試驗片에 대해서 破壞引性 試驗 및 2次元과 3次元 龜裂을 상정하여 大氣中 疲勞 龜裂 進展特性에 대해서 檢討한 것이다.

## 2. 試驗片과 實驗方法

本 研究에 使用된 材料는 TMCP에 依해 製造된 두께 20mm의 AH36gr 船級用 鋼材이다. 한편, 準備된 材料에 對해서 壓延方向과 直角으로, 各各 80kJ/cm, 120kJ/cm 그리고 180kJ/cm의 熔接 入熱量을 갖는 서브머지드 熔接을 實施하였다. 母材와 各各의 熔接條件에 따른 熔接金屬 그리고 熱影響部에 對해서 破壞靱性 試驗 및 疲勞龜裂進展試驗을 위하여 Compact tension試驗片을 製作 했다.

3次元 龜裂을 假定한 表面 龜裂 試驗片의 形狀은 Fig. 1과 같다. 表面 龜裂 試驗片에 對해서는 먼저 放電 加工에 依해서 그림에 表示 된바와 같이 半圓形을 갖는 形狀으로, 熔接部와 熱影響部에 機械的 노치를 加工하였다.

疲勞試驗은 大氣中에서 最大50ton容量의 인스트론型 疲勞 實驗機를 利用하여 實施했다. 試驗荷重은 모든 CT試驗片의 경우 最大荷重 800 kg, 最小荷重 160kg으로 했으

며, 表面龜裂試驗片에 對해서는 各各 20 ton 과 4ton으로 했다. 試驗 周波數는 CT 試驗片에 對해서는 20Hz로 했으며, 表面龜裂材의 경우는 5Hz로 實施했다.

### 3. 實驗 結果

Figure 2는 母材 및 各各의 熔接部에 對해서 얻은 硬度 測定 結果이다. 그림을 보면, 熔接金屬과 熱影響部는 母材에 比해서 낮은 값들을 보이고 있으며, 前節의 組織寫眞에서 觀察된 結晶粒 粗大化領域에서 가장 높은 硬度值를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이 結果에서도 알 수 있듯이 熱影響部는 母材에 比해서 軟化 되어 있음을 알 수 있고 이 部分의 機械的 性質이 熔接部의 全般的인 性質을 左右하게 될 것임을 豫測 할 수 있다.

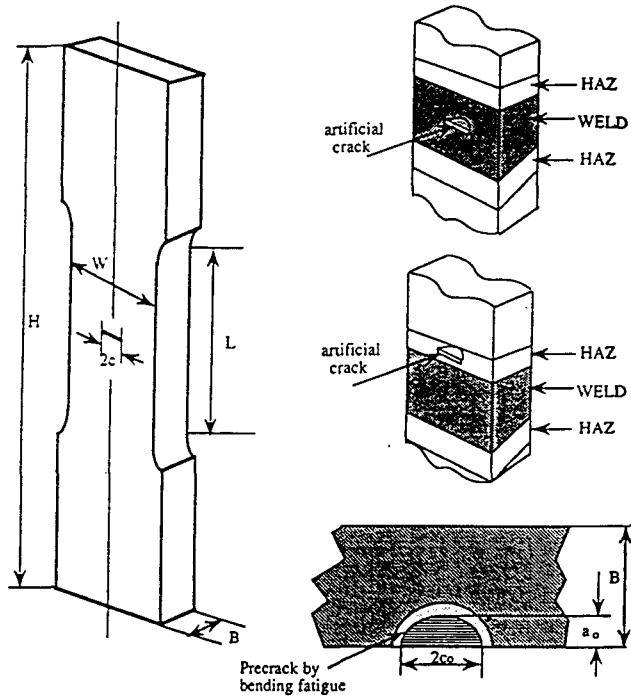
Figure 3은 母材와 모든 入熱量 條件의 熔接金屬과 熱影響部の  $da/dN-\Delta K$ 의 結果를 定理한 것이다. 그림을 보면, 初期의 應力擴大係數의 範圍에서는 直線的으로 增加하다가  $\Delta K=30\text{Mpa m}^{1/2}$ 以上 부터는 龜裂進展의 速度가 鈍化되는 傾向을 나타내고 있다. 이러한 龜裂進展 舉動의 變曲 現象은 모든 試驗片에서 觀察되고 있는데, 龜裂進展에 따른 龜裂先端에서의 塑性域이 커지면서 龜裂進展에 對한 抵抗力이 增加된 結果라고 여겨진다. 그림을 보면 각 데이터들의 scattering이 存在하는 理由로 定量的으로 比較 檢討하기는 어려우나, 모든 熔接金屬들의 結果들이 母材에 比해 빠른 進展速度를 가지고 있음을 알 수 있다. 또한, 熔接 入熱量에 따른  $da/dN-\Delta K$ 의 關係를 살펴보면, 큰차이가 觀察되지 않고 있으며, 이러한 傾向은 熱影響部에서도 同一하게 나타나고 있다.

Figure. 4는 母材와 3가지의 入熱量條件을 갖는 熔接金屬의 特性을 比較한 것이다. 그림을 보면 母材에 比해서 熔接金屬들의 龜裂 進展 速度가 增加되고 있음을 알 수 있다. 그림중에는 比較를 위하여 熔接金屬의 上限值를 基準으로 그은 直線과 母材의 結果를 基準으로 한 下限值를 나타내는 直線이 있다. 여기서 母材의 結果를 基準으로 하여 보면 熔接金屬은 最高 二倍程度의 進展 速度를 나타내고 있으나 熔接金屬만을 考慮하여 보면 表面 疲勞 龜裂 進展 特性에 미치는 熔接입열량의 影響은 그리 크지 않음을 알 수 있다.

한편, 熔接 入열량에 따른 열영향부의 疲勞 特性을 比較한 것이 Fig. 5이다. 그림을 보면 全體的인 傾向은 熔接金屬만의 그것과 큰 差異는 없으며, 모재를 基準으로 한 龜裂進展 速度의 上昇分이 熔接 金屬 보다는 적음 감이 있다. 그림을 자세히 살펴보면

모재에 比해서 熱影響部는 약 1.5倍의 速度를 나타내고 있다. 그리고 熱影響部도 熔接 金屬과 마찬가지로 熔接입열량의 變化에 따른 疲勞 特性은 그리 큰 差異를 나타내고 있지 않음을 알 수 있다.

Figure 1.



H	W	L	B	$2c_0$	$a_0$
400	50	130	18	5	2.5

(mm)

Figure 2.

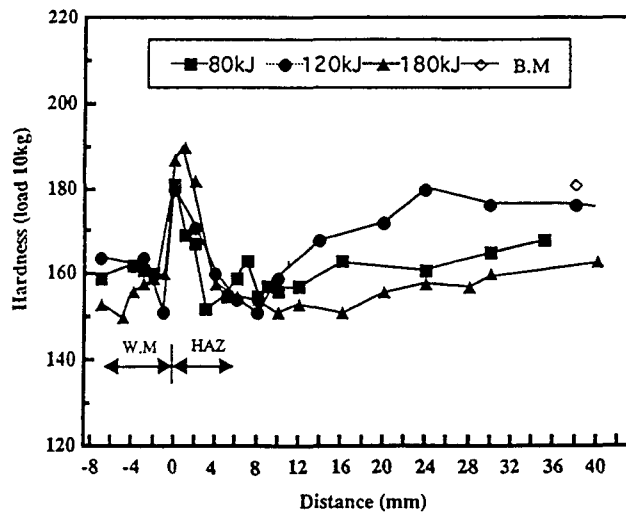


Figure 3.

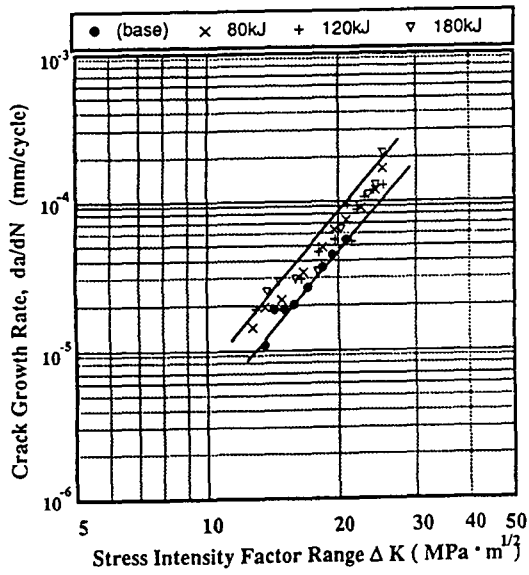
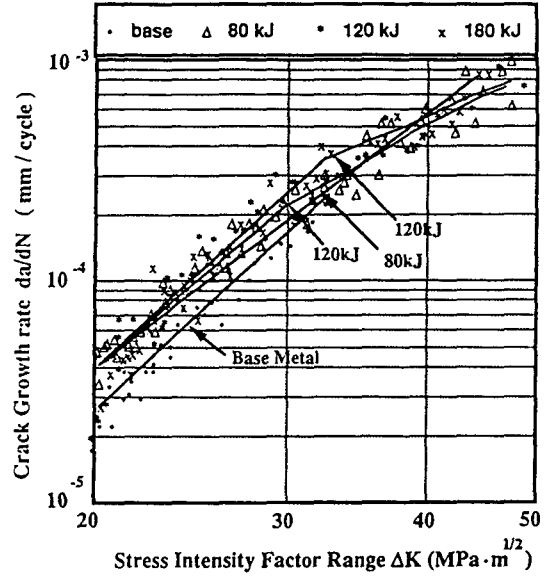


Figure 4.

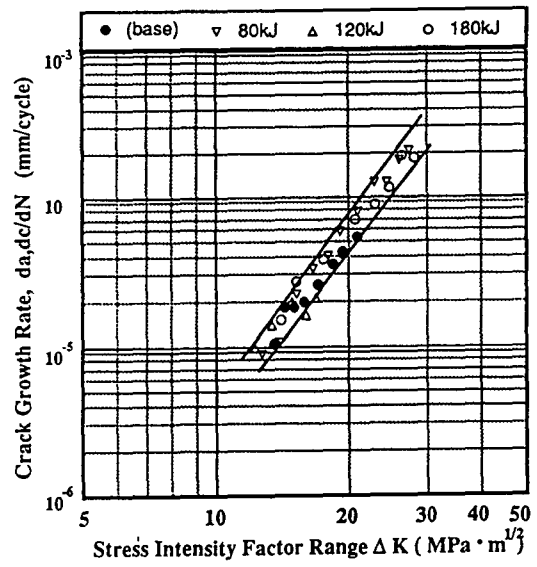


Figure 5.