

# Shearography를 이용한 마찰교반용접 시편의 용접부 Strain 측정에 관한 연구

## A Study on measurements of the FSW welding specimen strain using the Shearography

\*최인영<sup>1</sup>, #강영준<sup>2</sup>, 고평수<sup>1</sup>

\*I. Y. Choi<sup>1</sup>, #Y. J. Kang(yjkang@jbnu.ac.kr)<sup>2</sup>, K.S. Ko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 대학원 기계설계학과, <sup>2</sup>전북대학교 기계설계공학부

Key words : Shearography, Friction Stir Welding, Strain.

### 1. 서론

마찰교반용접(Friction Stir Welding)은 틀과 모재의 강한 마찰열을 이용하여 모재의 소성유동을 발생하여 접합하는 고상용접 기술의 하나이다. 마찰교반용접은 기존의 Arc 또는 Mig 용접과 같은 용융용접에 비하여 유해가스가 발생하지 않으며, 별도의 열원을 필요하지 않는 친환경 접합기술이다. 또한 알루미늄, 마그네슘 등의 비철 경량 합금에 대한 접합 특성이 우수하여 산업전반에서 일어나고 있는 경량화 추세에 발맞추어 적용분야가 급격히 늘어날 것으로 예상된다. 그러나 마찰교반용접의 경우, 일반용접에 비하여 접합특성이 우수하지만 마찰열에 의하여 열 변형을 받은 부분과 용접틀의 회전 방향에 의하여 용접부의 기계적 물성이 달라지는 특성을 갖고 있다.

본 논문은 이러한 마찰교반용접부의 특성을 변화를 관찰하기 위하여 Shearography를 이용하였다. Shearography는 빛의 간섭현상을 이용하여 물체의 변형구배를 측정하는 계측방법으로서, 변형구배를 strain으로 변환하여 마찰교반용접부의 용접특성을 계측할 수 있다.

### 2. 이론

#### 2.1 마찰교반용접

Fig. 1은 마찰교반용접의 용접 원리를 나타내는 그림이다. 그림과 같이 용접이 필요한 부분에 마찰교반용접 틀을 삽입하여 틀과 모재의 회전에 의한 마찰열을 이용하여 접합하게 된다. 이때, 틀의 돌기(Probe)의 경우, 마찰열에 의하여 연화된 모재의 교반에 의한 소성유동을 유발하여 용접이 이루어

진다. 이때, 틀의 회전방향과 일치하는 전진측(Advancing side)과 그 반대인 후퇴측(Retreating side)이 발생하며 마찰열에 의한 열 변형과 맞물려 두 부분의 기계적인 특성이 달라진다.

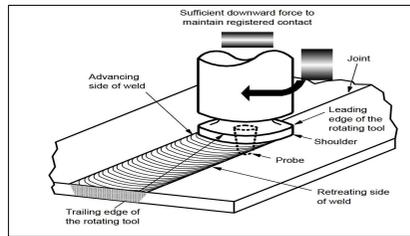


Fig. 1 Principle of FSW

#### 2.2 전단간섭계의 원리

Fig. 2는 전단간섭계의 구성 방법을 나타내는 그림으로서 하나의 레이저 빛을 물체에 조사한 후, 이 빛을 광분할기(Beam splitter)를 이용하여 전단거울(Shearing mirror)과 위상이동거울(Phase Shifting mirror)로 경로를 분리한 후 다시 합쳐지는 과정에 빛의 간섭현상이 발생하여 물체의 변형구배를 측정한다. 따라서 전단간섭계의 변형구배를 strain으로 변환하여 용접부의 계측이 가능하다.

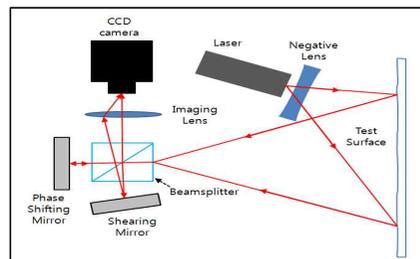


Fig. 2 Schematic of Shearography

### 3. 실험 방법

#### 3.1 마찰교반용접 시편

Aluminum 6061 계열의 6mm 두께의 압연 판재를 이용하여 Table.1 과 같은 조건으로 마찰교반용접을 수행하였으며, KB B8010 제5호 규격에 따라 인장시편을 제작하였다.

Table 1 Friction Stir Welding Condition

Probe shape	RPM	Feed Rate	Specimen No.
삼각나사형	1000	270 mm/min	1
		300 mm/min	2

#### 3.2 Shearography의 구성

Shearography를 이용하여 마찰교반용접부의 용접 특성 계측을 위하여 Nd:YAG레이저와 Lumenera사의 CCD 카메라를 이용하였다. 또한 만능인장기를 이용하여 마찰교반용접 시편의 변형을 유도하였으며, 변형량을 고려하여 전단량을 조절하였다. Fig. 3은 마찰교반용접부의 용접특성을 검출하기 위한 Shearography의 구성모습을 나타낸 사진이다.

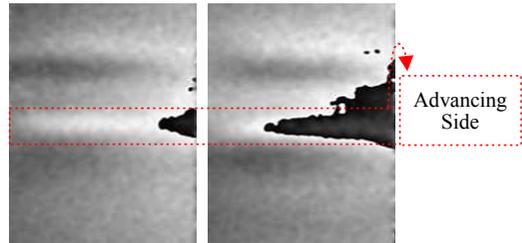


Fig. 3 Photography of Shearography setting

### 4. 실험 결과

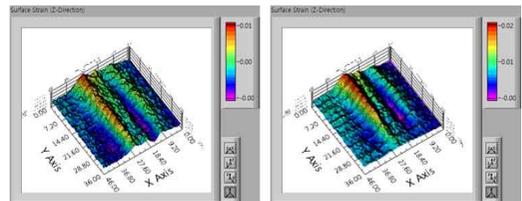
Fig. 4는 Shearography를 이용하여 마찰교반용접부의 측정 결과를 나타내는 위상도(Phase Map)이며, 빨간색 점선으로 표시한 부분이 마찰교반용접의 전진축을 나타낸다. 위상도에서 보듯이 용접부의 다른 부분에 비하여 전진축에서 간섭무늬가 증가하는 것을 볼 수 있다. Fig. 5는 전단간섭계를 통하여 획득한 위상도의 빛의 위상을 strain으로 변환하여 나타낸 Strain Map이다. 그림에서 보듯 전진축이 다른 부분에 비하여 strain의 크게 발생함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 마찰교반용접과정

에서 발생하는 열 변형과 틀의 회전 방향에 따라서 용접부의 취약한 부분에서 변형이 크게 나타나기 때문이다.



(a) Specimen No.1 (b) Specimen No.2

Fig. 4 Phase Map results using the Shearography



(a) Specimen No.1 (b) Specimen No.2

Fig. 4 Strain Map

### 5. 결론

본 논문은 Shearography를 이용하여 마찰교반용접부의 strain을 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

마찰교반용접의 경우, 모재와 틀의 회전에 의한 마찰열에 영향을 받은 용접부가 다른 부분에 비하여 강도가 떨어진다. 또한 틀의 회전 방향에 의하여 발생하는 전진축의 경우, 다른 용접부분보다 강도가 떨어지는 현상을 Shearography를 통하여 계측 가능함을 증명하였다.

### 후기

본 논문은 2013년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2010-0024952)

### 참고문헌

- Steinchen, W., Kuper, G., Mackel, P. and Vossing, F., "Determination of strain distribution by means of digital shearography," Measurement, Vol. 26, No. 2, pp. 79-90, 1999.