

# 박판 용접부의 열탄소성 해석

## Thermal stresses in welded thin plate

최 광\*

\* 포항산업과학연구원 강구조연구소 금속가공 프로젝트팀

**ABSTRACT** In this paper thermal stress analysis was done about thin plate during welding. In order to calculate the stresses of welded plates, finite element method was used. And results were compared with previous researches.

### 1. 서 론

두께 0.6-1.0 mm의 얇은 냉연박판을 용접하는 경우에 있어서 가스용접을 이용하였으나, 가스용접은 용접표면의 오염으로 문제가 되고 이를 해결하기 위하여 TIG용접을 사용한다. TIG용접을 사용하면 용접부가 깨끗하나, 용접속도가 느리고 Ar가스의 비용이 고가이므로 생산성에서 문제가 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 CO<sub>2</sub> 용접이 적용이 필수적으로 검토되고 있으며, 적정 용접조건 설정을 실험을 통하여 하였다. 본 연구에서는 이러한 박판의 실험을 통하여 조건을 설정한 것을 자료로 하여, 용접과정에서 일어나는 온도분포 및 용접응력에 대하여 검토한 것이다.

### 2. 장 용접부 열탄소성 해석

박판의 용접에는 TIG용접 및 CO<sub>2</sub> 용접을 이용하였다. 또한 해석 대상 소재는 두께 0.8 mm의 냉연강판으로 하였으며 TIG 용접은 전류 20A, 용접속도 35 mm/sec로 하였으며, CO<sub>2</sub> 용접은 용접전류 50A, 용접 속도 450 mm/sec로 맞대기 용접을 실시하였다. 이와 같이 용접방법과 용접조건을 달리하여 용접을 수행하는 경우 박판의 발생하는 열응력에 대하여 계산을 수행하였다. 계산은 유한요소법을 이용하여 3차원 모델을 사용하였으며 이를 해석해에 의한 이동열원에 의한 열전도, 열탄성해석 및 수치해석을 이용한 열탄소성 해석결과들과 비교 검토하였다.

해석에는 3차원 고체 요소를 사용하였으며, 해석에 사용한 절점은 1424절점, 936요소였으며 모델을 그림1에 나타낸다. 해석의 수행에 사용한 정수는 온도의 변화에 따른 열물성치의 변화를 고려하여 계산을 수행하였다. 이러한 비선형의 조건들을 고려하여 해석은 상용 프로그램인 MSC/Marc를 이용하여 계산을 수행하였다.

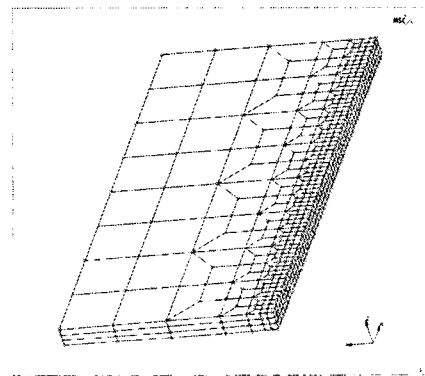


그림 1. 해석 모델

#### 2.1 절 해석결과

##### 2.1.1 온도분포

이동열원에 의하여 계산을 수행한 결과 해석해 및 유한 요소해석들에서 수행한 것과 동일한 온도분포임을 알 수 있었다. TIG 용접시에 있어서 이동 열원에 의한 온도분포의 한 예를 그림 2에 나타낸다.

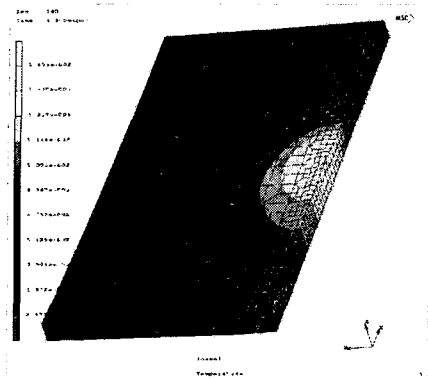


그림 2. 용접시 온도분포(TIG 용접)

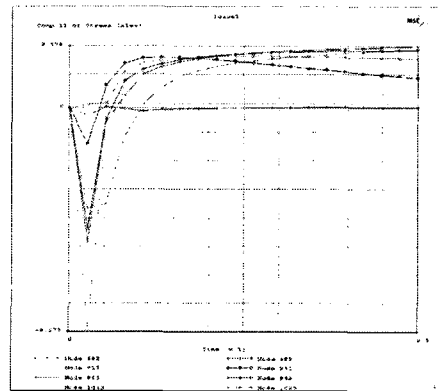


그림 3. 응력 거동(CO<sub>2</sub> 용접부: 용접선에서 15mm 지점)

2.1.2 변위 거동

박판을 용접하는 경우 초기에 열응력에 의하여 하부로 처지다가 냉각이 되면서 소성거동을 보이면서 수축되는 현상을 나타냈다. 초기의 이동 열원에 의하여 탄성변형이 일어나고 냉각이 되면서 소성상태로 변화하는 것이 그 원인이라 생각된다. 이러한 결과는 2차원 해석에서의 결과와 동일한 현상을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

2.1.3 응력 거동

용접시 용접선 방향의 과도응력의 분포는 용접선 부근에서는 초기에 압축응력에서 시간이 지나면서 인장으로 변화하여 어느 정도 냉각 후에는 일정한 응력이 됨을 확인 하였으며, 발생하는 응력은 용접 초기의 급격하게 압축응력에서 인장으로 변화하고 있음을 확인 하였다. 이는 열탄성 해석의 결과에서 열원부근에 발생하는 압축응력과 동일한 결과를 나타낸다고 생각된다. 용접선에서 떨어지는 경우에는 압축 잔류응력이 작용함을 알 수 있었다. 그리고 용접선 부근(용접부에서 15 mm 떨어진 지점)에서의 용접선 방향의 응력의 거동을 그림3에 나타낸다. 그리고 본 연구에서와 같이 초기 압축 응력에서 인장으로 응력이 변화하는 것은 이러한 결과는 L. Tall의 연구결과와 경향과 일치하고 있으나 압축시의 거동에서 큰 응력이 발생하는 것은 L. Tall은 용접선 방향에 대하여 일축방향의 응력계산을 수행하면서, 항복응력을 최대 응력으로 산정하여 해석을 수행하였으나, 본 연구에서는 항복에 대한 평가를 von Mises등가응력으로 하였기 때문이다.

3. 계산 결과 검토

이상에서 박판의 TIG 및 CO<sub>2</sub> 용접의 2가지 용접법에 대한 계산 결과에서 박판의 온도분포, 변위 및 응력거동에 대하여 정량적인 검토가 가능 하였다. 이러한 검토결과 박판의 용접시에 있어서 적정 용접조건을 설정을 보다 합리적으로 할 수 있다고 판단된다. 또한 박판 용접시에 있어서의 변형에 대하여 서도 합리적으로 대처할 수 있는 방안을 강구할 수 있다고 판단되었다. 이상에서 박판의 거동에서 3차원 해석을 이용하면 용접중의 거동을 분석하는 데 유효함을 확인 하였다.

4. 결 론

이상 박판의 용접시 열탄소성 해석 결과에서 다음과 같은 점을 알 수 있었다.

- 1) 해석수행결과는 해석해 에서도 알 수 있듯이 용접속도에 따른 용접부의 온도분포 변화에 대하여 보다 명확한 이해를 할 수 있었다.
- 2) 물성값이 변하는 경우에 대하여 해석해에 비하여 보다 정확한 거동을 알 수 있었다.
- 3) 이동열원에 의하여 3차원 해석을 수행한 결과는 박판 뿐 아니라 후판 용접시 용접거동에 대하여서도 적용이 가능하다고 판단된다.
- 4) 용접방법과 용접조건에 따른 온도 분포, 변위 및 응력거동에 대하여서는 앞으로 실험을 통한 거동을 밝히고자한다.

## 참고문헌

1. 최 광, 윤 여일, 김 승섭, 나 중범, 황 종상, 박 영준: 금속가구용 박판의 용접조건 설정, 2001 10.25/26 대한 용접학회 춘계 학술발표대회 개요집, 38권181-183
2. M.Watanabe, K.Satoh: Theoretical Analysis of Thermal Stress due to Moving Heat Source (In Japanese), 日本造船協會論文集89, (1955), 87-97
3. L.Tall: Residual Stresses in Welded Plates-A Theoretical Study, Welding Journal, 43 -1 January 10s-23s, (1964)
4. H.J. Yu : Calculations of the Residual Stresses of a Butt Weld, Trends in Welding Research, Proceedings of the 4th International Conference, 5-8 June 1995, Gatlinburg, Tennessee, pp87-92
5. J.F. Lancaster: Metallurgy of welding(6th Edition), Abington publishing, 1999, 147-164
6. B. Anderson, L. Karlsson: Thermal Stresses in Large Butt-Welded Plates, Journal of Thermal Stresses, 4-491-500, (1981)
7. K.Satoh, U.Ueda, J.Fujimoto: 溶接變形, 殘留應力, 1981, 産報出版