

## 다중 선형 펄스레이저빔의 표면파를 이용한 표면결함 깊이 검출

### Detection of Surface-Crack Depth by Using Surface Waves of Line-Shaped Pulse Laser Beams

박승규\*, 백성훈\*, 차형기\*, 정용무\*\*, 강영준\*\*\*, 김철중\*

\*한국원자력연구원 양자광학연구부, \*\*한국원자력연구원 원자력재료연구부,

\*\*\*전북대 기계항공시스템공학부

skpark4@kaeri.re.kr

비파괴 검사기술은 산업 기술의 발달과 함께 더욱 복잡하면서도 소형화된 부품에 대한 품질 검사와 더욱 정확한 분석이 요구되고 있다. 초음파 검사법은 널리 활용되는 비파괴 검사 기술 중의 하나로 부품의 내·외부 품질 검사가 가능한 장점을 갖고 있다. 압전소자 방식의 초음파 센서가 현재 널리 활용되고 있으며, 이는 저가이면서도 성능이 우수하다. 그러나 압전소자 방식은 접촉식 센서이므로 고온 부품에 대한 검사가 어렵고, 방사선 구역과 같이 사람의 접근이 용이하지 않은 구역에서의 활용이 어려우며, 효율적인 에너지 전달을 위하여 초음파 센서와 대상체면 사이에 접촉매질(couplant)이 필요하며 접촉 매질의 상태에 따라 신호특성이 많이 변화하는 단점이 있다.

레이저 초음파 검사법(LUT: Laser Ultrasonic Testing)은 펄스 레이저 빔을 이용하여 초음파를 발생시키고 레이저 간섭계를 이용하여 초음파 신호를 측정하는 장치로 원거리 비접촉식 방식의 비파괴 검사 장치이다. 레이저 초음파 검사법은 압전소자 방식의 초음파 검사법에 비하여 접촉 매질이 필요없는 원거리 비접촉식 검사 방법으로 고온체 검사가 가능하고 레이저 빔을 집속 렌즈로 아주 작게 집속시킬 수 있어 높은 공간 분해능을 제공한다. 그러나 레이저 검사법은 압전소자 방식에 비하여 고가이며 상대적으로 낮은 신호 대 잡음 비율을 제공하여 현장 적용이 어려운 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 레이저 초음파는 초단 펄스빔의 활용이 용이하고 원거리 비접촉식 검사법이라는 우수한 장점으로 인하여 연구 개발이 활발히 진행 중에 있다 [1].

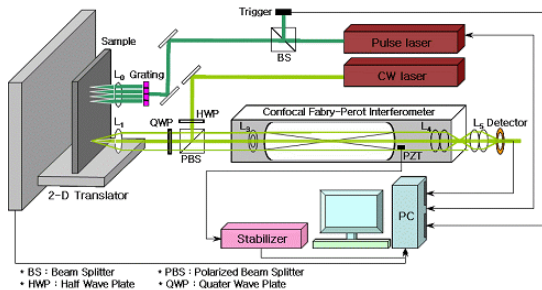


Fig. 1 Block diagram of a configured LUT system

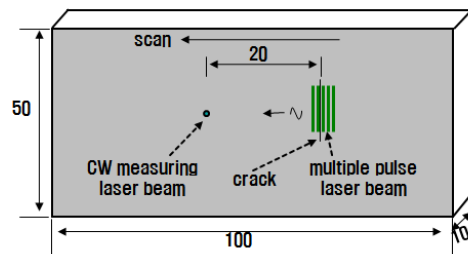


Fig. 2 Configuration for detection of a surface-breaking crack

본 논문에서는 선형의 다중 펄스레이저 빔을 조사하여 발생시킨 표면파들을 이용하여 표면결함의 깊이 정보를 검출하였다. 초음파 신호의 진폭 특성이 측정 시 마다 크게 변화하는 단점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 발생된 표면파들 중에서 앞부분은 기준파로 사용하고 뒷부분은 신호파로 사용하여 정규화된 표면파를 이용하여 표면결함을 검출하였다. 본 논문에서 구성한 검출 시스템은 Fig. 1과 같고, 결함 검출을 위한 세부 구성도는 Fig. 2와 같다. 1mm 간격으로 동시에 조사되는 5개의 선형 펄스 레이저 빔에 의하여 발생된 표면파들은 측정대상체의 표면을 진행하여 측정용 레이저 빔 위치에서 측정된다. Fig. 2에 보이는 바와 같이 측정된 레이저 표면파는 그 발생 위치에 앞 부분의 두 빔에 의해 발생된 표면파를 결함을 통과하지 않고 진행하며, 나머지 빔에 의해 발생된 표면파는 결함을 통과하여 진행한다. 결함을 통과한 레이저 표면파는 표면 결함의 깊이에 비례하여 그 진폭이 감쇠하며 동시에 표면 결함의 깊이에 비례하여 고주파 성분의 계수도 줄어든다 [2]. 레이저 초음파는 신호 대 잡음 비율이 낮아서 높은 진폭의 표면파를 발생시키기 어렵다. 본 논문에서는 표면 결함을 통과하지 않은 기준 표면파를 이용하여 결함을 통과한 레이저 표면파를 정규화 시킴으로써 표면 결함의 검출 효율을 향상시켰다. 선형 펄스 레이저 빔과 측정용 레이저 빔은 표면 전체에 존재하는 결함 검출을 위하여 동시에 함께 스캔이 되므로, 측정되는 레이저 표면파의 패턴 변화를 보면서 결함의 출현 유무를 알 수 있다. 본 논문에서는 결함이 다중 선형 펄스레이저 빔의 중앙부에 위치할 때 결함의 깊이 정보를 추출하였다.

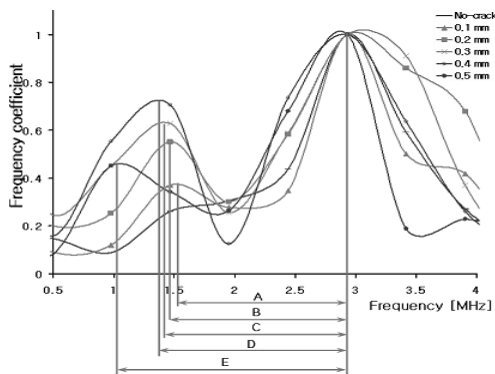


Fig. 3 Frequency spectrums according to crack depths

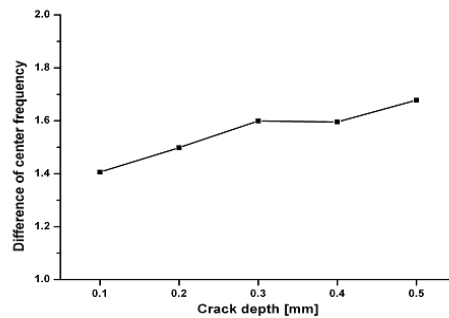


Fig. 4 Graph of peak frequency according to crack depths

표면 결함의 깊이(A-0.1mm, B-0.2mm, C-0.3mm, D-0.4mm, E-0.5mm)에 따라 관찰한 레이저 표면파의 주파수 스펙트럼은 Fig. 3과 같다. Fig. 3에 보이는 바와 같이 표면 결함을 통과하지 않은 표면파는 제일 높은 봉우리인 제 1 산마루를 형성하며, 표면 결함을 통과한 표면파에 의하여 생성되는 산마루는 제 1산마루 보다 낮은 주파수와 낮은 주파수 계수값을 갖는 제 2산마루를 형성함을 알 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 제 1 산마루의 최대 주파수 값을 기준으로 제 2산마루의 최대 주파수 값의 차이 값을 결함의 깊이 정보로 추출하였다. 추출된 결함의 깊이 정보는 Fig. 4와 같다.

본 논문에서는 기준 표면파에 대한 상대적인 변화량을 이용하여 표면 결함의 깊이 정보를 추출함으로써 결함 정보 추출 효율성을 높였다. 또한 스캔 과정에서 레이저 표면파들의 파형 변화를 관찰함으로써 결함의 출현 유무를 시각적으로 관찰할 수 있었다.

참고문헌

1. Makoto Ochiai, "Laser-Ultrasonics and its applications to non-destructive testing", 일본비파괴검사학회지, Vol. 57, No. 1, (2008).
2. Seung-Kyu Park, Sung-Hoon Baik, Hyung-Ki Cha, "Laser ultrasonic inspection system with a 3D surface profilometry to detect surface cracks", Modern Physics Letters B, June, (2008)