

## 비접촉 계측법에 의한 자동차 판금용접부의 스트레인 해석

김인주\*(목포대 대학원), 박창언, 성백섭(목포대 교수), 허엽(목포기능대 교수)

### The Strain Analysis by Noncontact Measurement Method in the Steel Plate Welded Zone of Automobile

I. J. Kim\*, C. E. Pak, B. S. Sung, E. Heo

#### ABSTRACT

Currently the plates used for the various structures has a tendency to be slim to the degree of the sheet metal vis-a-vis the overall measurements of the structure, and the conditions of their usage and load have been getting diverse. As the structure material has been used more and more under the various conditions, the necessity of the strength analysis is to be required. While most of these methods are simply based on the strain gaging method; that is, directly attaching most of the material to the gage, using the non-contact method is still in the early stage. One of the non-contact methods is by the use of the laser that has high-level of the accuracy for the measurement, and this laser also has excellent characteristics on which many studies for its applications are focused throughout the many fields.

Therefore, this dissertation is on the measurement of the strain caused by the characteristics of the TIG welded zone which is used with 3D ESPI system that is functionally modified through the laser ESPI system.

**Key Words** : Non-contact method (비접촉방법), ESPI (전자처리스페클간섭), SPCC (냉간압연강판)

#### 1. 서론

자동차 바디의 수리가 시작된 이래 가스용접이 다년간에 걸쳐 으뜸을 유지하여 왔다. 최근에는 지향 스폿 용접이 상당히 도입되었지만 그래도 스폿 용접은 사용개소가 한정되어 있는 점과 기계의 양부가 용접결과를 좌우하기 때문에 완전한 신뢰성이 없어 일부 작업에 한정되어 있는 실정이다. 이밖에 급속 아크용접(수용용접), 아크 황동 납땀 등의 용접법이 있지만 전자는 바디의 얇은 외판에는 맞지 않으며, 후자는 현재도 저온용접 때문에 변형발생이 적어 자주 사용되는데, 치명적 단점은 강도가 없으므로 모노코크 바디에는 맞지 않는다. 신소재들을 산업적으로 응용하기 위해서는 그 재료의 인장, 압축에 대한 변위 측정과 고온상태에서의 열변형 측정 등이 필요하다. 그러나 재료에 센서를 직접 부착하여 측정하는 스트레인 게이지법 수준에 머물고 있는 실정이다<sup>(3-5)</sup>. 레이저는 산업분야에 널리 이용되고 있으며, 단색성, 가간섭성, 지향성 및 집속성이 좋고,

에너지의 공간적, 시간적 집중, 짧은 펄스폭의 발생이 가능하다는 특징이 있다<sup>(6-7)</sup>. 레이저 응용은 주로 이러한 성질을 이용한 것들이며 눈부신 발전을 하였으며 매우 넓은 범위를 포함하고 있다. 응용분야도 오늘날 광통신, 계측, 정보처리, 분광, 광디스크, 광전자기기, 재료가공 등 각방면에 걸쳐 급속히 확대되어가고 있으며, 레이저를 이용하여 용접부의 스트레인 측정에 응용할 필요성이 대두되고 있다.

따라서 자동차 차체에 사용하고 있는 냉간압연강판재를 이용 TIG 맞대기 용접한 시험편을 제작하였으며 레이저 응용계측 3D ESPI 시스템과 스트레인게이지법으로 용접부의 스트레인을 비교 측정하였다.

#### 2. 실험

실험에 사용된 재료는 두께가 1.0 mm로 SPCC재를 사용하였으며, 재료의 화학적 성분은 Table 1, 기계적 성질은 Table 2와 같다.

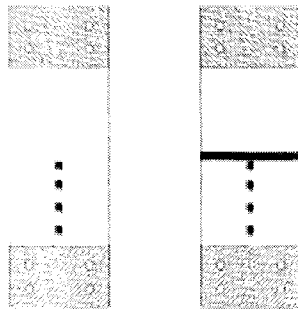
Table 1 Chemical compositions of base metal  
( wt. % )

C	Si	Mn	P	S
0.04	0.012	0.32	0.025	0.008

Table 2 Mechanical properties of base metal

Tensile strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)	Young's modulus (MPa)
320.46	177.38	42	$0.207084 \times 10^6$

본 연구를 위하여 사용된 시험편은 Fig. 1과 같은 크기로 맞대기 용접시험편을 제작하였다. 용접시 용접부의 역학적 조건 및 시험편이 수축, 팽창을 받지 않는 무한평판의 역학적 조건인 최소크기로 선정하였으며, 용접을 하고자 냉간압연강판을 150 mm×200 mm의 크기로 하여 제작하였다. 그림에서 스트레인 게이지를 용접 비이드부를 경계로 일정한 간격 5 mm, 15 mm, 25 mm, 35 mm으로 부착하여 스트레인 변화를 측정하고자 하였으며, 특히 열변형을 받는 용접열영향부의 부근을 면밀히 검토하여 레이저 응용계측의 정밀도를 검증하고자 하였다.



(a) base metal (b) welded metal  
Fig. 1 The configuration to tensile specimen

Table 3. Welding conditions of butt welding

Thickness (mm)	Current (A)	Voltage (V)	Ar gas flow (l/min)
1	90	40	15

Table 3은 맞대 용접시험편의 용접조건이며 시험편에 게이지를 부착하여 스트레인의 변화를 측정하였다. 측정에 사용한 시험기는 Dynamic signal

conditioning amplifier로서 포터블식인 SYSTEM 2300 이고, 데스크탑 PC에 사용하는 Data Acquisition Systems인 WorkBench Pc 소프트웨어 프로그램을 설치하여 스트레인을 측정하였다. 스트레인게이지는 KYOWA에서 제작한 KFG-2-120-D 16-11 Type의 게이지 (Gage Length : 1 mm, Gage Factor : 2.10, Gage Resistance :  $120.2 \pm 0.3 \Omega$ ) 를 사용하였다. Fig. 2는 ESPI 장치의 전체 시스템 구성도를 도식적으로 나타낸 그림이다.

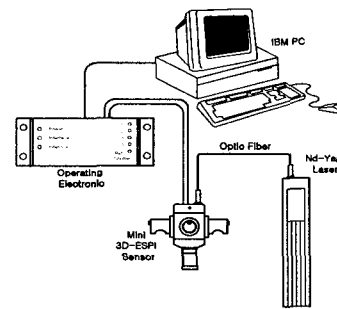
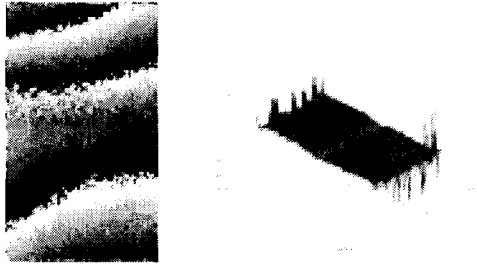


Fig. 2 Schematic diagram of total ESPI system employed

### 3. 맞대기 용접부의 면내변위 결과 및 고찰

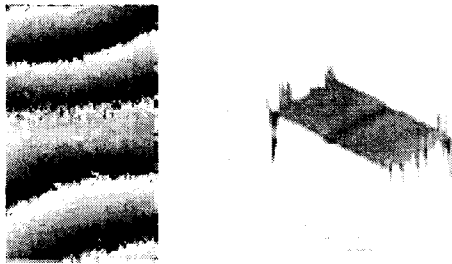
Photos 1~5에서는 알루미늄판재의 맞대기 용접한 시험편을 3D ESPI시스템으로 줄무늬를 측정한 사진으로서 (a)는 원시 줄무늬사진, (b)는 3차원으로 용접부에 응력이 집중된 상태를 보기 위하여 3차원적으로 본 그림이다. 고하중차에 따른 맞대기 용접부 시험편에서 중앙부의 위치에 응력이 집중됨을 사진으로 알 수 있었다. 높은 하중차의 경우에는 Photos 3~5 (b)에서 보듯이 용접부 부근에서 스트레인값이 높았음을 사진에서 확실히 분간할 수 있었다. Fig. 3~7은 스트레인 게이지 부착 위치가 맞대기 용접한 시험편의 중앙선에서 5 mm, 15 mm, 25 mm, 35 mm 떨어진 곳과 비교하기 위하여 각각의 하중차 별로 스트레인의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 보듯이 하중차가 증가 할 수록 스트레인 변화가 높아짐을 알 수 있다. Fig. 3에서는 스트레인값이 15 mm 근처에서 가장 작게 측정 되었으며 35mm에서 가장 크게 스트레인이 측정되었다. 이것은 하중을 초기에 가할 때 응력집중현상이 시험편 그림하는 데에서 약간 작용한 것으로 사료되며, 지하중에서는 스트레인 변화가 용접부에 크게 영향을 미치지 않았고, 용접시 열영향으로 용접부위가 모재부보다 경화되어 스트레인 영향이 크게 미치지 않은 것으로 사료된다. Fig. 4는 3D ESPI법으로 측정된 스트레인

값과 스트레인 게이지 부착 부위별로 스트레인 값을 분석한 데이터를 나타낸 그림으로 하중이 증가할수록 스트레인 값이 높아짐을 그림에서 현저히 알 수 있다.



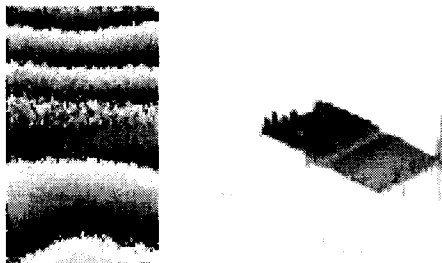
(a) original image (b) area 3d

Photo. 1 In-plane fringe pattern of the composite of ESPI in the 176N tension



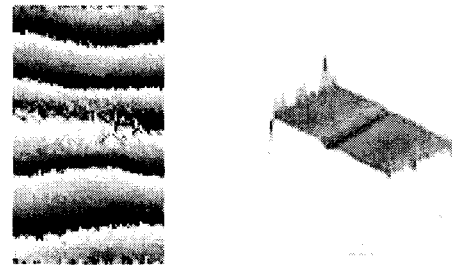
(a) original image (b) area 3d

Photo. 2 In-plane fringe pattern of the composite of ESPI in the 225N tension



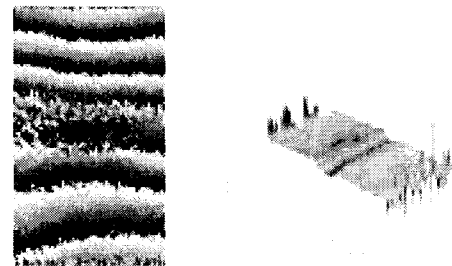
(a) original image (b) area 3d

Photo. 3 In-plane fringe pattern of the composite of ESPI in the 323N tension



(a) original image (b) area 3d

Photo. 4 In-plane fringe pattern of the composite of ESPI in the 421N tension



(a) original image (b) area 3d

Photo. 5 In-plane fringe pattern of the composite of ESPI in the 461N tension

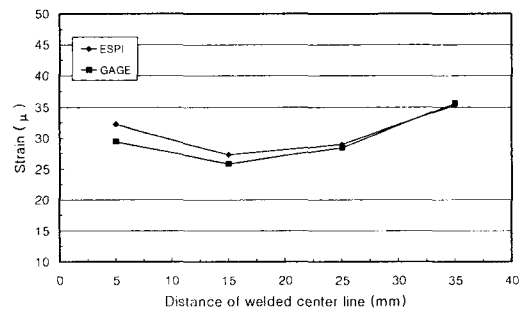


Fig. 3 Measuring results from the center line of butt welded specimen in the 176N tension

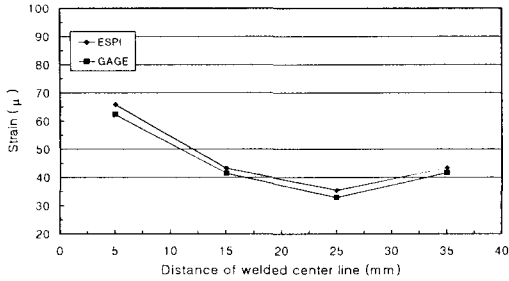


Fig. 4 Measuring results from the center line of butt welded specimen in the 225N tension

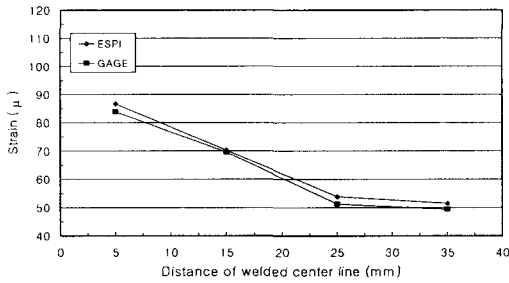


Fig. 5 Measuring results from the center line of butt welded specimen in the 323N tension

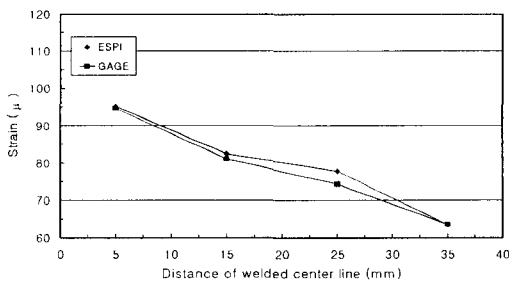


Fig. 6 Measuring results from the center line of butt welded specimen in the 421N tension

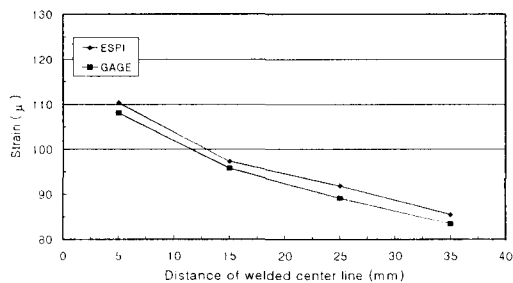


Fig. 7 Measuring results from the center line of butt welded specimen in the 461N tension

#### 4. 결론

ESPI법에 의한 변형률 측정 시스템을 구성하여 자동차 판금재인 냉간압연강판 재의 TIG용접부의 변형률을 측정하였으며 동시에 스트레인게이지를 시험편에 부착하여 변형률 및 응력을 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ESPI법을 사용하여 자동차 판금 용접부의 변형률 측정의 정밀도 및 신뢰성을 실험을 통하여 입증하였다.
2. 용접부의 변형률은 실시간으로 측정이 가능함으로써 용접부의 신뢰성을 향상 시킬수 있었으며 검사비용과 시간을 대폭 줄일 수 있다.
3. 레이저 응용계측에 의한 맞대기 용접부의 변형률 측정결과 낮은 하중에서는 변형률 값이 작게 측정되었으나 높은 하중에서는 용접부 근방에서 변형률이 집중됨을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Cha, Y.H., Bang, H.S., Oh, Y. K., Ro, C. S. and Kim, J. M. "Numerical Analysis is of Post Welding Heat Treatment Base on the Thermal", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol.11, No.1, pp. 113-123, 1997.
2. 백성훈, 김철중, "실시간 홀로그래픽 간섭법을 이용한 압력용기의 내부결합 측정법", 95 추계학술대회논문집( I ), pp. 53-58.
3. David L. Andrews, "Lasers in Chemistry", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1990.
4. Rastogi, P. K.. Holographic Interferometry - Principles and Methods: Springer Series in Optical Sciences, Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, Vol.68, 1994.
5. Rastogi, P. K., "Holographic Interferometry Principles and Methods", Springer-Verlag, pp. 2-316, 1994.
6. Kershisnik, D.P., "High Temperature Strain Gage Techniques on Graphite", The Society for Experimental Stress Analysis Spring Meeting, Los Angeles, California, May 1973.
7. Hannah, R. L. and Reed, S. E., "Strain Gage Users' Handbook" Elsevier Applied Science Society for Experimental Mechanics, Inc. 1992.