

LASER-RUS 시스템을 이용한 재료의 공명특성 분석

Resonance Frequency Analysis of Materials by Using the LASER-RUS System

김진수, 박승규*, 백성훈*, 강영준**
 전북대 기계설계대학원, *한국원자력연구원, **전북대 기계설계공학부
 no23@hanmail.net

본 연구에서 사용하고자 하는 비파괴 평가방법은 레이저를 이용한 공명 초음파 분광법(Laser Resonant Ultrasound Spectroscopy : LRUS)으로서 고체 재료의 특성을 평가할 수 있는 초음파 측정법이다. 공진특성을 이용하는 레이저 공명 초음파 분광법은 고체 재료의 공진주파수가 그 재료의 밀도, 형상, 탄성상수에 의존하는 것을 이용하여 광대역 스펙트럼을 갖는 펄스 레이저(Pulse Laser)로 시험편을 가진 하고, 그 공진주파수(Resonant Frequency)의 응답을 수신(CW Laser)하여, 재료의 물성을 구하는 방법으로, 이러한 L-RUS 기술은 한번에 모든 대역의 주파수를 획득할 수 있다는 장점과 재료의 탄성특성이나 물리적 특성 및 미세 구조를 비 접촉식으로 측정하는데 유용하다. 본 연구에서는, L-RUS의 원리를 이용한 공명 초음파 측정시스템을 제작하고, 결함이 없을 때의 공진주파수와 결함이 있는 경우의 공진주파수를 비교 분석하여 결함의 유·무를 확인하였다. 또한 실험의 타당성을 검증하기 위해 유한요소해석 프로그램인 MSC사의 Visual Nastran 4D를 이용하여 결함이 없는 시편과 있는 시편에 대한 해석을 실시하였으며, 이 해석을 통해 얻어진 공진주파수를 실험을 통해 얻어진 공진 주파수와 비교 분석하였다.

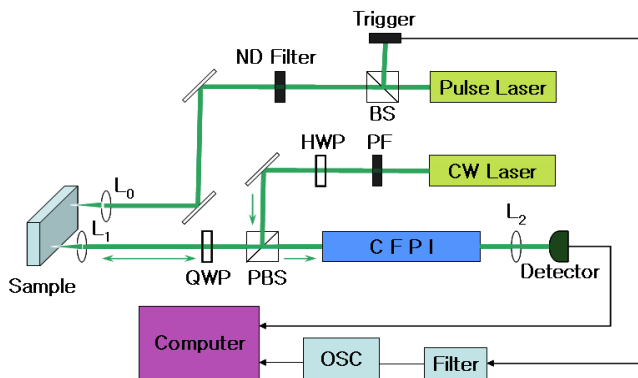


Fig. 1 Configuration of Laser Resonant Ultrasound Spectroscopy System

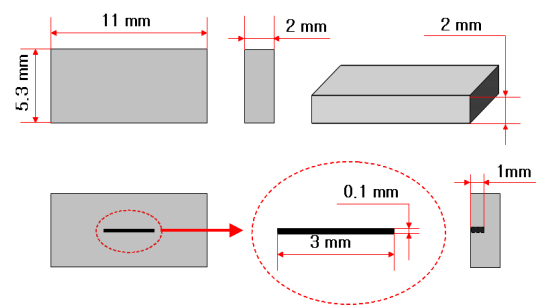


Fig. 2 Schematic diagram of a specimen

Fig. 1에서와 같이 발진된 펄스레이저는 Beam Splitter를 통하여 두 방향으로 나뉘어 지는데, 한 방향은 측정 대상체에 조사되어 가진을 시키고, 다른 한 방향은 컴퓨터의 트리거 신호로 이용된다. 레이저에 의하여 생성된 초음파는 수 μs 동안 발생되므로 정확한 시간에 동기를 맞추어 고속으로 데이터를 수집해야 하기 때문에 펄스레이저의 발진에 동기를 일치시키기 위하여 트리거를 사용하였다. 단일 주파수 CW 레이저를 이용한 공초점 페브리-페롯 간섭계(CFPI: Confocal Fabry-Perot Interferometer)는 발생된 초음파를 획득하기 위하여 사용되었고, CFPI와 Detector를 통하여 전기적 신호처리 되어 컴퓨터로 전송된다. 이때 차단 주파수가

2MHz인 Lower Pass Filter를 통과한 신호만이 Oscilloscope를 통해 진동 신호로 획득된다. 본 연구에 사용된 시험편은 SUS 304 재질을 사용하였으며, 시험편의 크기는 Fig. 2에 나타내었다.

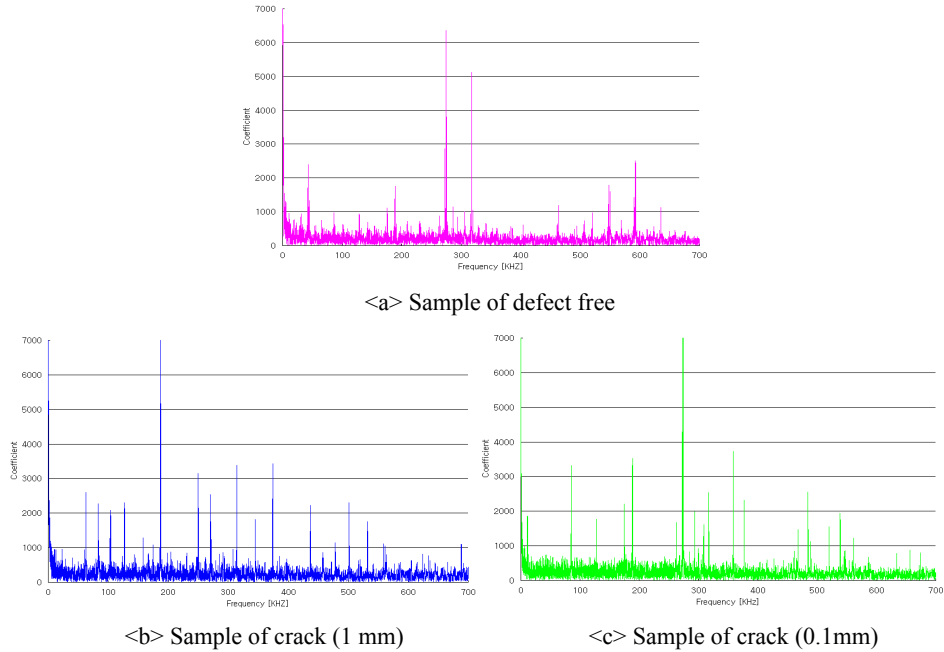


Fig. 3 Measured frequency spectrum

실험 및 유한요소해석을 이용하여 시험편의 공진주파수를 측정해 본 결과, 공진주파수는 Fig. 3 에서와 같이 크랙이 없을 때와 크랙이 있을 때(1 mm, 0.1 mm)로 각각 나타낼 수 있었다. 유한요소해석에 의한 공진 주파수와 실험을 통해 얻어진 측정결과와의 비교를 위한 데이터는 Table 1에 나타난 것과 같다.

Table 1 Resonant frequency of Specimen (unit : KHz)

Defect	FEM	85.3	143	175	188	264	272	293	305	400	468	496	500	517	564	594	632
	Free	Ex	86.2	143.5	175.9	188.7	264.1	272.9	293.9	305.7	403	463.8	494.3	506.5	520	568.9	592.6
Crack (1mm)	FEM	82.5	143	172	219	289	373	387	396	479	499	541	557	615	623	633	651
	Ex	83.09	145.5	174.4	219.8	293.5	374.4	385.9	398.9	478.4	501.5	542.1	558.7	615	624.2	633.5	649
Crack (0.1mm)	FEM	85.2	173	263	290	308	357	375	468	482	519	538	562	632	656	671	-
	Ex	85.1	174.6	262	293	308	357	376	467	484.5	519.9	538.5	561.4	634.4	656.5	673.6	-

FEM 해석을 통한 이론값과 실제 실험값의 비교에서 주파수가 특정 공진 주파수대에 존재함을 확인할 수 있었으나 펄스레이저가 조사되는 위치 등 환경적 요인의 오차 또한 작용함을 확인할 수 있었으며, 향후 실험에서는 이러한 오차들에 대한 더 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Maynard, J., "Resonant Ultrasound Spectroscopy", Physics Today, pp. 26-31, (1996)
2. 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)