

# 전단간섭계에서 unwrapping 이미지를 이용한 압력용기 결함 길이 정량검출

Measurement of Internal Defects of Pressure Vessel using Unwrapping images in Digital Shearography

\*성연학<sup>1</sup>, #강영준<sup>2</sup>, 안용진<sup>1</sup>

\*Y. H. Sung<sup>1</sup>, #Y. J. Kang(YJkang@chonbuk.ac.kr)<sup>2</sup>, Y.J.Ahn<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>전북대학교 기계설계공학과

Keywords : Shearography, Unwrapping pressure vessel

## 1. 서론

CNG가스용기나 원자력 배관재료 등에 이용되는 압력용기에 있어 발생할 수 있는 결함에 대한 검증이 필요하다. 그 방법에 있어서 광학적 방법을 이용한 전단간섭계를 이용해서 인위적으로 가해진 압력용기 내부결함에 대해 정량적인 측정을 목표로 했다. 전단간섭계를 통해 얻어진 위상맵(Phase map)은 이미지 처리과정 때문에 arctan함수의 특성인 2π마다의 불연속성을 띄는데 정량적 측정을 위해서 Unwrapping 이미지 처리 등을 한다. Unwrapping 이미지는 변위 구배에 대해 연속성을 gray level(0-255)값으로 표현하는데 결함에 대해 FEM으로 변위 값을 해석해 실험 변수에 따라 달라지는 gray level값과의 연관성을 이용해 정량적 길이 측정을 하고자했다.

## 2. Shearography의 원리

Fig2은 래터럴 전자 전단 간섭계의 개략도이다.

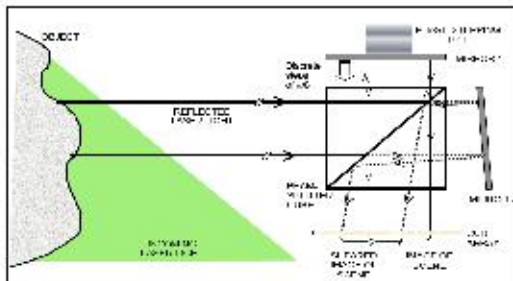


Fig2 레이저에서 나온 빛이 물체면에 조사된 후 반사

되어 나와서 광 분할기에서 두 개의 빔으로 나누어진 후 하나는 위에 있는 거울에 반사되어 상면에 맺히고, 나머지 하나는 옆에 있는 거울에서 반사되어 다시 광 분할기에 들어가서 상면에 맺히게 된다. 이때 거울을 살짝 회전시켜주면 회전된 거울에서 반사된 파면은 회전하지 않은 거울에서 반사된 파면에 대해 수평으로 전단되어 상면에 맺히게 된다.

한 점에서 변형 전후의 위상차이인

$$\Delta\varphi_P = \frac{2\pi}{\lambda} (\vec{n}_o - \vec{n}_s) \cdot (\vec{d}) \quad (2-1)$$

$$\Delta\varphi_\theta = \frac{2\pi}{\lambda} (\vec{n}_o - \vec{n}_s) \cdot [(\vec{d} + \Delta\vec{d})] \quad (2-2)$$

두 식을 빼줘서(변형 차이를 계속) 테일러 정리를 이용해 전단량이 매우 작다고 가정하여 식을 전개해주면 2-3식이 성립한다.

$$\Delta\varphi \approx \frac{4\pi}{\lambda} \frac{\partial d}{\partial x} S_x \quad (2-3)$$

2-3식에서

λ: 레이저의 파장,

$\frac{\partial d}{\partial x}$ : 전단량에 대한 물체의 면외변위 d의 1차미분값

으로 S<sub>x</sub>(미러의 경사각)에 따라 광학계의 민감도가 바뀔 수 있다. [1]

### 3. 실험방법 및 결과

탄소강 시편 길이330mm, 외경100mm, 두께 5mm인 시편내부에 길이별로 1mm,1.5mm,2mm 깊이별 2mm, 1mm, 0.5mm로 방전가공 하였고 폭은 1mm로 모든시편에 일정하게 했다.

전단량은 시편의 길이에 따라 50%를 줬고[2] 압력별로, 길이별로, 깊이별로 Phasemap과 Unwrapping 이미지를 얻었다.

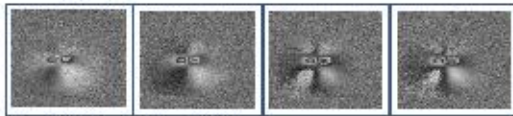


Fig. 3-1 1. 2Mpa-1.8Mpa

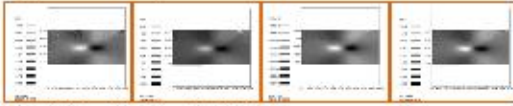


Fig. 3-2 1.2Mpa-1.8Mpa

Phasemap and Unwrapping along the Pressure change

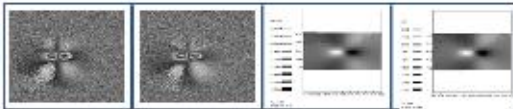


Fig. 3-3 length 15mm

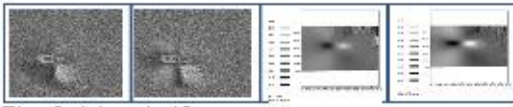


Fig. 3-4 length 10mm

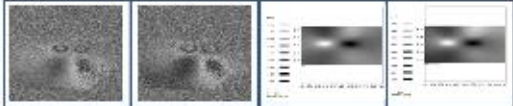


Fig. 3-5 length 20mm

Phasemap and Unwrapping along the length change

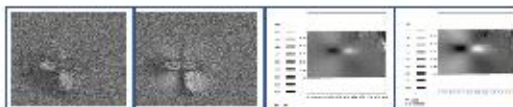


Fig. 3-6 depth 2mm(length 10mm)

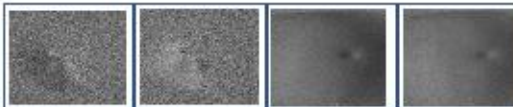


Fig. 3-7 depth 1mm(length 10mm)

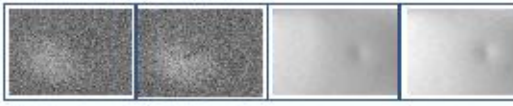


Fig. 3-8 depth 0.5mm(length 10mm)

### 4. 실험결과 분석

압력별, 길이별, 깊이별 Unwrapping 이미지에서 gray level값을 읽었다. 전단량에 해당되는 pixel값을 최대, 최소가 되는 gray level값에서 계산한 후 실제 결함 길이의 pixel만큼 이동한 자리의 gray level값을 각 변수별로 정리하였다.

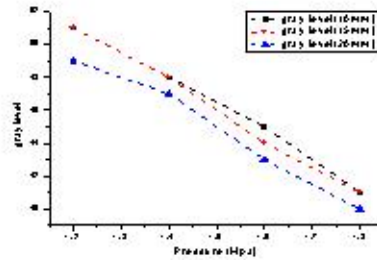


Fig. 4.1 gray level along the length change

Fig. 4.1의 길이별 gray level 값이 변하는것을 확인 할 수 있는데 이는 (압력별, 깊이별 한것도 마찬가지) 변형량 변화에 따른 결과이고 [3] FEM해석 결과에서도 확인 할 수 있었다.

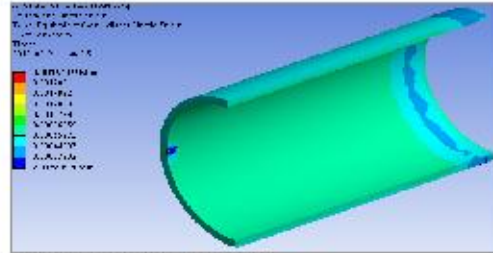


Fig. 4.2 FEM 1/4 Model

### 5. 결론

전단량을 시편 결함의 50%, 가압력을 1.6Mpa, 변형량 2micro meter이상을 발생시킬 때 Unwrapping 이미지에서 gray level 16-20% 값에서 결함이 시작되고 이때 16-20%는 0.1470mm의 실제 결함 길이에 해당된다.

### 참고문헌

1. R. Jones and C. Wykes, "Holographic and Speckle Interferometry", Cambridge University Press, pp. 122-164, 1989
2. 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측법, 조선대학교, pp30-pp32
3. Determination of strain distribution by means of digital shearography, W. Steinchen, Measurement.