

## 레이저 열충격에 의한 세라믹/금속 접합부의 파괴평가

(Fracture Evaluation of Ceramic/Metal  
Bonding by Laser Thermal Shock)

임재규\* 김연직\* H. Takahashi\*\*

\* 전북대학교 기계설계학과

\*\* 일본 동북대학 공학부 파괴역학응용연구시설

### 서론

초내열재료로서 기대되고 있는 경사기능재료는 열응력 완화를 위해 각종 물성을 경사화시키고 있으나 고온 열충격에 의해 열응력 손상이 가해져 고온부식이나 크랙이 발생하여 경계부가 취약하게 된다. 그러므로 이러한 세라믹/금속 경계부에서의 열충격 영향을 평가하는 것은 경사기능성 세라믹/금속 복합재료 개발을 위하여 필수적이라 할 수 있다<sup>1)</sup>.

따라서 본 연구에서는 기초적인 실험평가로 금속판에 세라믹을 용사하여 만든 시험편에 레이저 열충격에 의해 손상을 가하고 AE를 이용하여 확인한 후 그 접합부에서의 크랙생성 형태를 평가하고자 전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

### 시험편 및 실험방법

사용한 시험편은  $\phi 30 \times 3.5\text{mm}$  두께의 원반형 SUS 304의 용사면에 sand blast를 가하고, 언더코드로서 NiCrAlY를 약  $150\mu\text{m}$  용사 후 톱코드로서 8wt% ZrO<sub>2</sub>를 약  $350\mu\text{m}$  용사하였다. 이와같이 ZrO<sub>2</sub> 용사를 행한 시험편에 레이저 가열과 AE 계측을 조합한 레이저 열충격시험 장치에 의해 130W 10sec와 300W 30sec의 두종류로 가열 후 공냉하였다.

Fig. 1은 레이저의 에너지 분포를 나타내고 있으며, 100mm 두께의 아크릴 판에 가열시험과 동일조건으로 조사하는 것에 의해 실제의 레이저 조사 패턴을 계측하였다. 또 각각의 레이저빔径의 측정은 스트리프법<sup>2)</sup>에 의해 실시하였다. 중심강도의 1/e의 강도점에서의 직경을 레이저빔 스폿경으로 정의하여  $\phi 6.0\text{mm}$ 와  $\phi 5.5\text{mm}$ 로 하고 레이저 파워밀도<sup>3)</sup>는  $5\text{W/mm}^2$ 과  $12.6\text{W/mm}^2$ 로 산출되었다. 표면온도 계측은 적외방사선 온도계를 사용하였다. 레이저 가열에 의한 손상의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 AE 계측장치를 병용하여 사용하였다. AE 검출 계인은 지금까지의

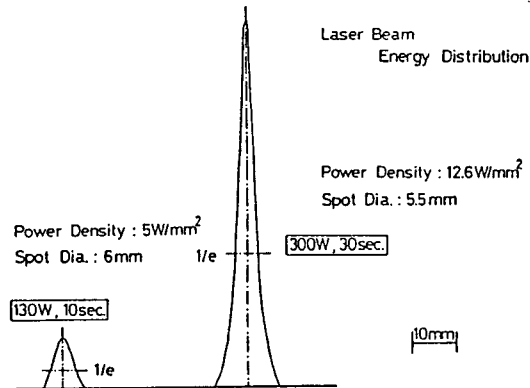


Fig. 1 Energy distribution of laser sprayed.

세라믹과 금속에 대해 실시되었던 실험조건인 80dB로 설정하였다. 전술한 레이저 조사조건의 설정은 AE 계측의 결과를 써서 선택한 것으로, 저레벨은 비파괴에 의한 결함 검출 한계를 조사하기 위한 것이고 고레벨의 것은 비파괴 검사에 관한 평가법의 순서를 확립하기 위한 목적이 있다.

### 실험결과 및 고찰

지르코니아 용사재의 레이저 열충격시험에 의해 얻어진 결과를 Fig. 2(a)(b)에 나타낸다.

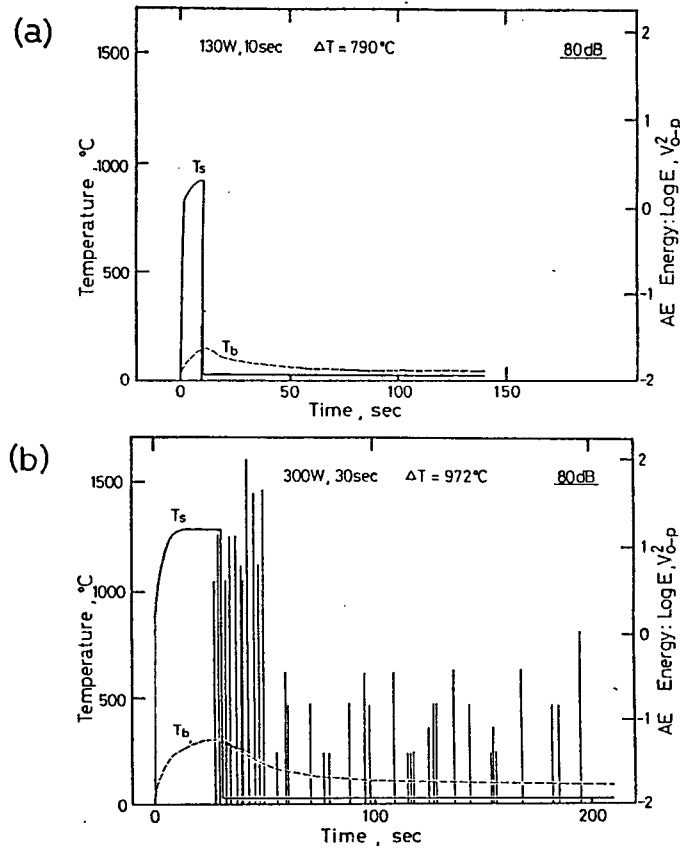


Fig. 2 Temperature variation and AE pattern of ZrO<sub>2</sub> sprayed laser during laser heating and cooling process.

- (a) 130W, 10sec
- (b) 300W, 30sec

Fig. 2(a)는 130W 10sec의 저레벨 레이저 가열에 의해 시료에서 발생하는 AE 신호가 극히 낮은 것을 보여주고 있다. 실선(T<sub>s</sub>)은 시험편의 표면, 점선(T<sub>b</sub>)는 시험편 배면의 온도이력을 나타내고 있다. 가는 세로선은 AE 신호 출력 레벨을 나타내고 있으며 윗쪽으로 갈수록 높은 활성도의 AE 방출을 의미하며 레이저 조사에 의해 큰 크랙이 발생하는 것을 나타내고 있다. Fig. 2(a)에서는 레이저 조사 개시와 동시에 시료 표면온도는 급격히 상승하며 배면온도도 완만히 상승함

을 나타내고 있다. 레이저 가열은 AE 신호가 검출되면 종료하는 것으로 하였다. 시료 표면과 배면의 최고온도의 차(온도 낙차)는 약 790℃가 되었다. 레이저 가열 종료시에 시료 표면온도는 급격히 실온부근까지 저하하였으며 배면온도도 완만히 실온까지 감소하였다. 가열 시험 후 시료 표면을 현미경으로 관찰하면 레이저의 스폿부가 검게 타고, 그 부분을 중심으로 방사상으로 아주 적은 미소균열을 볼 수 있었다. 이 균열은 종균열을 포함하고 있다고 추정된다. Fig. 2(b)에서는 시료 표면온도가 레이저 조사 개시와 동시에 1300℃까지 급격히 상승하여 10sec 정도 경과 후 정상상태로 되었다. 시료 배면온도도 Fig. 2(a)보다 큰 증가 경향을 나타내고 냉각 종료시까지 비정상상태를 나타내고 있다. AE 신호는 레이저 조사 종료(30sec)전에 고레벨의 신호가 발생하고 그 후 냉각기간중에 있어도 단속적으로 큰 신호가 관찰되었다. 시료 표면과 이면과의 온도낙차는 약 972℃로 되었다. 가열시험 후의 시료를 현미경으로 관찰한 결과 레이저에 의해 가열된 부분인 흑색부분의 균열은 거의 보이지 않았다. 이것의 시료에는 종균열보다도 오히려 지르코니아 층과 본드코드층 또는 본드코드층과 금속과의 사이에서 층간박리가 발생하고 있다고 생각된다.

## 참고문헌

- (1) T. Hashida, H. Takahashi and K. Miyawaki: "Evaluation of Thermal Shock Fracture of Functionally Gradient Materials", Jour. of JSPPM 37(1990) p307
- (2) 丸尾大, 宮本勇, 荒田吉明: 溶接學會論文集, 第3卷 第1號, (1985) p185
- (3) Toshiyuki Hashida and Hideaki Takahashi, Proc. the 1st Int. Sympo. FGM, Sendai Oct. 8-9 (1990) p365