

위상이동 무아레 방법을 이용한 LCD판넬의 변형 형상 측정

Deformation form measurement of LCD panel using the phase shifting Moire method

*장수옥¹, 라성원¹, 김우진², 최태호², 장호섭², #김경석³

*S. O. Jang¹, S. W. Ra¹, W. J. Kim², T. H. Choi², H. S. Chang², #K. S. Kim³(gsckim@chosun.ac.kr)

¹조선대학교 대학원, ²조선대학교 산학협력단 레이저센터, ³조선대학교 기계설계공학과

Key words : Phase Shifting, Moire Method, Grating, Deformation form

1. 서론

금형에서 프레스 금형은 프레스라는 공작 기계를 사용하여 재료의 소성 및 전연성을 이용, 동일규격의 제품을 다량으로 생산하기 위하여 금속재료를 주재료로 하여 만든 틀이라 정의할 수 있다. 프레스 금형은 자동차, 전자제품, 산업기계, 전기기기, 건축재 등 여러 분야에서 제품생산에 널리 사용되고 있다.[1] 그러나 프레스 금형의 한 종류인 LCD 패널 성형의 경우 제품의 강도 보강을 위해 엠보싱 가공, 비드면 가공 등의 공정을 함으로써 뒤틀림을 보정 하지만, 제품 내부의 불균일한 하중이 발생할 경우 이러한 공정작업으로 인해 제품의 뒤틀림이 발생하게 된다. 이와 같이 LCD 패널의 뒤틀림이 발생하면 제품으로서 기능을 하지 못하므로 뒤틀림의 정도를 파악하는 것이 중요하다. 제품의 형상을 측정하는 방법 중에서 Moire 측정법은 높은 측정 분해능을 가질 수 있는 장점을 가지고 있지만 측정대상체의 표면 반사도에 따른 가시성 변화로 인한 측정 불확성, 무늬해석의 어려움 등의 단점이 있다.[2] 이러한 단점을 보완하기 위해 위상이동법을 Moire 방법에 적용한다. 위상이동 Moire법을 이용하면 기존의 Moire 방법보다 수백배의 측정분해능 및 정밀도 향상을 가져올 수 있다.[3] 본 연구에서는 LCD 패널의 제조공정 중 발생하는 뒤틀림의 정도(형상의 변형량)를 위상이동 Moire방법을 이용하여 측정하였다.

2. 이론

2.1 위상이동방법

위상이동 방법의 개념은 간섭계에서 사용되는 물체광과 참조광 사이에 시간에 따라 변하는 위상이동을 줌으로써 관심 있는 측정표면의 높이 정보를 형성된 간섭 무늬를 이용해서 알아내는 것이다. 두 파면 사이의 위상차를 일정한 양 Δ 만큼씩 변화시켜 이에 따라 변화되는 강도를 물체의 모든 지점에서 측정하여 각 지점에서 위상을 직접 측정하는 방법이다. Fig. 1은 위상이동 간섭계의 기본 개념을 나타내는 그림이다.

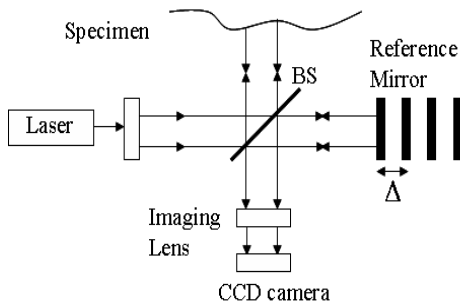


Fig. 1 Concept of phase shifting interferometry

위상이동기법에는 3-프레임 기법, 4-프레임 기법, 5-프레임기법, Carré 방법 등 여러 가지 기법이 있지만 본 논문에서는 일반적으로 많이 사용하는 4-프레임 기법을 적용하였다. 4-프레임 기법의 알고리즘은 4개 이미지의 각 화소별 빛의 세기를 이용하여 위상을 구하는 기법이다. 4개 이미지의 각 화소별 빛의 세기는 다음과 같다.

$$I_1 = I_0 [1 + \gamma \cos \phi], \quad I_2 = I_0 [1 + \gamma \cos (\phi + \pi/2)]$$

$$I_3 = I_0 [1 + \gamma \cos (\phi + \pi)], \quad I_4 = I_0 [1 + \gamma \cos (\phi + 3\pi/2)]$$

각 화소별 빛의 세기를 이용하여 각점에서의 위상 ϕ 과 줄무늬 가시도 γ 를 구하면 다음과 같다. [4]

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{I_4 - I_2}{I_1 - I_3} \right), \quad \gamma = \frac{\sqrt{(I_4 - I_2)^2 + (I_1 - I_3)^2}}{2I_0}$$

2.2 위상이동 영사식 무아레

본 연구에서는 기존의 영사식 무아레 방법의 단점을 보완하기 위해 위상이동방법을 적용하였다. 4-프레임 기법에 맞는 가상의 기준격자를 영사기를 이용하여 측정물체에 투영하고 물체형상에 따라 변형된 격자를 CCD카메라를 이용하여 4개의 이미지를 획득하였다. 4-프레임 기법에 적용되는 가상의 기준격자를 Fig. 2에 나타내었다.

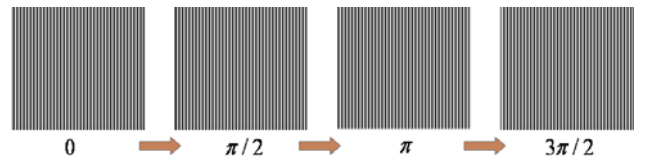


Fig. 2 Virtual grating

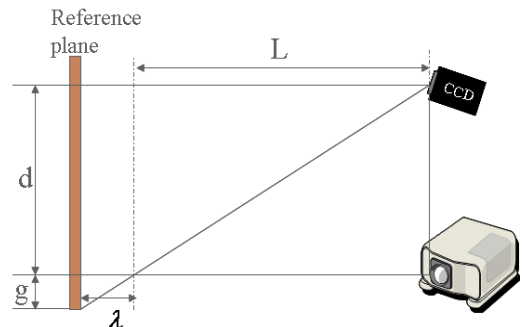


Fig. 3 Method to determine the wavelength

Fig. 3은 기준격자의 파장을 결정하는 방법을 나타낸 것이다. 격자의 피치를 g 라고 하면 파장과 변형 δ 은 다음 식으로부터 구할 수 있다.[5]

$$\lambda = \frac{gL}{g+d}, \quad \delta = \phi \times \frac{\lambda}{2\pi}$$

3. 실험방법 및 실험장치

선 실험으로 위상이동 영사식 무아레 방법을 이용한 측정의 정밀도를 높이기 위해 L, d, g 를 변화시켜서 실제변형과의 오차를 비교하였다. 그리하여 최적의 조건을 찾아 LCD판넬의 공정별 변형 형상을 측정하였다. Fig. 4는 LCD판넬의 공정별 변형 형상을 측정하기 위한 판넬의 고정 장치이다. 시험편으로 사용된 판넬의 사이즈는 36인치이며 가로, 세로 각각 800mm, 500mm이다. 선 실험에서 얻어진 최적의 조건에 맞춰 Fig. 4의 지그를 이용하여 LCD판넬의 2~6공정까지의 변형형상을 위상이동 영사식 무아레 방법을 적용하여 측정하였다.

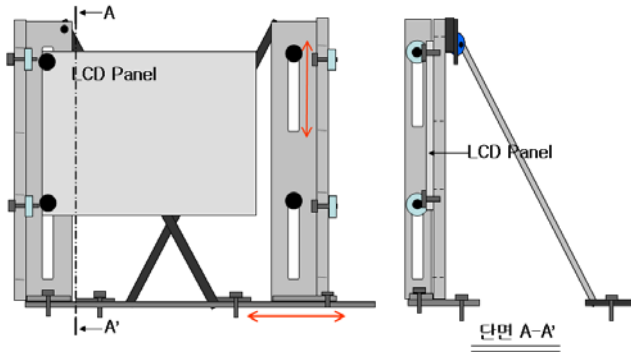


Fig. 4 Jig for LCD panel

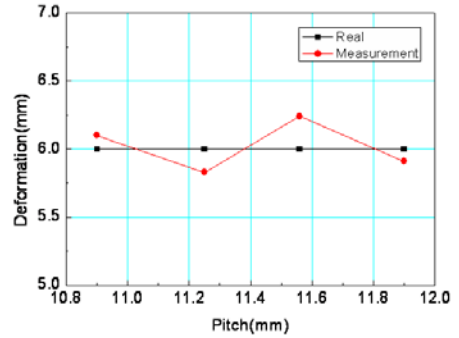


Fig. 5 Error of measurement result

4. 실험결과

본 논문에서 제시한 기법의 측정 정밀도를 높이기 위한 실험 결과를 Table 1에 나타내었다. 각각의 조건의 감산 이미지에서 변형을 가한 부분의 프로파일 데이터를 구한 후 위상차를 구하였다. 측정 거리(L), 카메라와 영사기 사이의 거리(d)에 따라 피치와 파장이 다양하게 변화하였다. 실험에 사용한 L은 1440mm, 1540mm, 1640mm, d는 280mm, 290mm, 300mm이다. 위상이동 영사식 무아레 방법으로 측정된 변형과 실제변형과의 오차를 다음 Table 2에 나타내었다. Table 2에 나타난 것과 같이 변화된 형상에 따라 측정범위 및 변형 오차율이 다르게 나타난 것을 알 수 있다. Fig. 5는 측정 정밀도 실험의 오차율을 그래프화한 것이다. 실험의 정확도를 높이기 위해 Table 2에서 오차율이 가장 작은 조건을 이용하여 LCD 판넬의 2~6공정까지의 변형형상을 측정하였고, Table 3에 나타내었다.

Table 3 Deformation form of 2~6 progress

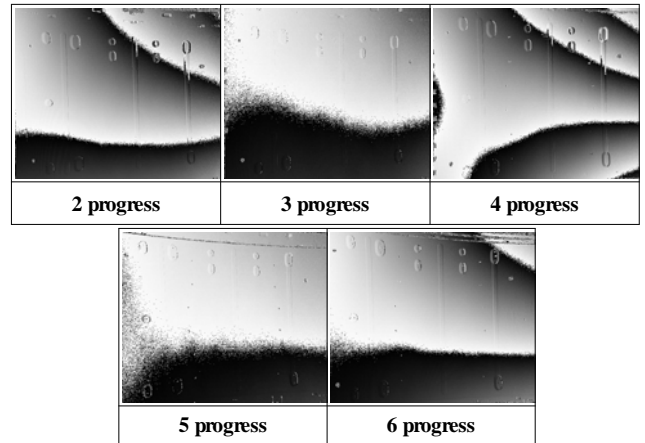


Table 1 Measurement result

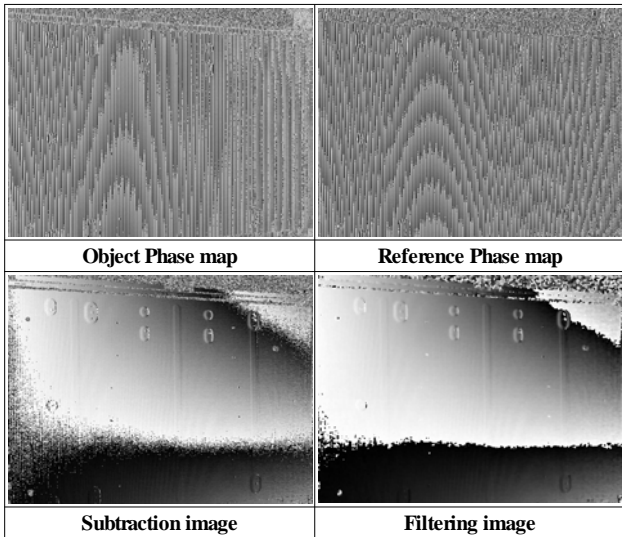


Table 2 Measurement error

Pitch	L	d	ϕ	Deformation	Real Deformation	Error
10.9	1440	280	0.715	6.10	6	1.6%
11.9	1440	355	0.794	5.91	6	1.5%
11.25	1540	290	0.637	5.83	6	2.9%
11.56	1640	300	0.640	6.24	6	3.8%

Table 3에서 보는 것과 같이 4공정에서 변형이 가장 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 5공정에서는 변형이 거의 없음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 영사식 무아레 방법의 단점을 보완하는 방법인 위상이동 영사식 무아레 방법을 제시하였다. 이와 같은 위상이동 영사식 무아레 방법을 적용하여 LCD판넬의 공정별 변형형상을 측정하였다. 각각의 공정에 따른 변형 형상을 거시적으로 나타내어 강도보강 공정을 실시할 경우 유용하게 쓰일 것으로 판단된다. 그리하여 가공공정작업으로 인해 LCD판넬에 뒤틀림이 발생할 경우 뒤틀림의 정도와 위치, 변형의 양을 알 수 있을 것이다.

후기

이 논문은 2008년도 산업자원부 한국산업기술평가원지정 지역혁신센터인 조선대학교 산학협력단 레이저 응용 신기술개발 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구 되었음.

참고문헌

- Jung, Y. D., Ku, B. H., "Manufacture and Molding design (by Injection molding analysis)," Interscience, 2005
- Kim, S. W., Oh, J. T., Jung, M. S., Choi, Y. B., "Two wavelength Phase Shifting Projection Moire Topography for Measurement of Three-Dimensional with High Step Discontinuities," The Korean Society Mechanical Engineers, Vol. 23, No. 7, 1129-1138, 1999.
- Dirckx, J. J. J., Decraemer, W. F., "Automatic calibration method for phase shift shadow moire interferometry", Appl. Opt. Vol. 29, No. 10, 1474-6, 1990.
- Creath, K., Temporal Phase Measurement Method, in Interferogram Analysis: Digital Fringe Pattern Measurement Techniques, ed. Robinson, David W. and Reid, Graeme T., London: IOP Publishing, 94-112, 1993
- Kang, Y. J., Ryu, W. J., Rho, H. M., Lee, D. H., "A Study on 3-D Shape Measurement and Application by using Digital Projection Moire(II)," J. of KSPE, Vol. 24, No. 5, 62-67, 2007.