

ESW 용접의 열변형에 관한 연구

윤동원*, 박희창*, 이인철**, 김상영**, 박노경**
한국기계연구원*, 진성 C&I**

Study on the Heat Deformation of ESW Welding

Dongwon Yun*, Heechang Park*, Incheol Lee**, Sangyong Kim**, Nokyung Park**
Korea Institute of Machinery & Materials*, Jinsung C&I**

Abstract - 본 논문에서는 ESW(Electro slag welding)의 용접을 위한 해석을 수행하였다. 특히, 열전달 해석을 통하여 부재내부에 발생하는 온도분포에 대한 해석을 수행하였으며, 이를 입력조건으로 하여 구조해석을 수행함으로써, 최종적인 부재내의 최고온도와 최대 변형량을 구할 수 있었다.

달 해석을 수행하고자 한다. 이를 위하여 우선 열전달 해석을 수행하여 용접 부재 내에서 용접에 의해 발생하는 온도분포를 계산하고 이를 이용하여 구조해석을 통한 변형 해석을 수행하고자 한다.

1. 서 론

ElectroSlag Welding (ESW)는 수직으로 또는 수직과 거의 유사한 방향으로 위치해 있는 부재를 용접하기 위하여 사용되는 용접법이다. 통상 두께 50mm 이상의 부재에 적용되며, 다른 용접법에 비해서 입력되는 에너지가 많은 편이다. 따라서, 기계적 성질 중 인성(toughness)이 안 좋아지는 단점이 있으나, 중량 구조물에 있어서는 제조공정상 많은 장점이 존재하므로 널리 사용되고 있다.

ESW는 용접되어야 할 부위를 filler를 녹여서 채워넣는 방식의 용접법이다. 동당금(cooling shoes)로 둘러싸여 있는 용접부는 용융된 슬래그에 의해 둘러싸이게 되며, 용접부위를 따라서 이러한 작업이 이루어진다. 전도성의 슬래그는 용접봉과 부재사이에 흐르는 전류에 의해 가열되어 액체상태로 존재하게 된다. ESW는 용접되는 부재의 모서리와 filler를 녹여서 이루어지는 주조의 과정이라고 생각할 수 있다. 용접 초기에 전기적 아크가 발생하며, 이 아크에 의해서 부재가 녹으면 아크는 사라지게 된다. 용접 과정동안 용융된 pool의 슬래그를 유지하기 위해서 flux가 간헐적 또는 연속적으로 공급되게 된다. 2개 이상의 동당금은 용융된 부재가 완전히 굳을 때까지 용융물을 가두는 역할을 한다. 일정한 전력이 공급되어, 전극이 녹으면서 용융된 부재로 이루어진 용탕이 모이게 된다.

저탄소강의 경우는 용융된 탕의 온도가 약 1925℃이며, 표면온도는 약 1650℃ 정도이다. 주요한 용접 파라미터는 인가되는 전압과 전류이다. 용접 전류는 전극이 녹는 속도에 영향을 주며, 용접 전압은 부재의 용융 깊이와 용접 비드의 폭에 영향을 주게 된다. 전압과 전류 모두 용접 flux의 전기저항과 점성에 영향을 주게 된다[1,2].

본 연구에서는 ESW 용접시 발생하는 열전달 현상과 그로 인해 기인되는 열변형에 대한 해석을 수행하여 ESW 용접시 발생할 수 있는 기계적 변형에 대한 연구를 수행하고자 한다.

2. 본 론

를 제작시 발생하는 열전달 및 열변형 해석을 수행하고자 한다.

ESW 용접에 있어서 용접부의 각 변형 및 횡 수축은 각각 용접 입력량과 굽힘강성 그리고, 면내 강성의 비와 선형적인 비례관계에 있다. 즉, 강의 횡수축량은

$$\delta = f\left(\frac{Q}{D_i}\right) \quad (3)$$

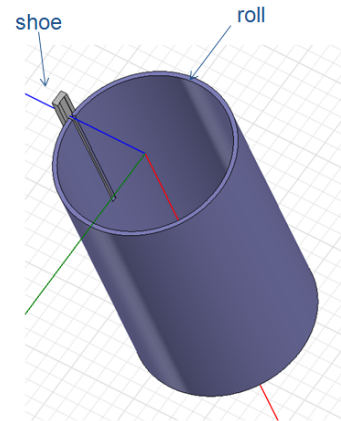
과 같이 표현할 수 있다. 그리고, 각 변형 예측식은

$$\phi = f\left(\frac{Q}{D_b}\right) \quad (4)$$

와 같이 표현가능하다[3].

위의 공식을 이용하여 이론적으로 열변형량을 계산할 수도 있으나, 형상이 복잡해지거나 조건이 복잡해지면 이론적으로 계산하기에는 많은 어려움이 따른다.

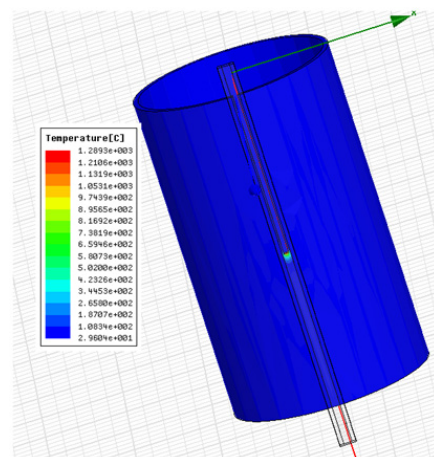
용접의 열변형 해석을 정확히 하기 위해서는 전류에 의한 가열과 가열에 의한 소재의 용융, 그리고 이로 인한 열전달 해석을 수행하여야 한다. 해석의 간편성을 위해서 입력 모델을 용접 wire의 경로와 위치를 감안하여 용접이 이루어지는 부분에서 열량이 발생하는 상황에서의 열전



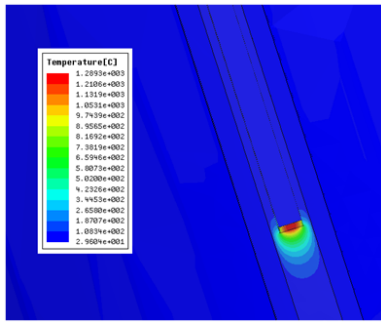
<그림 1> ESW 피용접물

그림. 1은 본 연구에서의 피용접물인 물의 벤딩물의 형태를 보여준다. shoe를 이용하여 냉각을 수행하게 되며, 전극이 간극에 삽입되어, 용접이 이루어지게 된다.

이때, 용접기에 의해 입력되는 파워는 10 kW~30 kW 사이로 가정하였으며, shoe에 의한 냉각은 강제 냉각으로 가정하였다. 그림. 2에 용접기의 파워가 10 kW인 경우의 열전달 해석에 대한 결과가 나와 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 이 때, 최고온도는 약 1289도 가량 된다는 것을 알 수 있다.

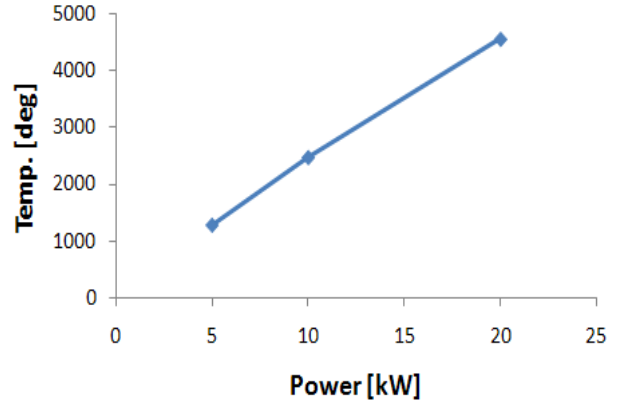


(a) 열전달 해석



(b) 열집중부의 확대

<그림 2> 용접부에서의 온도 변화



(b) 입력 파워에 따른 최대온도

<그림 4> 주파수에 따른 추진력의 평균값

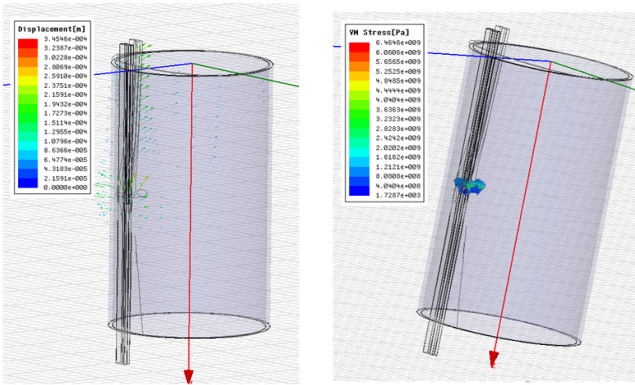
다음으로, 열전달 해석에서 구해진 온도 분포 결과를 이용하여 구조해석을 수행하였다. 이를 통하여 온도 변화에 의한 피가열체의 변형량을 알아보고자 한다. 정밀한 기계제품 제작시에는 용접에 의한 변형량이 큰 설계 제한 조건으로 작용하게 되므로, 이러한 열변형 해석은 설계시 중요한 역할을 하게된다.

3. 결 론

본 논문에서는 ESW 용접에 있어서 입력 파워와 냉각 특성에 따른 온도 발생과 그에 따른 열변형에 대한 해석을 수행해 보았다. 입력되는 파워에 따라서 변형량과 최고 온도는 비례적인 관계가 있음을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] S.Liu, S.D.Brandi, R.D. Thomas, "Electroslag and elctrogas welding", Welding Research Council Bulletin, No. 338, 1988
- [2] A.H. Dilawari et al., "An analysis of heat and fluid flow phenomena in electroslag welding", Welding journal research supplement, 1975
- [3] 신상범, 이희태, 이동주, "Cr-Mo강의 ESW 및 SAW 용저부의 변형 예측", Proceeding of KWS, 2005

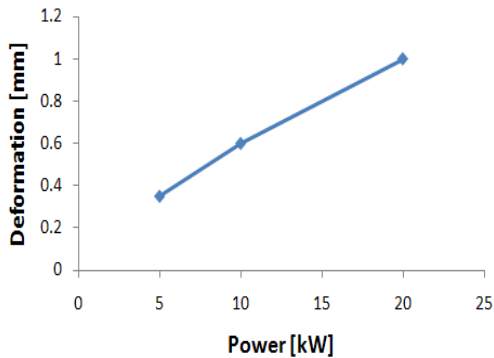


(a) 변형량 해석결과 (b) 응력 해석결과

<그림 3> 열변형 해석

그림 3에 용접에 의한 열변형 해석결과가 나타나 있다. 해석을 위해서 그림 2에서 구한 열전달에 의한 온도분포를 입력조건으로 넣었으며, 재질의 열팽창계수에 의해서 발생하는 변위와 응력을 나타낸다.

그림 4에는 입력 파워에 따른 발생하는 최대 변형량과 최대 온도의 해석결과를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 최대 변위량은 약 1mm 정도 발생함을 알 수 있으며, 최대 온도는 4000도 정도임을 알 수 있다. 이러한 수치는 냉각특성과 재질에 따라 각각 다른 값을 가지게 된다.



(a) 입력 파워에 따른 변형량