

## 용접 후열처리가 SM490A의 미세조직과 피로강도에 미치는 영향

### Effect of Postweld Heat Treatment on Microstructures and Fatigue Strength of SM490A

구병춘\*<sup>†</sup>, 이찬우\*

Byeong-Choon Goo\*<sup>†</sup> · Chan-Woo Lee\*

**초 록** 용접부에 피로하중이 작용하면 용접 토우나 열영향부와 용접금속의 경계 혹은 모재와 열영향부의 경계에서 균열이 발생하는 것이 일반적이다. 용접은 구조물에 소성변형을 일으키고 용접 후 구조물에 잔류응력을 남기는데 표면에 존재하는 인장 잔류응력은 구조물의 정적 강도와 피로강도를 낮출 수 있으므로 이 잔류응력을 제거하기 위하여 용접후열처리를 하기도 한다. 그런데 이 후열처리는 미세조직을 변화시켜 피로강도에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 다양한 시편을 제작하여 용접 후열처리와 잔류응력이 피로강도에 미치는 영향을 실험적으로 규명하였다. 후열처리를 한 시편과 하지 않은 모재 시편의 피로시험을 통하여 후열처리가 모재의 피로강도를 약간 증가시키는 효과가 있음을 밝혔다. 그리고 미세조직과 용접 비드의 영향을 없애고 용접 잔류응력만 남아 있는 시편을 제작하고 이 시편으로 피로시험을 하여 용접 잔류응력이 피로강도를 낮추는 것을 보여 주었다. 더하여 용접후열처리에 의한 미세조직의 변화를 전자현미경으로 관찰하여 미세조직의 입자 크기가 작아지는 것을 알았다.

**주요어** : SM490A, 용접후열처리, 미세조직, 잔류응력, 피로강도

#### 1. 서 론

SM490A 강재는 용접구조용 강으로 자동차, 조선, 철도차량 등 여러 분야에서 많이 사용되고 있다. 주로 판재를 용접하여 구조물로 만들어 사용한다. 용접부는 용접금속과 용접 열에 의해 미세조직이 변화는 열영향부로 구성된다. 용접부에 피로하중이 작용하면 용접 토우나 열영향부와 용접금속의 경계 혹은 모재와 열영향부의 경계에서 균열이 발생하는 것이 일반적이다. 용접은 구조물에 소성변형을 일으키고 용접 후 구조물에 잔류응력을 남기는데 표면에 존재하는 인장 잔류응력은 구조물의 정적 강도와 피로강도를 저하시킬 수 있으므로 이 잔류응력을 제거하기 위하여 용접 후열처리를 하기도 한다. 그런데 이 후열처리는 미세조직을 변화시켜 피로강도에 영향을 미치게 된다.

용접부의 피로수명에 대한 기존의 연구결과를 살펴보면, 김진현 등[1]이 SS400 강판의 맞대기 용접시편에 대해 굽힘 피로시험을 한 결과에 의하면 용접 후열처리를 한 시편의 피로강도가 후열처리를 하지 않은 시편보다 더 낮았다 (Fig. 1). 구병춘 등[2]은 SM490A 용접시편에 대해 용접후열처리가 피로수명을 향상시키는 효과가 없음을 보여 주었고 (Fig. 2). Leitner 등[3]이 S355강 (EN 10025-2, 구조용 연강)의  $\perp$  형과  $+$  형 용접시편에 대해 수행한 인장 피로시험 결과도 유사한 결과를 보여 주었다. 따라서 용접 후열처리가 용접부의 피로강도에 미치는 영향을 정확히 파악하기 위해서는 후열처리에 의한 조직변화가 피로강도에 미치는 영향과, 후열처리에 의한 잔류응력의 완화가 피로강도에 미치는 영향을 독립적으로 파악하여 종합적인 판단을 할 필요가 있다.

<sup>†</sup>교신저자: 한국철도기술연구원 차세대철도차량본부 (bcgoo@krii.re.kr)

\*한국철도기술연구원 차세대철도차량본부

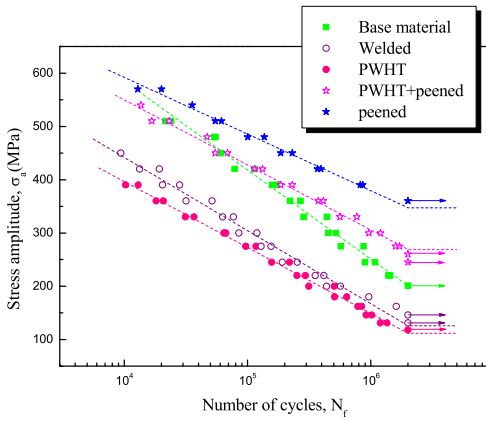


Fig. 1. Bending fatigue S-N diagram of SS400 [1].

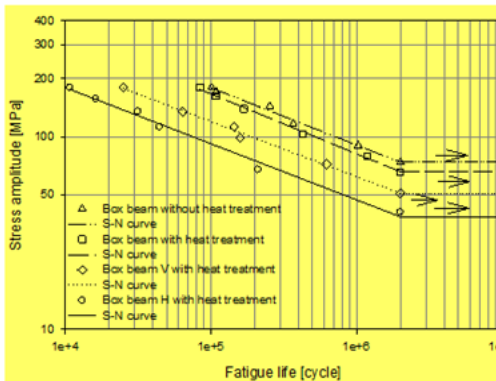


Fig. 2. Bending fatigue S-N diagram of SM490A [2].

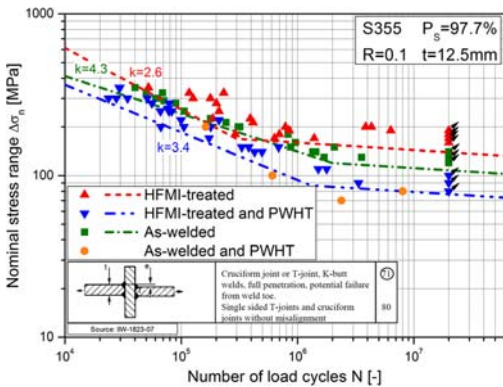


Fig. 3. Tensile fatigue S-N diagram of S355 [3].

## 2. 연구내용 및 결과

본 연구에서는 서론에서 언급한 용접 후열처리와 잔류응력이 용접부의 피로강도에 미치는 영향을 파악하기 위해 Fig. 4와 같은 용접시편을 제작하고 이 시편에서 경도, 조직분석, 인장시험, 피로시험 등 다양한

시험용 시편을 채취하여 실험을 수행하였다. 연구결과에 의하면 용접 후열처리는 모재, 용접금속, HAZ의 경도를 낮추었고, HAZ부의 경도분포를 더 불균일하게 만들었다. 용접 열에 의해 HAZ부의 미세조직 결정은 모재에 비해 작아지고 균질화되었으며, 어닐링 후열처리를 한 HAZ의 결정은 더욱 미세화되고 균질화되었다. 용접 후열처리를 한 후 모재부는 인장강도가 조금 증가하였고, 용접금속과 열영향부의 인장강도는 약간 감소하는 경향을 보였다.

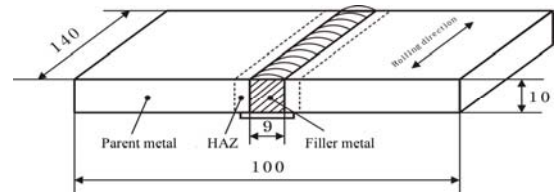


Fig. 4. Welded plate for specimens.

## 후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] J.H. Kim, B.C. Goo, H.G. Kim, S.K. Cheong (2009) Effect of shot peening on the fatigue of SS400 weldments, Journal of Korea Society for Railway, 6(12) pp. 895-901.
- [2] B.C. Goo, D.H. Lee, J.W. Seo, S.Y. Yang, S.J. Kwon et al. (2004) Development of remaining life estimation techniques for rolling stock structures, KRRRI Research 04-99, Korea Railroad Research Institute.
- [3] M. Leitner, W. Mössler, A. Putz, M. Stoschka (2015) Effect of post-weld heat treatment on the fatigue strength of HFMI-treated mild steel joints, Weld World, 59, pp. 861-873.