

ESPI를 이용한 FSW 기법을 적용한 용접부 변형의 정량적 측정

The Quantitative measurement of Friction-stir welding zone deformation using the ESPI

*김안드레이¹, #강영준², 안규생³, 유원재⁴, 김성종¹

*Andrey Kim¹, #Y. J. Kang(yjkang@jbnu.ac.kr)², K. S. Ahn³, W. J. Ryu⁴, S. J. Kim¹

¹전북대학교 대학원 기계설계학과, ²전북대학교 기계설계공학부,

³(주)에이엠피테크, ⁴(재)전주기계탄소기술원

Key words : Friction Stir Welding, ESPI, Welding Zone, Tensile Test

1. 서론

마찰교반용접(Friction-stir welding, FSW)은 1991년 영국 용접연구소(The welding Institute, TWI)에서 개발된 고상용접 프로세스이고, 비소모성 회전공구를 이용하여 재료를 교반, 일체화하는 새로운 원리를 이용한 접합 방법이다. FSW는 기존의 용융이나 응고 등에 의한 균열이나 기공의 발생이 없고, 용접 변형이 적다는 장점이 있으며 합중예흡의 발생도 없고 적외선, 자외선 등의 유해광선도 발생하지 않는 환경 친화적 접합 공정이다.

본 연구에서는 FSW 조건을 달리하여 시험편을 제작한 후, 인장시험기로 인장하중을 가하여 용접부의 변형을 측정하였다. 용접부 변형의 측정을 위해서는 레이저 스펙클 패턴 간섭법(ESPI)을 사용하였다.

2. FSW의 원리

FSW은 모재를 회전시켜 마찰열을 이용하는 기존의 마찰용접(Friction Welding)과는 달리, 용접부에 삽입된 비소모성 회전 공구(tool)라 부르는 봉상의 공구를 고속으로 회전시키면서 용접할 두 재료 사이를 접촉시켜 용접라인을 사용하여 용접부를 가열, 연화, 소성 유동화시켜 고상으로 용접하는 방법이다. FSW 원리의 개념도는 Fig. 1과 같다.

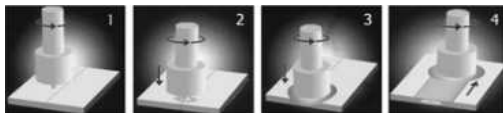


Fig. 1 Principle of FSW

3. 실험 및 실험 결과

3.1 시편 제작

FSW는 알루미늄과 같은 연성의 비철합금의 용접에 매우 강점이 있는 프로세스이며, 가장 중요한 용접인자로는 재질의 두께(mm), Tool의 회전속도(RPM), Tool의 이동속도(Feed Rate; mm/min)등이 있다.

본 실험에서는 두께 6mm인 AL6061 알루미늄을 사용하였다. 일정 두께에 대한 용접 조건의 변화는 Table 1과 같이 수행하였다.

Table 1 FSW Conditions for Tensile specimens

Change in conditions		Spec. ID
RPM	Feed Rate(mm/min)	
1,000	270	A
1,100	270	B

위 표와 같은 조건으로 교반 용접 후, KS B 0801 5호 규격에 따라 인장시험편을 제작하였다.

3.2 실험 방법

본 실험에서는 인장시험편의 용접부에 인장하중을 부과하기 위해 INSTRON 3382 시험기를 이용하였다. 시험편을 Fig. 2과 같이 지그로 고정된 상태에서 y방향으로 1축 인장하중을 받도록 하였다. 용접부 변형을 측정하기 위하여 면내변위 측정이 가능한 In-plane ESPI 시스템을 구성하였다. 광 분할기를 이용하여 레이저 빔을 두 개로 나누고 입사각을 조절하여 용접부에 조사하였다. 조사된 레이저 빔은 용접부 표면으로부터 반사되고, 반사된

레이저 빔은 CCD 카메라를 통해 간섭무늬를 획득한다. LabVIEW를 사용하여 자체 개발한 프로그램으로 화상처리 과정을 통해 정량적 해석을 하였다.

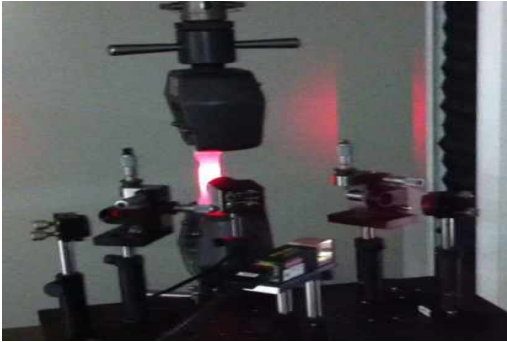


Fig. 2 Configuration of experiment system

3.3 실험 결과

실시간으로 측정 가능한 ESPI 시스템을 사용하여 인장시험편 용접부의 변형 분포를 관찰하였다. Fig. 3, 4는 시편 A, B 용접부의 측정결과이다. 용접부의 변형을 정량적으로 계산하기 위하여 Phase map과 Unwrapping 과정을 3D 이미지를 획득하였다. 용접부 변형량의 정량적 해석결과, 시편 A는 $1.07 \mu\text{m}$, 시편 B는 $1.33 \mu\text{m}$ 이다.

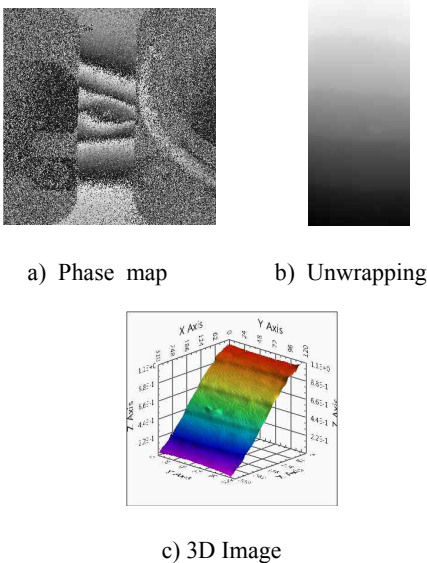


Fig. 3 ESPI experiment result of specimen A on Tensile

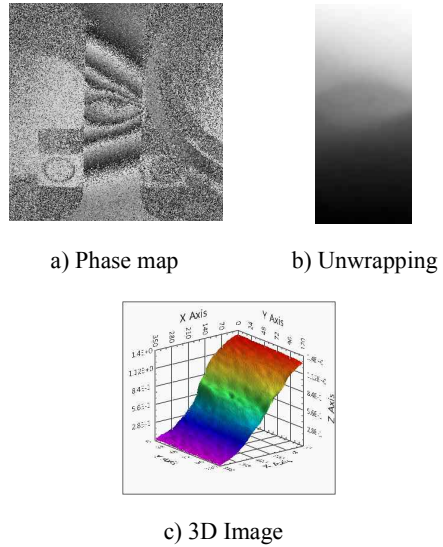


Fig. 4 ESPI experiment result of specimen B on Tensile

4. 결론

ESPI를 이용한 마찰 교반 용접부에 발생하는 변형 분포를 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

시험편의 용접부에서 변형 및 변형량을 분석하였다. 용접부의 변형은 마찰 교반 용접조건에 따라 변형분포가 다르게 나타나는 것을 확인하였다. 본 연구 결과는 용접조건에 따른 용접구조물 해석의 기초자료로 활용 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김미선, “국내마찰(교반)용접 설비산업의 현황과 전망은?”, 용접저널, 8월호, 51-62, 2009.
2. Shinoda, T. and Kondo, Y.. "Friction Stir Welding of Aluminum Plate", Welding International, Vol. 11-3, 179-184, 1997.
3. Y.J.Kang, J.S.Lee., N.K.Park., Y.K.Kwon, "Ideal Phase map Extraction Method and Filtering of Electronic Speckle Pattern Interferometry," Journal the Korean Society of Precision Engineering 19, 12, 20-26, 2002.