

전단간섭법을 이용한 압력용기의 감육 결함 및 변형 측정 Measurement of the Deformation and Thinning Defect of Pressure Vessel using Shearography

*강찬근¹, #김경석², 정현철², 최태호¹, 고경욱¹

*C.G. Kang¹, #K.S. Kim(gskim@chosun.ac.kr)², H.C.Jung², T.H. Choi¹, G.U. Ko¹
¹조선대학교 첨단부품소재공학과, ²조선대학교 기계설계공학과

Key words : Shearography, Pressure Vessel, Thinning Defect, Deformation

1. 서론

레이저를 이용한 비접촉식 검사방법은 특별한 전처리 없이 비파괴 검사를 수행할수 있다는 장점을 가지고 있다.[1] 비접촉식 변형 측정 방법에 있어서 레이저를 이용한 계측방법이 있으며 레이저 스펙클 간섭법은 레이저를 이용한 컴퓨터 영상처리 기반으로 광학간섭계의 변화를 줌으로써 비접촉 고분해능의 측정 정밀도를 갖는 스펙클 전단간섭법등으로 발전을 하고 있으며 변형해석, 진동해석, 비파괴검사등의 다양한 분야에 적용되고 있다. [2]

본 논문에서는 비접촉 비파괴 검사인 레이저 전단간섭계를 이용한 인공적으로 결함을 가공한 모사 시험편인 압력용기를 측정 대상으로 고압상태의 내부 결함부 검사를 수행하였다. 이로 인한 레이저를 이용한 전단간섭법 기술에 대한 현장 적용성을 높이고 다양한 산업분야에 응용될수 있기를 기대한다.

2. 이론

2.1. 전단간섭계 이론

Fig. 1 은 전단간섭계의 원리를 나타내고 있다. 레이저의 확장광이 대상물에 조사되고 이때 난반사된 빛이 광분할기(Beam splitter. B.S)에 의해 두개의 빛으로 나뉘진 후 하나는 Mirror1에 입사/반사되어 상면에 맺히게 되고 Mirror2에 입사의 기울기를 주면 기울어진 Mirror2에서 반사된 파면은 Mirror1에서 반사된 파면에 대해서 수평으로 전단되어 CCD의 상면에 맺히게 된다. 이렇게 두 빛이 간섭된 줄무늬를 형성한다.

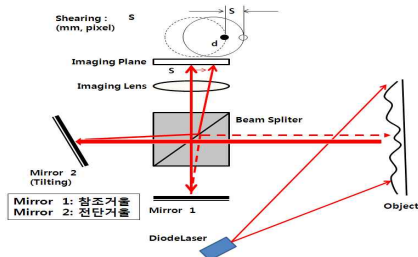


Fig. 1 speckle shearing interferometer

3. 실험 구성 및 방법

3.1. 압력용기 시험편

Fig. 2 는 압력용기 시험편의 형상과 치수를 보여주고 있다. 시험편의 재질은 ASTM A53 Gr.B로써 Type F계열로 Sch 40로써 항복강도는 241MPa, 길이방향 연신율은 30%이다. Table 1 에서는 시험편 Spec.에 대한 값을 보여주고 있다.

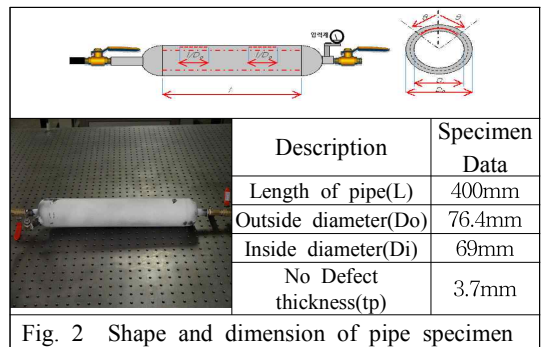


Fig. 2 Shape and dimension of pipe specimen

Table 1 Type of Pressure Vessel Specimen

ID No.	Thickness tp (mm), tp=3.7mm	Width (mm)	Defect Length (mm)
ASTM	1	4/8 tp	10
A53 Gr.B	2	4/8 tp	10



Fig. 3 Shearography experiment system

3.2. 실험 장치

본 실험을 위해 사용한 진단간섭계 시스템으로서 독일 Dantec Dynamics사의 상용 Shearography (Q-800 HR)을 이용하였다. 실험 구성은 Fig. 3 과 같이 Shearography 센서, Diode laser, Controller, PC, 공압제어기로 구성되어 있다. 이미지 저장 및 처리는 사용 제품 프로그램인 ISTRA 시스템을 이용하여 장치제어, 필터링, 결퍼침을 수행하였다.

3.3. 실험 방법

제작된 시험편을 가지고 내부 압력차에 따른 결함 부 변형측정을 정량적으로 수행하였다. 실험조건으로 감육결함이 있는 압력용기 내부결함을 측정하기 위해 내부 압력변화를 0.2MPa에서 0.6MPa까지 0.2MPa씩 일정한 압력을 점차적으로 부과하여 결함변형을 측정하였고 각각의 시험편에 동일하게 x축 방향으로 5mm 진단량을 주었다.

4. 실험결과

Fig. 4는 결함길이 5mm,10mm의 압력변화에 따른 위상지도(Phase map)를 보여주고 있다. Fig. 5는 시험편의 측정결과를 x축 방향의 프로파일을 그어 각각의 결과를 Pixel 대비 실제 측정된 깊이로 비교 한 그래프를 보여주고 있다. 그래프의 가로축은 이미지의 Pixel, 세로축은 변형량(mm)를 나타낸다. 결함길이가 5mm인 압력용기 시험편의 변형량은 0.2MPa일 때 4 μ m, 0.4MPa일 때 10 μ m, 0.6MPa일 때 14 μ m의 측정값을 얻었으며 동일하게 결함길이 10mm인 경우에는 각 21,26,29 μ m의 측정값을 얻었다. 따라서 결함길이가 큰 경우 많은 변형량을 나타내었음을 알 수 있다.

ΔP (MPa)	Defect Length 5mm	Defect Length 10mm
	phase-map	phase-map
0.2		
0.4		
0.6		

Fig. 4 Phase map by Pressure Difference

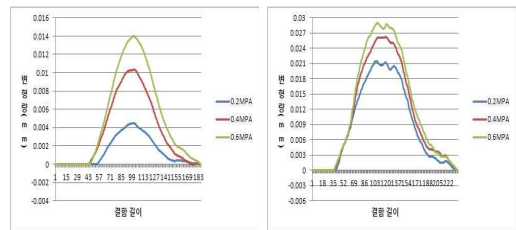


Fig. 5 Deformation result graph

5. 결론

본 논문에서는 진단간섭법을 이용한 압력용기 감육결함 및 변형크기를 측정하였다.

진단간섭법을 이용한 감육결함부 크기를 확인하는데 중요한 인자는 결함길이이며 압력용기의 내부 압력에 따라 변형량을 측정하였고 그래프를 보여주는 기울기의 변곡점을 기준으로 감육결함 크기를 측정하였다.

후기

본 연구는 교육과학기술부 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(2010-0022523)과 방사선기술개발사업(2012M2A2A9035705)의 지원을 받아 연구 수행한 결과물입니다.

참고문헌

[1] 한국비파괴검사학회 박은수, 박익근. “비파괴검사개론”, 서울: 도서출판 골드 2000.
 [2] Virginia Electric and Power Co., "Surry Unit 2 Reactor Trip and Feedwater Pipe Failure Report"(1989)