

# 전단간섭계를 이용한 라이너 내부결함 측정을 위한 화상처리 기술에 관한 연구

## Study of Shearography Image Processing For Measurement of Internal Defect of Aluminum Liner

\*최인영<sup>1</sup>, #강영준<sup>2</sup>, 유계형<sup>3</sup>, 홍경민<sup>1</sup>, 김성종<sup>1</sup>

\*I. Y. Choi<sup>1</sup>, #Y. J. Kang(yjknag@jbnu.ac.kr)<sup>2</sup>, G. H. You<sup>3</sup> K. M. Hong<sup>1</sup>, S. J. Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>전북대학교 대학원 기계설계학과, <sup>2</sup>전북대학교 기계설계공학부, <sup>3</sup>(주)일진컴포지트

Key words : Shearography, Out-of-Plane, Image processing, Internal Defect, Aluminum Liner

### 1. 서론

전단간섭계를 이용한 레이저 측정 방법은 비접촉/비파괴 측정방식으로서, 실시간에 가까운 빠른 측정 속도와 미소 변형에 대한 정밀 측정이 가능한 장점을 가지고 있다. 특히 레이저를 이용한 ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry)에 비하여 진동 및 공기의 와류에 의한 영향이 적어 산업 현장 적용성이 매우 우수하다.

본 논문은 전단간섭계를 이용하여 물체의 면외 변위를 측정하기 위한 새로운 알고리즘을 개발하고, 사용자에게 보다 쉽게 물체의 변형에 대한 정보를 제공하기 위한 화상처리(Image Processing)기술에 관한 논문으로서, NI(National Instrument)사의 LabVIEW를 이용하여 개발하였다.

### 2. 이론

#### 2.1 전단간섭계의 면외 변위 복원

빛의 간섭현상을 이용한 간섭계는 빛의 위상을 CCD 카메라로 측정하며, 변형여기에 의하여 발생하는 변형 전, 후의 빛의 위상 변화를 측정하여 물체의 변형 정보를 측정하게 된다. 특히 전단간섭계의 경우 변형여기에 의한 물체의 면외 변위 값이 전단량에 의하여 미분한 값을 나타내는 계측 방식이다. 따라서 전단간섭계를 이용하여 물체의 면외 변위를 측정하기 위해선 전단량에 의하여 미분된 빛의 위상 변화 값을 적분과정을 거쳐 복원하면 가능하다.

그러나 전단간섭계를 이용하여 얻어진 빛의 위상의 정보를 나타내는 Unwrapping Image의 경우, 빛의 위상 정보를 획득하기 위하여 사용된 CCD 카메라가 표현할 수 있는 명암으로 변환되어 Image

형태로 저장된다. 그러므로 전단간섭계를 이용하여 물체의 면외 변위를 복원하기 위해선, 빛의 위상 정보가 명암으로 표현된 Unwrapping Image를 위상으로 변환하여 적분해야 한다.

일반적으로 8bit의 CCD 카메라의 경우 0 ~ 255의 단계로 명암이 표시되며, 전단간섭계를 이용하여 저장된 명암 값을 적분을 통해 면외 변위를 측정하기 위하여 필요한 식은 아래와 같다.

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\Delta\phi\lambda}{4\pi\delta x} = \frac{(2N+1)\lambda}{4\delta x} \quad (1)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\Delta\phi\lambda}{4\pi\delta x} = \frac{N\lambda}{2\delta x} \quad (2)$$

이때,  $\lambda$ 는 사용 레이저의 파장, N은 간섭무늬의 개수,  $\delta x$ 는 전단간섭계의 전단량이며, 식(1)은 밝은 간섭무늬의 개수를 이용할 경우, 식(2)은 어두운 간섭무늬의 개수를 이용할 경우이다.

#### 2.2 면외 변위의 Image processing

전단간섭계를 통하여 얻어진 Data는 적분과정을 통해 획득한 물체의 면외 변위 값을 사용자에게 보다 쉽게 표현할 수 있도록 LabVIEW의 3D 표현 알고리즘을 이용하여 표현하였다. Fig. 1 (a)는 기존의 전단간섭계를 통하여 획득한 Data의 3D 표현이며, Fig. 1 (b)는 적분과정을 통하여 얻어진 물체의 면외 변위 값을 3D로 표현한 그림이다.

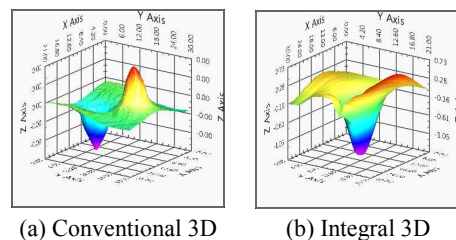


Fig. 1 Shearography 3D Display by LabVIEW

### 3. 실험 방법

본 실험에서 사용된 시편은 CNG 버스용 알루미늄 라이너이며, 내부 결함은 Table 1과 같다. 진단간섭계를 이용하여 결함에 의한 면의 변위 측정값을 검증하기 위하여 Out-of-Plane ESPI를 이용하였다. 또한 시편과 CCD 카메라의 거리를 동일한 거리에서 측정하여 진단간섭계와 Out-of-Plane ESPI의 측정하는 측정 면적을 동일하게 하였고, 압력 또한 0.2MPa로 동일하게 하였다.

Table 1 Internal Defect Size Of Aluminum Liner

Defect	Length	Wide	Depth
	30mm	1mm	3mm



Fig. 2 Photography of Out-of-Plane ESPI Setting



Fig. 3 Photography of Shearography Setting

### 4. 실험 결과

진단간섭계와 Out-of-Plane ESPI를 이용하여 알루미늄 라이너 내부 결함의 면의 변위를 측정한 결과 값과 Out-of-Plane ESPI에 대한 진단간섭계의 오차율 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Experiment Result of Deformation

Deformation	Out-of-Plane ESPI	Shearography	Error
	2.15 $\mu$ m	2.21 $\mu$ m	2.79%

Fig. 4 Out-of -Plane ESPI와 진단간섭계를 이용하여 얻어진 물체의 면의 변위 측정 위상도, Unwrapping Image, 3D 표현, 결함의 크기를 나타내는 Contour Line을 비교한 그림이다.

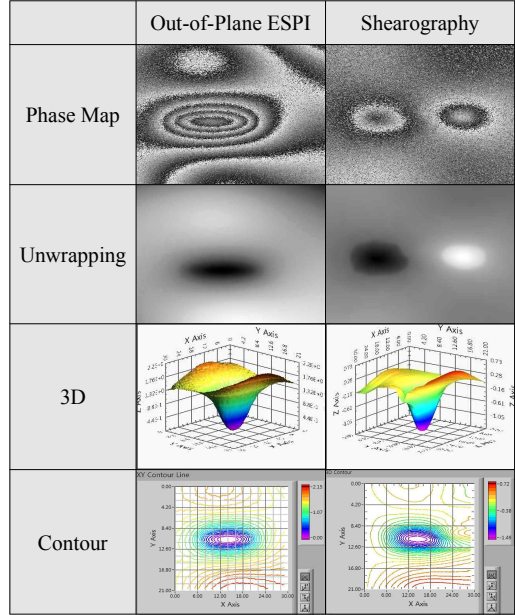


Fig. 4 Comparison of Experimental Result

### 5. 결론

진단간섭계를 이용하여 별도의 면의 변위 측정 없이 적분 알고리즘으로 결함에 의한 면의 변위의 측정이 가능했다. 또한 Out-of-Plane ESPI와 비교한 결과 Error rate 2.79%의 신뢰할 수 있는 결과를 획득 하였다. 향후 진단간섭계의 면의 변위 복원 알고리즘을 이용하여 결함의 깊이와 길이를 동시에 측정할 수 있는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. L. M. Lobanov, V. A. Pivtorak, I.V Kyyanets, and O. M. Savyts'ka, "Nondestructive Testing of composite and Metallic pipes By The Method of Electronic shearography" Materials Science, Vol. 43, No 4, pp. 522-527, 2007
2. Song-jeng Huang and Yan-Fu Liu, "The Out-of-Plane Strain Measurement of Composite Sandwich Plate with Fully-Potted Insert Using Digital Phase-Shifting Shearography" ICCES, Vol.4, No.3, pp.187-193, 2007