

## 레이저 초음파 스펙트럼을 이용한 표면 다결합 검출

### Detection of Surface Multi Cracks by Using Laser Ultrasonic Spectrums

김운일\*, 박승규\*, 백성훈\*, 차형기\*, 조창호\*\*, 이승훈\*

한국원자력연구소, \*양자광학기술개발부, \*\*배재대학교 물리학과

[hwoarang@nate.com](mailto:hwoarang@nate.com)

피로 손상에 의해 발생하는 부품의 미소 결함을 미리 검출할 수 있다면 사전에 보수나 교체와 같은 적절한 치료를 수행하여 부품의 심각한 손상이나 장비의 갑작스런 사고를 방지할 수 있다. 다양한 신호 해석이 가능한 초음파 검사 기술은 속도 변화나 진폭 감쇠 및 주파수 감쇠를 관찰함으로써 피로 손상을 검출할 수 있는 유망한 방법 중의 하나로 고려된다. 특히, 레이저초음파는 비접촉식 검사 방법이면서도 광대역 스펙트럼을 갖는 등의 여러 장점으로 인하여 최근에 많이 연구되고 있는 분야이다.

레이저 초음파는 펄스레이저 빔을 측정 대상체의 표면에 조사하여 초음파를 발생시키고 레이저 간섭계를 이용하여 비접촉식으로 초음파 신호를 검출하는 비파괴 검사 장치이다. 이 기술은 광파이버를 이용하여 곡면부나 거친 표면에 대해서도 스캐닝이 용이하고 높은 공간분해능을 제공하여 검사의 효율성이 높다. 그러나 레이저 초음파 시스템은 상대적으로 고가이며 신호 대 잡음 비율이 낮은 단점이 있어 현재 이러한 단점을 개선시킬 수 있는 다양한 연구가 활발하게 수행되고 있다.

본 논문에서는 다중 표면 결함 정보를 추출하기 위한 레이저 초음파 검출 실험을 수행하였다. 피로 손상으로 발생하는 부품의 표면결함은 주로 다중 표면 결함의 군집 형태로 발생하므로 동일 깊이의 다중 표면 결함 수에 따른 레이저 초음파 신호의 변화를 관찰하였다. 다중 표면 결함에 대한 검출 실험을 위하여 본 논문에서는 스캐닝 장치와 데이터 수집보드가 장착된 제어 컴퓨터와 펄스레이저 및 공초점 Fabry-Perot 간섭계를 이용하여 레이저 초음파 시스템을 구성하였다. 그리고 다이내믹 안정기를 이용하여 안정적으로 초음파 신호를 획득할 수 있게 구성하였다. 다이내믹 안정기는 실시간으로 레이저 간섭계의 투과-반사광의 상태를 관측하면서 간섭계의 이득이 최대가 되는 순간을 포착하여 레이저 초음파를 발생시킨 다음 이를 측정한다<sup>(1)</sup>. 컴퓨터에 장착된 고속 데이터 수집보드는 초음파 신호를 1000MHz의 샘플링 속도로 신호를 측정하며 실시간으로 표면 결함의 정보를 추출하고 그 결과를 화면에 디스플레이 한다. 본 논문에서 구성한 레이저 초음파 검사 장치의 구성도는 그림 1과 같다.

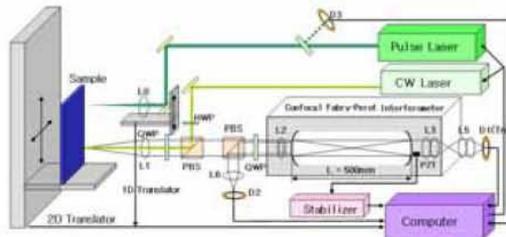


그림 1. 레이저 초음파 검사 장치의 구성

그림 2는 결함이 없는 시편과 깊이가  $100\mu\text{m}$ 인 한개의 표면결함 및 5개의 표면결함들이 균집된 영역을 통과한 초음파 신호를 시간영역에서 측정된 신호를 보여준다. 그림 3은 그림 2와 마찬가지로 깊이가  $200\mu\text{m}$ 인 표면결함에 대하여 실험한 결과이다. 그림 2의 신호에서 관찰 할 수 있듯이, 초음파 신호는 결함을 통과하면서 그 진폭이 크게 감소하는 특성이 있다. 균집을 이루는 같은 깊이의 표면 결함들의 수가 증가할수록 진폭은 감소됨을 알 수 있다.

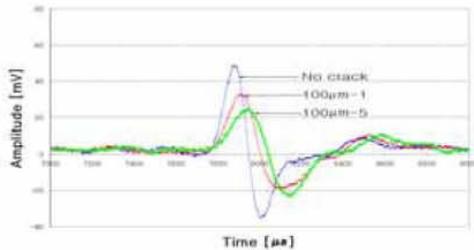


그림 2.  $100\mu\text{m}$  깊이의 결함에 대한 초음파 신호

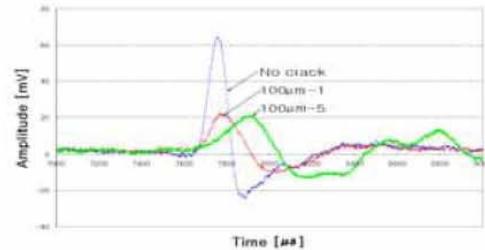


그림 3.  $200\mu\text{m}$  깊이의 결함에 대한 초음파 신호

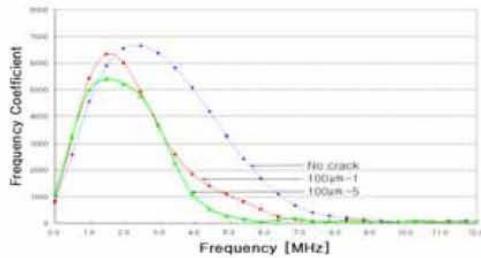


그림 4.  $100\mu\text{m}$  깊이의 결함에 대한 주파수 스펙트럼

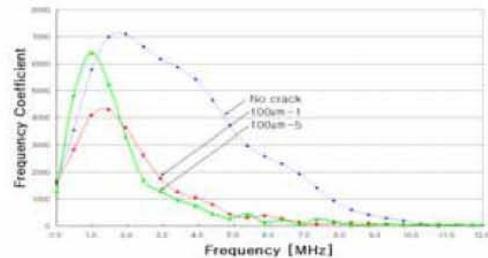


그림 5.  $200\mu\text{m}$  깊이의 결함에 대한 주파수 스펙트럼

그림4와 그림 5는 그림 2와 3을 푸리에 변환한 스펙트럼 신호이다. 그림 4의 주파수 스펙트럼에서 관찰 할 수 있듯이 주파수 스펙트럼은 다중 표면결함의 수에 대해서는 크게 영향을 받지 않은 반면에 깊이에 대해서는 민감함을 알 수 있다. 그러므로 초음파 신호의 주파수 성분은 피로 손상에 의하여 발생하는 표면결함의 균집 정보를 효과적으로 제공함을 알 수 있다. 그러나 그림 5에서 관찰할 수 있듯이 레이저 초음파는 고주파 성분이 많아 결함의 깊이가 깊어질수록 감쇠량이 커지는 단점이 있으므로 저주파 신호를 효과적으로 발생시키는 기술에 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. S. K. Park, S. H. Baik, C.H Lim, C. J. Kim, "Spectrum analysis of an ultrasonic signal according to a surface status by using a robust laser-based ultrasonic system", Key Eng. Mats. 321-328, (2006).