

해석을 통한 CMT 용접 열원 구현 및 변형 예측 Heat Source Fitting in CMT Welding and Prediction of the Deformation

*최보성¹, #이덕영², 김목유³, 임창용⁴

*B. S. Choi¹, #D. Y. Lee(dylee@daegu.ac.kr)², M. Y. Kim³, C. Y. Lim⁴

¹울산테크노파크 자동차부품기술연구소, ²대구대학교 기계/자동차공학부,

³대구대학교 대학원 기계공학과, ⁴(주)신영

Key words : Cold Metal Transfer, Heat Source Fitting, Double Ellipsoid, Heat Input

1. 서론

최근 차량 경량화 요구에 따라 알루미늄의 적용이 늘어나고 있으며, 이에 따른 용접기술의 수요 또한 늘어나는 추세이다. 특히 차량 등에 사용되는 알루미늄은 소재 두께가 2mm 이하인 박판을 적용하는 경우가 많으므로 박판용접기술이 요구된다. 일반적으로 알루미늄의 용융용접은 MIG, TIG 및 레이저 응용 용접 등이 가능하다. 이 중 최근 개발된 레이저 응용 용접의 경우, 여러 연구 결과가 있으며 효율적인 용접방법으로 사료되나, 초기 장비투자가 고가이며, 갭(gap)에 매우 민감하여 엄정한 갭 관리가 필요하다. 그리고 TIG 용접의 경우, 생산성이 매우 낮아 제품의 경쟁력이 근본적으로 저하된다. MIG 용접의 경우, 후반에서는 우수한 용접성 및 고속용접이 가능하지만, 박판 용접에서는 소모 전극을 사용하기 때문에 아크에 의한 열량과 이행하는 용적이 보유하는 열량이 더해져 모재에 입열되고, 이로 인해 박판의 경우 용각이 발생할 가능성이 매우 높으며 적정 용접조건에서 용접을 실시하더라도 열변형이 매우 큰 단점이 있다. 이와 같은 용접의 한계를 극복하기 위해 선진 용접기 제조회사에서는 알루미늄 박판용접을 가능케 하는 프로세스 개발에 주력해 왔으며, 최근 이에 대한 결과로서 CMT 용접기법이 Fronius社 (AUS)에서 개발되었다. 본 논문에서는 최신 저입열 용접기술인 CMT 용접공정을 적용하여 자동차 차체 부품간의 이종재료 접합에 대한 기반기술을 확보하고자 CAE 해석을 통해 CMT 용접 열원을 구현하고 시편에 대한 변형을 예측하였다.

2. CMT(Cold Metal Transfer)

CMT는 Cold Metal Transfer의 약자이며 딥아크 프로세스이다. CMT 프로세스에서 용적이행은 완

전히 새로운 방식으로 특히, 기존의 MIG에 비해 상대적으로 낮은 온도에서 금속이행(Zero current)이 이루어진다. 기존의 MIG 용접방식은 전류가 단락단계에서 상당량 증가하지만, CMT 용접에서는 Fig. 1과 같이 단락단계에서 와이어가 역인(retraction)되어 전류가 아주 낮게 유지된다. 이에 따른 용적이행 결과는 용적의 표면장력을 높여주어 저전류에서도 안정적인 아크 유지가 가능하며 스파터(spatter) 또한 발생하지 않는다.

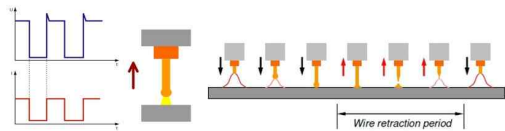


Fig. 1 Property of CMT

3. Heat Source Fitting and Prediction of the Deformation

CMT 용접해석을 통해 변형량을 예측, 비교하기 위해 우선 구현하고자하는 용접방식에 맞게 해석에서 제공하는 열원(Heat Source)을 사용하여 모델링을 한 후, 용접조건과 실제 시편테스트를 통해 얻은 용접부 단면을 이용하여 열원피팅(Heat Source Fitting)을 실시한다.(Fig. 2)

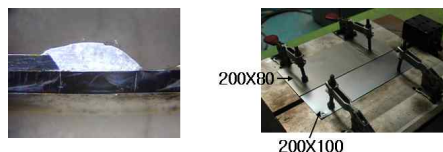


Fig. 2 Section of welding part and Test specimen

Fig. 3에서는 Flange 끝 용접을 해석적으로 구현하기 위한 모델링과 용접조건들을 나타내고 있다.

시편의 두께에 따라 모델을 생성하고 CMT의 출력 (678.5W : 59A-11.5V)과 용접속도는 실제 현장에서 의 조건과 동일하게 적용하였다.

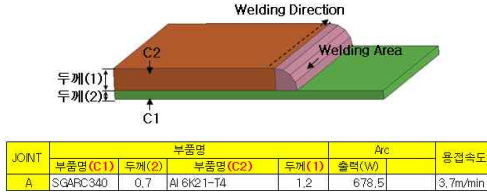


Fig. 3 Modeling and welding conditions

SYSWELD에서는 열원이 Q(W/mm3)로 표현되는 에너지 볼륨 밀도로 모델링되어 용접 케도를 따라 케도상의 요소들에 적용된다. 일반적으로 이중 타원형(double ellipsoid) 열원은 MIG와 TIG같은 용접공정에 사용되며 식(1), (2)와 Fig. 4로 표현된다.

$$Q(x, y, z) = Q_r \exp\left[-\left(\frac{x^2}{a_f^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}\right)\right] \quad (1)$$

$$Q(x, y, z) = Q_r \exp\left[-\left(\frac{x^2}{a_r^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}\right)\right] \quad (2)$$

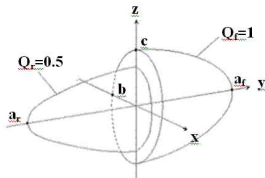


Fig. 4 Heat source functions of CMT welding

열원 피팅을 위해 Fig. 2에서와 같이 용융부 및 열영향부의 실제 크기를 고려하여 아크 열원에 대한 초기 형상 파라미터 값을 설정하고, 열원이 모재에 전달될 때의 열손실을 고려한 입열량을 설정한다. 용접선을 따라 이동 가능한 열원 함수를 작성하여 용접 시편과 동일한 두께 및 크기를 가지는 3차원 해석모델에 대해 Thermal 계산을 수행하였고 열원 함수의 형상 파라미터 및 입열량을 조절하여 Fig. 5와 같이 실제 시편에서 측정된 열영향부 및 용융부 크기와 유사한 온도분포를 얻을 수 있었다. Table 1에 최종 얻어진 형상 파라미터 및 입열량을 나타내었다.

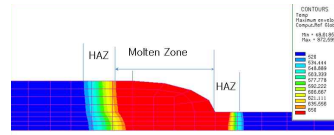


Fig. 5 Temperature distribution of heat source

Table 1 Parameters for heat source fitting

Arc Parameters	
a_r	3mm
a_f	5mm
b	2mm
c	1mm
Heat input	
Q(W)	678.5
Heat loss ratio	0.24

Local Model 생성 후 Thermal, Mechanical 해석을 수행하여 변형량을 확인할 수 있고 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

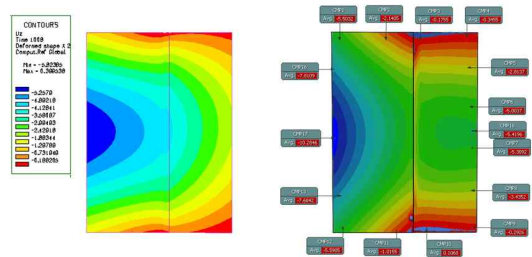


Fig. 6 Comparison between scanned data and simulation

4. 결론

본 연구에서 해석을 통해 CMT 용접 열원을 구현하였고 시편에 대한 변형을 예측하였다. 시편에서 측정된 열영향부 및 용융부 크기와 온도분포를 이용하여 열원 함수의 형상 파라미터 및 입열량을 구하였다. 실제 용접된 시편을 스캐닝하여 변형량을 측정하고 해석에서 나온 값을 비교한 결과 변형 경향이 매우 유사한 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 이덕영, 최보성, 최원호, 안장호, "CAE를 통한 하이브리드 용접 후 차체부품 변형예측 및 검증," 한국정밀공학회지, 제29권 제1호, pp. 87-95, 2012.
- ESI Group, "SYSWELD® Reference manual," 2009.