

Friction Stir Welding에 의한 Al 합금의 열분포 특성에 관한 연구

A study on the heat distribution characteristics of Al alloy by Friction Stir Welding

방한서*, 장웅성**, 김숙환**, 김홍주*

* 조선대학교 일반대학원 생산·가공공학과

** 포항산업과학연구원(RIST) 용접센터

1. 서 론

마찰교반용접은 1991년 영국 TWI에서 개발된 새로운 고상접합으로 개발되었다. 이 신기술은 알루미늄을 접합하는데 매우 획기적인 접합법으로 입증되어 틀과 시편의 마찰열원을 이용하여 기존의 용융 접합에 비해 낮은 입열로 접합이 행해지기 때문에 작은 잔류응력, 적은 변형 등의 장점을 더욱 부각시킨 신 접합법이다. 또한 알루미늄, 마그네슘 합금 등의 경금속 등에 많은 연구 및 적용사례가 자동차, 선박, 전동차, 비행기 산업 등에서 경량화의 목적으로 상용화되고 있으며 그에 대한 연구결과물들이 보고 되고 있는 실정이다¹⁾. 이에 본 연구에서는 선박, 자동차 산업들에 많이 소비되고 있는 Al 6000계열 합금에 대하여 마찰교반 접합 및 용융용접(GMAW) 접합을 실시하여 각각의 용접법에 의한 열영향부 및 접합부에 대한 온도 분포 측정을 행하였으며, 또한 마찰교반 접합시 접합부의 열분포에 대하여 수치해석을 실시하여 온도분포를 상호비교 하고자 한다.

2. 실험 및 해석 방법

본 실험에 사용된 재료는 Al 6061-T6을 사용하였으며 화학적 조성은 Table 1에 나타나있다. FSW 접합은 FSW 기기를 이용하여 틀의 회전속도 1500rpm, 용접속도 500mm/min 등의 접합변수로 하여 접합을 실시하였으며, GMAW에 대한 제원은 Table 2와 같다. 마찰교반접합실험은 틀의 회전속도 및 접합속도를 주 접합인자로서 접

합을 실시하여 양호한 비드를 얻을 수 있었다. 시편의 치수는 길이(L)=300mm, 폭(B)=150mm, 판두께(T)=4mm로 하였다. 접합시의 온도분포를 측정하기 위해서 접합이 시작되는 점에서 50mm 지점을 기준으로 온도를 측정하였다. 그리고 GMAW는 Table 2의 제원으로 접합을 행하여 양호한 비드를 얻었다. 각각의 용접법에 의한 접합부의 온도 측정은 직경 1mm 열전대를 이용하여 Fig. 1과 같이 시편 두께 2mm지점에서 접합부(Butt형상)에서 3mm 떨어진 지점까지 삽입하여 FSW접합부 및 GMAW 접합부의 온도를 측정하였다. 열분포 수치해석시 사용된 해석모델의 좌표계는 용접선 길이 방향을 x, 용접선 직각 방향 y, 판두께 방향을 z로 하였으며 해석시 핀의 직경을 고려하여 접합선 중심의 요소의 크기는 세밀하게 mesh하였고, 접합부에서 멀어질수록 크게 mesh하였으며, 요소수는 1800개이고 절점수는 1891개이다.

Table 1 Chemical composition and Mechanical properties of specimen

Chemical composition(wt%)			
Al	Fe	Si	Cr
98	0.7	0.4~0.8	0.04~0.35
Mg	Cu	Mn	Zn
0.8~1.2	0.15~0.4	0.15	0.25

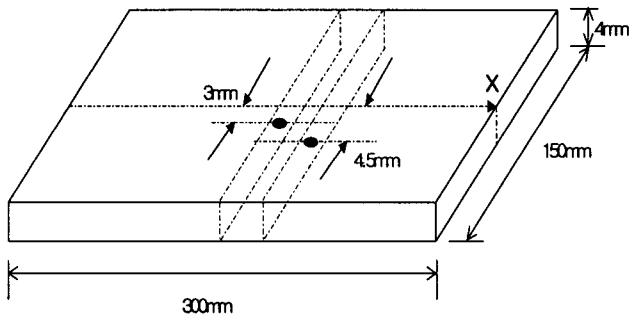


Fig. 1 Location of thermocouple arrangement

Table 2 Weld specifications

Material	Al 6061-T6
Welding procedure	GMAW
Welding Voltage(V)	20.5
Welding Current(A)	154
Arc efficiency	0.7
Weld speed(mm/s)	10
Feeding speed(mm/s)	78
Shield gas	Ar(50%)+He(50%)
Filler wire diameter(mm)	1.2

3. 수치해석 및 실험에 의한 FSW 접합부의 온도분포특성

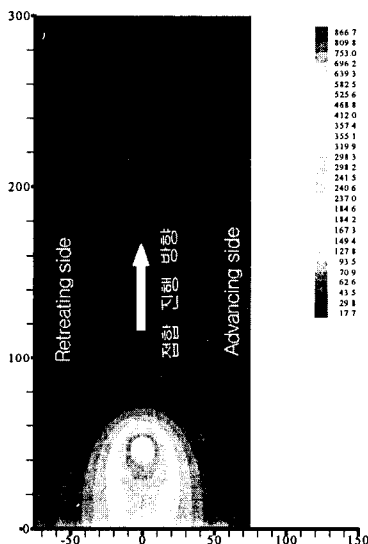


Fig. 2 Temperature contour plot at the surface from the numerical simulation

Fig. 2는 수치해석에 의한 표면의 마찰교반접합의 틀의 솔더와 핀의 마찰열원으로서 접합부의 열분포를

나타낸 형상이다²⁾. 틀 중앙에서 가장 높은 온도를 보이며 접합선을 중심으로 등온분포를 보였다. 그리고, Fig. 3은 너깃부(SZ), 열-기계적 영향부(TMAZ), 열영향부(HAZ) 및 모재(BM)의 시간에 따른 온도이력을 도시하였다. SZ 영역에서 최고 온도를 보이고 있으며, 접합부에서 급냉함을 알 수 있다³⁾.

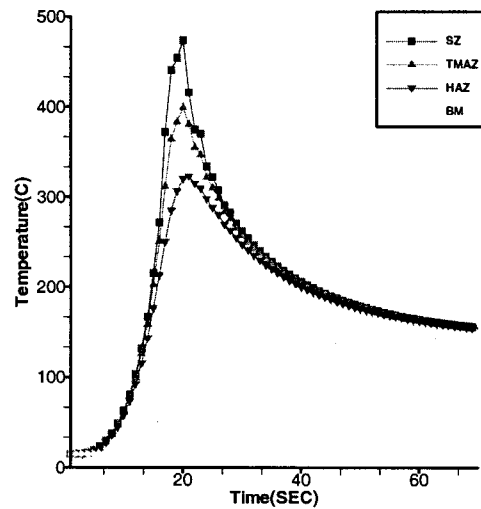


Fig. 3 Temperature history on each section from the numerical simulation at the surface

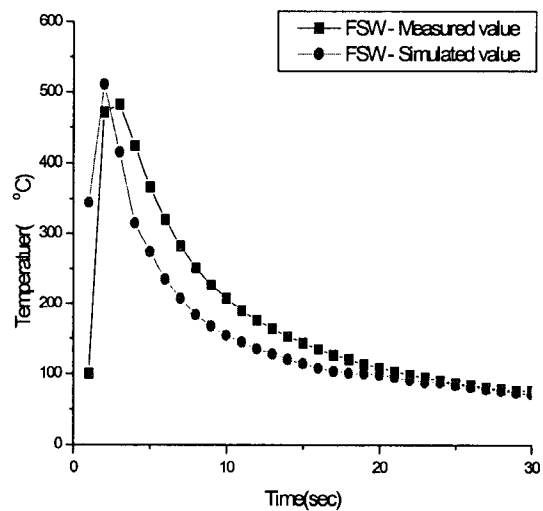


Fig. 4(a) Temperature history comparison between the numerical simulation and experiments

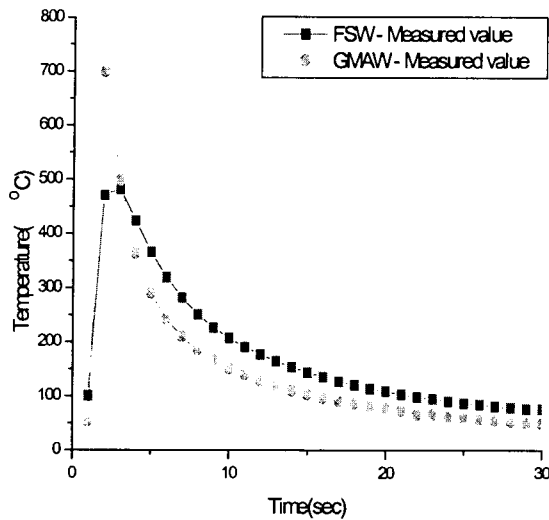


Fig. 4(b) Temperature history comparison between FSW and GMAW(measured value)

Fig. 4(a)는 FSW 접합시 실험에 의한 접합부의 온도분포 측정결과 및 수치해석에 의한 온도분포 결과를 비교한 온도 이력 그래프이고, Fig. 4(b)는 FSW와 GMAW에 의한 온도분포를 측정한 그래프를 나타내고 있다. 온도분포 측정위치는 Fig. 1과 같이 접합선에서 3mm 지점까지 열전대를 삽입하여 온도측정을 하여 해석에 의한 온도분포 값을 비교하였다. Fig. 4(a)의 온도분포의 결과는 해석시와 측정시의 온도 분포값이 AI의 용점아래인 약 500~510°C의 온도분포를 보이며 이 범위의 온도에서 접합이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig.4(b)에서는 GMAW는 AI의 용점 보다 높은 700°C이상에서 접합이 이루어짐을 실험에 의한 온도측정에 의해서 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 AI합금의 마찰교반접합(FSW) 및 GMAW의 접합을 실시하여 접합부의 온도분포를 측정 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 마찰교반접합에 의한(Friction Stir Welding) 접합부위의 온도분포는 계측실험값 및 해석값에서 500~510°C의 분포를 이루고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 해석에 의한 FSW 접합부의 온도가 약간 높지만 거의 일치하는 분포를 보이고 있음을 알 수 있었다. 그리고, 나아가 본 연구에서 포함되지 않는 FSW Tool 부분을 고려한 수치해

석에 의한 FSW접합부의 열분포 특성에 대해 연구하고자 한다.

참고문헌

1. Woong-Seong Chang, Ki-Yong Choi, Moon-Jin Kang and Young-Gak Kwon: up-and-Coming Friction Stir Welding, Journal of KWS, 18-6, (2000),704~712 (in Korean)
2. Paul Colegrove et al: 3 Dimensional Flow and Thermal Modelling of the Friction Stir Welding Process ,The University of Adelaide, TWI FSW Symposium(2000), Supplement (in Korean)
3. Han-Sur Bang: A study on the mechanical behavior of welded part in thick plate, Journal of KWS,10-4(1992), 250~258 (in Korean)