

熔接殘留應力 除去 熱處理時의 力學的特性

(有限要素법에 의한 3次元 熱彈塑性 크립 解析)

The Mechanical characteristics of Welded part during
Post welding Heat treatment

-(Three-dimensional Thermal Elasto-Plastic Creep Analysis Based on F.E.M)-

조선대학교 방한서

1. 서론

보통, 熔接部에서의 熔接殘留應力の 輕減 및 除去와 溶接부의 材質의 軟化을 目的으로 여러종류의 熱處理가 行하여진다. 그중에서도 溶接부의 일부 또는 機器全體를 高溫으로 加熱 및 保持(Holding)에 의하여 잔류應력을 緩和하는 소위 熔接後熱處理(PWHT: Post Welding Heat Treatment)가 광범위하게 사용되어지고 있다. 내열 및 내부식성에 뛰어난 Cr-Mo강이 석유정제용 플랜트 및 壓力容器材料로서 널리 사용되어진다. 그러나, 이 Cr-Mo鋼의 경우에 있어서의 溶接후열처리는 溶接부의 性能을 높이는것이 목적임에도 불구하고, 이 후열처리에 의하여 균열(Crack) 즉 再熱균열(Reheat crack)이 발생되어지는 경우가 있다. 이와같은 문제에 대하여 力學的觀點에서 再熱균열이 발생하는가 하지않는가를 判定하기 위하여서는 크립변형도(Creep Strain) 累積履歷 과 溶接잔류應력의 緩和履歷등의 力學的舉動을 아는것이 매우 중요하다.

이상의 역학적특성을 究明하기위하여 3차원 열탄소성 Creep해석理論을 有限要素法에 필요한 式으로 定式化를 도모함과 함께 컴퓨터 프로그램을 완성하였다. 따라서, 본 연구에서는 먼저 3차원 열탄소성 해석에서 구하여진 용접잔류응력을 初期應力으로하여 3차원 熱彈塑性크립(Creep) 해석을 수행하였다.

해석결과로부터 크립변형도(Creep strain)의 累積 및 용접후열처리 후의 잔류응력分布의 特徵을 밝히고져 한다. 또한 크립변형도의 累積과 응력완화특성 나아가서 母材의 크립특성이 응력완화에 미치는 影響등을 밝히고져 한다.

2. 해석모델 및 크립속도

해석모델은 길이 L=600mm, 넓이 B=300mm, 두께 t=90mm 이고 모델의 윗表面中央部에 길이 $l=100$ mm, 넓이 b=8mm, 깊이 d=5mm 의 홈에다 서브머지드 아크 용접을 길이방향으로 1패스 수행하는것으로 하였다. 입열량 Q=34 kJ/cm, 열효율 $\eta=0.9$, 용접속도 v=33 cm/min 으로 하였다.

용접 후 열처리 조건은 용접 후 열처리 중에는 새로운 열응력이 발생되지 않도록 試驗體全體가 일정하게 온도가 上昇하도록 昇溫速度을 100°C/h로 하였다. 또한 保持溫度는 600°C로 하고 保持時間은 1시간 및 3시간 두가지의 경우로 하였다. 재료는 2¹/₄ Cr-1 Mo鋼을 사용하였으며 3차원 熱彈塑性크립 해석에서 사용한 크립法則은 遷移크립速度가 定常크립速度보다 클 경우에는 아래식에서 나타낸 變形度硬化法則(遷移크립法則)을 이용하였다.

(1) 천이 크립法則

$$\dot{\epsilon}^c = m A^{1/m} \bar{\sigma}^{\gamma/m} (\epsilon^c)^{1-1/m} \quad \text{-----} \quad (1)$$

또한, 천이크립속도가 정상크립속도보다 작게된 後는 다음식의 정상크립法則을 사용하였다.

(2) 정상 크립法則

$$\dot{\epsilon}^c = \beta \bar{\sigma}^n \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서, $\bar{\sigma}$ 은 재료의 상당응력이며, m, γ , β , n 은 물리적 정수이다.

또한 400°C 이하의 온도역에서는 크립변형도 (Creep Strain)가 너무나 적어서 400°C 이하에서는 크립변형도가 발생하지 않는것으로하였다. 더우기 용접금속, 열영향부 및 모재의 크립속도는 전부 동일하게 취급하였다.

3. 결론

本 논문은 厚板熔接部에 발생된 용접잔류응력의 除去을 위하여 응력제거열처리(즉 후열처리)시에 발생되어지는 力學的 特性을 究明할 目的으로 3차원 열탄소성크립理論을 유한요소법에 따른 定式化와 더불어 전자계산기용 프로그램을 개발하여 수치해석을 수행하였다. 해석결과에 의하여 후열처리의 응력완화 및 크립변형도의 누적 특징등을 고찰하였다. 얻어진 주요 결과는 아래와 같다.

1) 昇溫 및 保持過程에 관계없이 응력의 분포형상은 변하지 않은 상태에서 응력은 완화되어진다.

2) 응력제거 후열처리 初期에서의 응력완화는 용접금속 및 열영향부에서 현저하게 커지고 드디어 용접금속 및 열영향부와 모재와의 응력의 차가 없어진 후에는 전체적으로 일정하게 응력이 완화된다.

3) 용접금속 및 열영향부는 모재보다 相當크립변형도(Creep Strain) ϵ^c 의 累積이 현저하게 크다.

4) 모재의 응력완화 특성이 나쁘면 용접금속 및 열영향부의 상당크립변형도가 누적되기 쉽다.