

용접구조물의 각변형과 가열교정에 관한 연구

A Study on Weld deformation and Straightening by heating

조시훈* · 김재웅**

* : 삼성중공업(주) 조선플랜트 연구소 용접도장연구

** : 영남대학교 기계공학부

Abstract

The welding distortion can result in problems such as dimensional inaccuracies during assembly and raise concerns on safety during service. Therefore, an accurate prediction and a reduction of the deformation are critical to improving the quality of the weldment. In this study, four cases for reducing welding distortion is proposed and it is evaluated through experiments.

1. 서론

아크 용접공정은 재료를 부분적으로 가열하여 용융·접합시키고, 냉각하는 공정이다. 이러한 과정을 통해 용접부는 여러형태의 변형을 일으키며, 항복응력수준의 응력이 용접부에 잔류하게 된다. 용접잔류응력은 용접구조물의 피로강도를 저하시키거나 취성균열 및 응력부식균열의 진전을 용이하게 하며, 용접변형은 용접구조물의 외관을 해치거나 조립공정에서 이음의 불일치 유발한다. 또한 국부적으로 스트레스 집중을 초래하여 이 역시 취성과파괴의 원인으로 작용하여 구조물의 취성과파괴를 유발할 위험성을 내포하고 있다.^{[1] [3]}

본 연구에서는 유한요소법을 이용한 해석과 실험을 통해 가스화염을 이용하여 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding)공정중 발생하는 용접부 각변형을 교정하는 방법에 대한 연구를 수행하였다. 용접부의 각변형(Angular distortion)은 용접부의 두께방향으로 불균일한 온도분포에 기인하는 것으로, 각변형을 최소화하기 위해서는 두께방향으로의 불균일한 온도분포를 감소시키는 것이 효율적이라 여겨진다. 따라서 용접모재의 하부면에 2차열원인 가스화염을 가하므로써 용접변형을 최소화 하고자 하였다. 변형교정 해석은 평판용접(Bead on plate)에 대해 행하였다. 아크, 가스화염 각각에 대한 변형 해석을 수행하므로 각 열원에 대한 변형 특성을 이해하였다. 또한 가스화염이 아크에 비해 선행하는 경우 그리고 후행하는 경우, 아크와 가스열원이 동시에 가해지는 경우, 용접부가 완전히 냉각된 후 가스화염을 가하는 경우 등 2차열원 공급방식의 변화를 통해 용접 각변형을 최소화하는 교정조건을 유도하였다. 해석 및 실험결과 2차열원을 이용하는 변형교정 방법이 용접중 발생하는 각변형량의 감소에 크게 기여함을 알 수 있었다.

2. 해석 및 실험 방법

GTA 용접부 변형해석을 위해 먼저 열유동 해석을 수행하였으며, 해석모델은 Fig.1과 같은 3차원 모델을 이용하였다. 실물 크기의 모델을 이용할 경우 과도한 계산 시간이 요구됨으로 본 연구의 목적인 용접부 각변형 해석의 목적에 맞게 모델의 폭은 실제 모델의 크기와 동일하게 두었으며 용접부 길이를 80mm로 축소하였으며, 모델의 대칭성을 고려하여 모델의 1/2을 해석대상으로 선정하였다. 용접조건으로는 용접전류 235A, 아크전압 16.3V, 용접속도 5mm/sec로 각각 설정하였다.

변형교정을 위해 가스화염을 적용하는 방법으로써 Fig.2에서 보듯이 용접중 용접도치에 선행

또는 후행, 그리고 용접토치와 동시에 진행하는 방법과 용접부가 완전히 냉각한 후에 가스화염을 가하는 4가지 방식을 선택하였다. 이 중 용접후 용접부가 완전 냉각된 상태, 즉 잔류응력 및 변형이 발생한 상태에서 가스화염을 가할 경우 기존의 응력분포 및 변형에 변화를 가져온다. 본 연구에서 이러한 현상의 해석을 위해서 크립(creep)이론⁴을 적용하였다.

실험을 위한 용접조건은 앞서 열해석시 이용된 조건을 적용하였으며, 실험을 위한 장비로는 3축 이송장비를 이용한 자동용접시스템을 이용하였다. 용접후 변형측정은 3차원 측정기를 사용하였다.

3. 결론

용접중 발생하는 횡방향 변형을 감소시키기 위한 방법으로 용접부 반대편 표면에 2차 열원인 가스화염을 가하는 방법을 이용하였다. 2차열원을 공급하는 방식으로는 아크가 선행하고 가스화염이 후행하는 방법, 가스화염이 선행하고 아크가 후행하는 방법, 아크, 가스화염이 동시에 가해지는 방법, 용접부가 완전냉각후 가스화염이 가해지는 방법 등 네가지 방법을 적용하였다. Fig.3에서 보듯이 이들 방법들을 비교해 보았을 때 아크와 가스화염을 상·하판 동시에 가하는 방법이 가장 효과적으로 용접부 변형을 감소시킬 수 있었다. 비록 용접부 각변형을 완전히 제거하지는 못하지만 이후 추가의 변형교정 작업이 이루어질 경우 작업의 편리성에 많은 도움이 되리라 여겨진다.

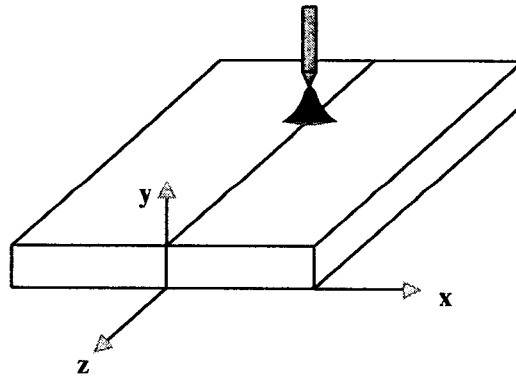


Fig.1 3-Dimensional analysis model

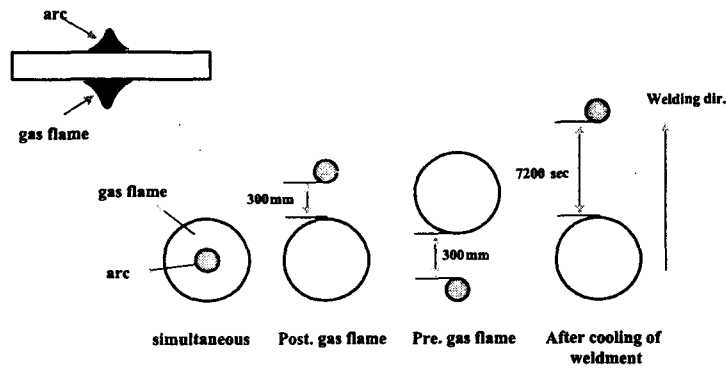


Fig.2 Heating methods for reducing angular distortion

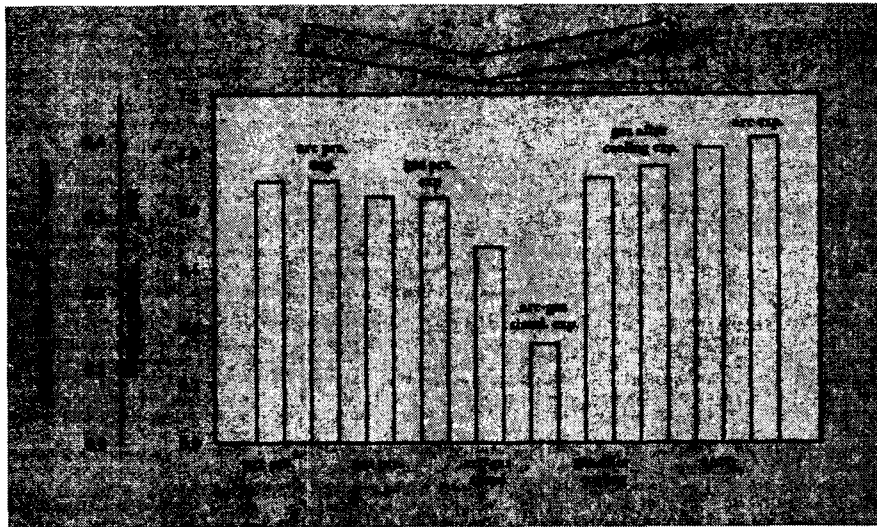


Fig.3 Comparison of angular distortion among the various gas flame heating method

Reference

1. J. M. Bloom, 1981, *Trans. of the ASME: Journal of Pressure Vessel Technology* Vol. 103, Nov,p. 373-379
2. H. Kihara, K. Mausbuchi, 1959, *Welding Journal*, Vol. 38, No.4, 159s-168s
3. T. N. Nguyen, M. A. Wahab, 1996, *Welding Journal*, Vol. 75, No. 2, 55s-61s
4. K. Nakacho, Y. Ueda, 1996, *J. Pressure vessel technol., Trans. ASME: Vol. 118, No. 8, 343-350*