

# LASER-RUS 시스템에서 홀딩 매개변수에 따른 재료 공명주파수 연구

## A Study of Resonance Frequency According to Holding parameters in the LASER-RUS System

\*김상걸<sup>1</sup>, #박승규<sup>2</sup>, 백성훈<sup>2</sup>, 강영준<sup>3</sup>, 성연학<sup>1</sup>

\*S. K. Kim<sup>1</sup>, #S. K. Park(skpark4@kaeri.re.kr)<sup>2</sup>, S. H. Baik<sup>2</sup>, Y. J. Kang<sup>3</sup>, Y. H. Seong<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 전북대학교 기계설계대학원, <sup>2</sup>한국원자력연구원, <sup>3</sup>전북대학교 기계설계공학과

Key words : Laser Resonant Ultrasound Spectroscopy, Resonance, Frequency

### 1. 서론

본 연구에서 사용하고자 하는 평가방법은 레이저를 이용한 공명 초음파 분광법(Laser Resonant Ultrasound Spectroscopy : LRUS)으로 레이저 초음파 공명 신호를 이용하여 재료의 미세 구조에 대한 정보를 획득 할 수 있는 비파괴 검사 방법이다.

재료내부에 있는 음향 임피던스의 불연속부로부터 재료의 특성을 평가하는 초음파탐상법과는 달리 공진특성을 이용하는 레이저 공명 초음파 분광법은 고체 재료의 공진주파수가 그 재료의 밀도, 형상, 탄성상수에 의존하는 것을 이용하여 광대역 스펙트럼을 갖는 펄스 레이저로 시험편을 가진 하고, 그 공진주파수(Resonant Frequency)의 응답을 CW(Continuous Wave) Laser로 수신하여 재료의 물성을 구하는 방법으로, 이러한 L-RUS 기술은 재료의 탄성특성이나 물리적 특성 및 미세 구조를 비접촉식으로 측정하는데 유용하며, 한 번에 모든 대역의 주파수를 획득할 수 있다는 점과 원격 비접촉식으로 탄성특성과 물리적 특성의 측정 등에 활용될 수 있다.

본 연구에서는 L-RUS의 원리를 응용한 공명 초음파 분광 시스템을 이용하여 시험편에 대한 홀딩 매개변수들이 재료의 공진 주파수에 어떠한 영향을 미치는지를 다음과 같은 실험을 통해 확인 하였다.

### 2. 시스템 구성

본 연구에서 구성한 레이저를 이용한 공명 초음파 분광 시스템은 Fig. 1에 보이는 바와 같이 펄스 레이저 빔을 조사하여 초음파를 발생시키고, 재료 표면에 조사 된 연속발진(CW) 레이저 빔을 이용하여 비접촉식으로 초음파 신호를 측정하게 된다.

그림에서와 같이 공명 초음파를 발생시키는 펄스레이저는 Beam Splitter를 통하여 두 방향으로 나뉘어지는데, 한 방향은 측정 대상체에 조사되어 가진시키고, 다른 한 방향은 컴퓨터의 트리거

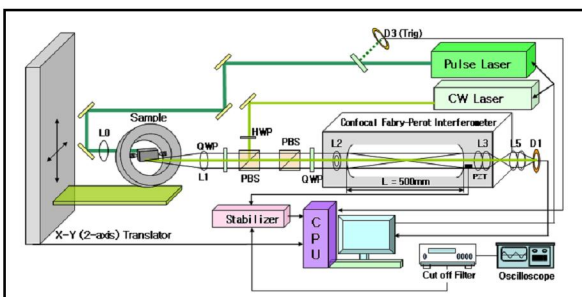


Fig. 1 Configuration of L-RUS System

신호로 이용된다. 다음으로 레이저 공명 초음파 신호를 검출하는 단일 주파수 CW 레이저를 이용한 공초점 페브리-페롯 간섭계 (CFPI: Confocal Fabry-Perot Interferometer)는 발생된 초음파를 획득하기 위하여 사용되었다. 발진된 CW 레이저는 먼저 측정 대상체에 조사되고, 반사되어 되돌아오는 레이저 빔이 CFPI와 Detector를 통하여 전기적 신호처리 되어 컴퓨터로 전송된다. 이때 차단 주파수가 2MHz인 Lower Pass Filter를 통과한 신호만이 Oscilloscope를 통해 진동 신호로 획득된다.

### 3. 실험 시편

본 연구에 사용된 시편은 자동차 부품, 볼트, 너트, 핀 등 일반 기계부품 및 구조용 재료로 주변에서 많이 이용되는 Medium Carbon Steel 이며 피로파괴 된 판형 Fatigue Test Specimen 의 단면을 추출하여 실험을 실시하였고, 시험편의 크기와 물성치는 Fig. 2와 Table 1에 나타난 것과 같으며, 양면은 CFPI의 이득을 높일 목적으로 시험편에서의 반사율을 높이기 위해 시험 표면에 대한 폴리싱을 하였다.

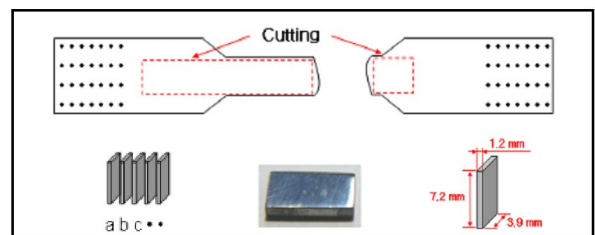


Fig. 2 Photograph of a specimen

Dimensions of the specimen		Material properties of the specimen	
Length	0.0072m	Mass density	$\rho = 7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3$
Width	0.0039m	Young's modulus	203Gpa
Thickness	0.0012m	Poisson's ratio	$\nu = 0.29$

Table 1 Material properties of specimen

### 4. 실험 및 결과

본 실험에서는 시간에 따른 진폭의 진동신호를 FFT를 통해 주파수영역의 신호로 변환시키고, 두 가지의 홀딩 매개변수(시험편을 홀딩하는 위치, 홀딩 파워)에 따른 각각의 공진주파수의 변화를 관찰하였다.

첫 번째로 Fig. 3에서와 같이 시험편을 홀딩하는 위치를 각각

1(TOP), 2(Middle), 3(Bottom)으로 하여 홀딩위치에 따른 공진 주파수의 변화를 관찰하였다.

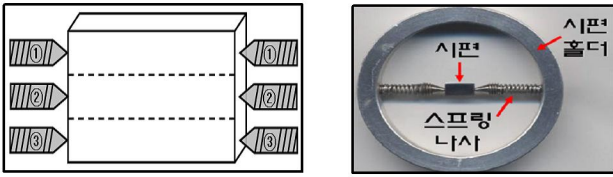


Fig. 3 Holding Position of Specimen

Fig. 4-1의 <a>, <b>, <c>는 시편편을 홀딩하는 위치에 따라 측정된 각각의 공진 주파수 스펙트럼을 나타낸 그래프로, <d>에서와 같이 ②번 위치 즉, 측면의 중간지점을 홀딩하였을 때 가장 크고 뚜렷한 공진 주파수 신호가 수신됨을 확인할 수 있었다.

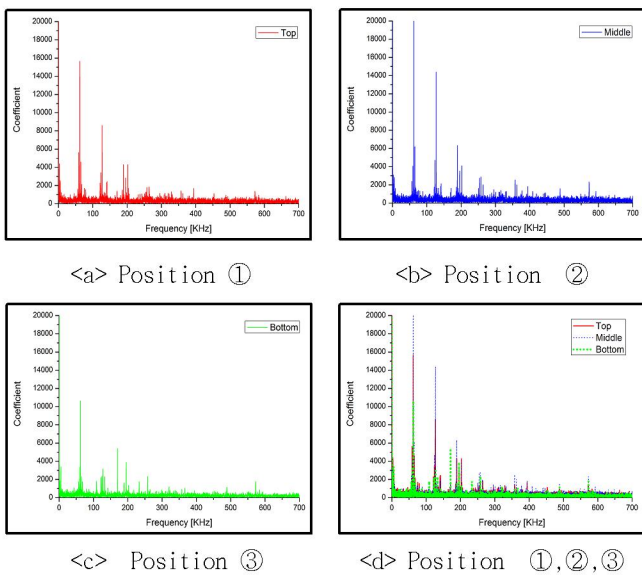


Fig. 4-1 Measured frequency spectrum(holding position)

두 번째로 Fig. 4-2 에서와 같이 시편편을 홀딩하는 파워를 각각 Lv. 1, Lv. 2, Lv. 3으로 하여 홀딩 파워에 따른 공진주파수의 변화를 관찰하였다.

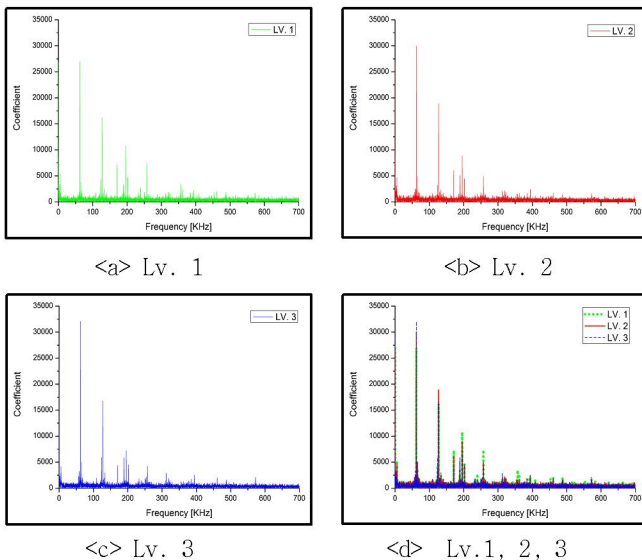


Fig. 4-2 Measured frequency spectrum(holding power)

그 결과 시험편을 홀딩하는 스프링이 뒤틀리지 않는 일정 범위 내에서 Fig. 4-2의 <a>, <b>, <c>와 같은 공진 주파수 스펙트럼을 각각 구할 수 있었다. <d>는 각각의 공진 주파수 스펙트럼을 합한 그래프로써, 보여지는 것과 같이 시편을 홀딩하는데 있어 일정 범위내의 힘이 작용할 때, 공진주파수는 홀딩력에 의한 영향을 크게 받지 않음을 확인할 수 있었다.

결론

본 논문에서는 레이저 공명 초음파 분광 시스템(L-RUS)을 개발하고, 이를 활용해 재료의 공진주파수 해석에 있어서 신뢰도를 높이기 위한 목적으로 시편의 홀딩에 영향을 주는 매개변수들을 검토하였다. 그 결과 스프링 나사를 이용하였을 때, 시편이 뒤틀리지 않는 일정 범위 내의 홀딩력이 작용할 경우 공진 주파수에는 큰 영향을 미치지 아니하였지만, 홀딩한 위치의 경우 측면의 중간 부분을 홀딩하였을 때, 가장 크고 좋은 공진 주파수가 수신됨을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- Schwarz, R. B. and Vuorinen, J. F., "Resonant Ultrasound Spectroscopy; Current Status and Limitation", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 310, Nos. 1-2, pp.243-250, 2000
- Milgory, a., Sarrao, J. L., Visscher, W. M., Bell, T. M., Ming Lei, Fisk, Z. and R. G. Leisure, "Resonant Ultrasound Spectroscopic Techniques for Measurement of the Elastic Moduli of Solid", Physica B, Vol. 183, Nos. 1-2, pp. 1-24.
- Hirotsugu Ogi, Nobutomo Nakamura, Keiji Sato, Masahiko Hirao, Satoshi Uda, "Elastic, Anelastic, and Piezoelectric Coefficients of Langasite : Resonance Ultrasound Spectroscopy with Laser Doppler Interferometry" IEEE Transaction on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, Vol. 50, No. 5, pp.553-560, 2003
- Nobutomo Nakamura, Hirotsugu Ogi, Masahiko Hirao, "Resonance Ultrasound Spectroscopy with Laser-Doppler Interferometry for studying elastic properties of thin films" Ultrasonics , Vol. 42, pp.491-494, 2004
- Nobutomo NAKAMURA, Hirotsugu OGI and Masahiko HIRAO, "Resonance Ultrasound Spectroscopy for Measuring Elastic Constants of Thin Films", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 43, No. 5B, 2004, pp. 3115- .3118
- 김진수, 박승규, 백성훈, 강영준, 차형기, 정용무, 김상길, "재료의 공명특성 분석을 위한 Laser-RUS 시스템", 한국정밀공학회, pp.456-457, 2008.6
- 박승규, "레이저 초음파 공명 분광 기술의 한미(KAERI-INL) 공동 연구 귀국보고서", 한국원자력 연구원, pp. 1-30, 2008.9