

## 초음파를 이용한 표면 결함 검출 결과 비교

### Comparison of Detection Results for a Surface Crack by Using Ultrasounds

박승규\*, 김운일\*\*\*, 백성훈\*, 차형기\*, 정현규\*\*, 조창호\*\*\*, 강영준\*\*\*\*

한국원자력연구소, \*양자광학기술개발센터, \*\*원자력로봇랩, \*\*\*배재대학교 물리학과,  
\*\*\*\*전북대학교 기계항공시스템공학부

skpark4@kaeri.re.kr

결함이 발생하는 초기 단계에서 미세 결함을 검출하는 기술은 보수 기술과 병행하여 매우 중요한 기술이다. 현장에서 활용이 가능한 미세 결함에 대한 초기 손상에 대한 비파괴 검출 기술 개발은 여러 분야에서 활발히 연구되고 있으며, 초음파 기술도 활발히 연구되고 있는 한 분야이다[1]. 다양한 신호 해석이 가능한 초음파 검사 기술은 속도 변화나 진폭 감쇠 및 주파수 감쇠를 관찰함으로써 피로 손상을 검출할 수 있는 유망한 방법 중의 하나로 고려되고 있다. 특히 레이저초음파 검사법(LUT: Laser Ultrasonic Testing)은 비접촉식 검사 방법이면서도 광대역 스펙트럼을 갖는 등의 여러 장점으로 인하여 최근에 많이 연구되고 있는 분야이다.

레이저 초음파 장치는 펄스 레이저 빔을 이용하여 초음파 신호를 발생시키고 레이저 간섭계를 이용하여 발생된 초음파 신호를 측정하는 비접촉식 결함 검사 장치이다[2]. 펄스 레이저 빔의 표면 조사에 의하여 발생하는 초음파 신호는 일반적인 압전 트랜스듀서에 의하여 발생하는 일반 초음파 신호에 비하여 광대역의 초음파가 발생되며, 측정용 레이저 빔이 집속된 작은 점에서 초음파를 측정하므로 측정 분해능이 우수한 장점을 가지고 있다. 또한 비접촉식 측정이므로 고온 재료에 대한 품질 검사가 가능하며 원자력발전소와 같이 접근이 용이하지 않은 지역에 적용할 수 있는 장점이 있다. 또한 곡면부나 거친 표면에 대해서도 검사가 가능한 장점을 지니고 있다. 그러나 레이저 초음파 장치는 고가의 레이저 장치를 이용하여야 하며 상대적으로 낮은 신호 대 잡음 비율을 갖는 단점이 있다. 최근에는 고효율의 펄스레이저 빔을 측정용 레이저 빔으로 사용하여 레이저 간섭계의 효율을 크게 향상시키고 있으며, 현장 활용을 위한 상용화 시스템의 개발에 박차를 가하고 있다[2].

본 논문에서는 레이저 초음파의 표면파를 이용하여 원형 표면 결함 검출 실험을 수행하였고 이를 기존의 표면파 전용 트랜스듀스로 검출 실험을 수행한 결과와 비교 분석하였다.

그림 1은 직경 1mm이고 깊이가 1mm인 원형의 표면 결함을 B-스캔 방식으로 검출하기 위한 실험 구성도이다. 공간분해능을 높이기 위하여 본 논문에서는 측정대상체의 표면에 조사되는 펄스 레이저 빔의 직경을 약 400 $\mu$ m 크기의 원형으로 조사하였으며 유사한 크기의 빔으로 포커싱된 측정용 연속 발진 레이저를 이용한 CFPI(Confocal Fabry-Perot Interferometer)를 이용하

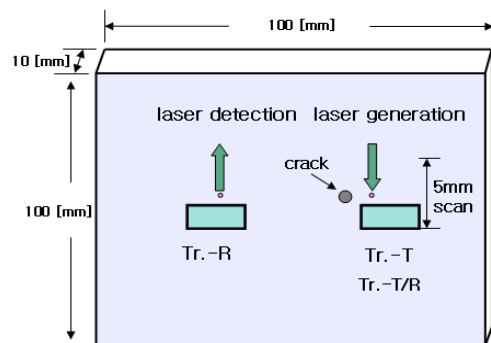


그림 1 표면결함 검출을 위한 실험 구성도

여 초음파 신호를 검출하였다. 그리고 본 실험에서는 비교를 위하여 중심주파수가 5MHz인 표면과 전용 트랜스듀스를 레이저 초음파 스캔 방식과 동일한 방법인 피치-캐치(P/C)모드에서 표면 결함 검출 실험을 수행하였으며, 또한, 표면과 결함 바로 뒷면에서 펄스-에코(P/E) 모드에서도 표면 검출 실험을 수행하였다.

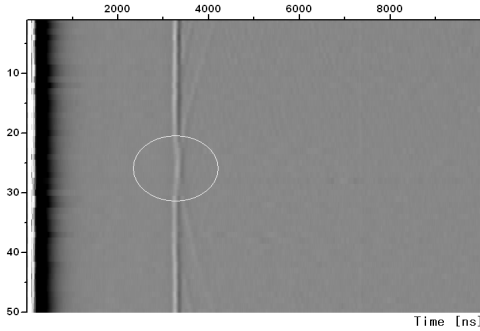


그림 2. LUT를 이용한 B\_scan영상

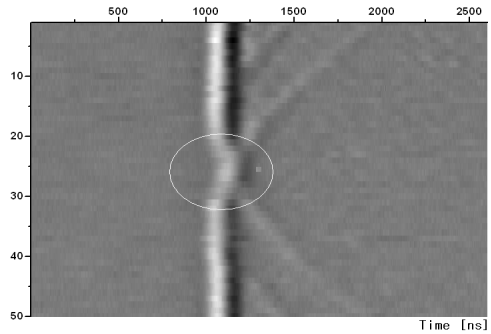


그림 3. 결함부를 확대한 B-scan영상

그림 2의 원형 표시부에 보이는 바와 같이 레이저 표면과 신호는 원형 결함부를 만나면 외곽으로 돌아서 진행을 하고 이로인하여 약간의 시간 지연이 발생함을 알 수 있다. 또한 비록 미소하지만 결함부에서 일부 표면과 신호가 반사됨으로써 미약한 진폭의 변화가 관찰되었다. 그림 3은 그림 2의 원형 표시부를 확대한 B-scan 영상으로 펄스 레이저 빔의 스캔 영역이 결함부를 벗어나더라도 결함부에서 반사되어 도달하는 일부 빔이 관측되어 당겨진 활시위 형태의 표면과 영상이 관찰되었다.

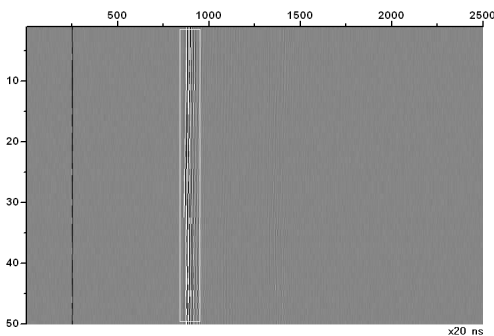


그림 4. P/C모드에서 일반 초음파를 이용한 B\_scan영상

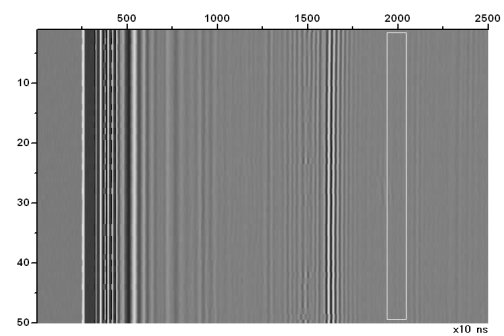


그림 5. P/E 모드에서 일반 초음파를 이용한 B\_scan영상

그림 4와 그림 5는 P/C모드와 P/E모드에서 일반 초음파를 이용하여 원형 표면 결함을 검출한 실험 결과이다. 사각형 표시부에서 보이듯이 직경 1mm의 원형 결함에 대한 정보는 관찰되지 않았다. 이는 표면 결함의 직경이 일반 트랜스듀스의 초음파 발생부의 크기보다 작기 때문에 관찰이 어려운 것으로 판단된다. 그러므로 간단한 구성으로 레이저 빔의 포커싱이 가능하고 자동장치에 의한 스캐닝이 용이한 광대역의 레이저 초음파 검사법은 공간 분해능이 우수하여 정밀한 결함 정보를 제공하는 기법임을 확인하였다.

참고문헌

1. L. Debaberis, B. Acosta, J. Bros, "Ageing Materials and Studies by NDTs," AMES Report, No. 14, (2000)
2. M. Ochiai, Y. Miura, S. Yamamoto, "Laser-ultrasonic nondestructive testing and its application to nuclear industry", Thosiba Review, 61(1), (2006).