

선형 펄스 레이저 빔을 이용한 표면결함 정보 추출

Extraction of Surface Crack Information by Using a Line-Shaped Pulse Laser Beam

박승규*, 김운일***, 백성훈*, 차형기*, 정용무**, 조창호***, 강영준****

한국원자력연구소, *양자광학기술개발센터, **원자력재연구센터, ***배재대학교 물리학과,
****전북대학교 기계항공시스템공학부

skpark4@kaeri.re.kr

광학식 표면결함 검출 방법은 비접촉식 방법이면서도 측정 속도가 빠르고 정밀도가 높으며 자동화가 용이한 장점이 있다. 부품의 표면에서부터 주로 시작되는 미세 결함을 발생초기에 검출하는 기술은 시스템이나 주요 부품의 수명 예측과 수명 연장에 핵심적인 기술이다. 광삼각법(optical triangulation)은 광학식 3차원 형상측정 방법 중에서도 현재 산업에서 가장 널리 사용되고 있는 기술 중에 하나이다. 이 방법은 고전적인 방법이면서도 안정적인 데이터를 제공하고 간단한 구성으로 장치를 구성할 수 있어 3차원 표면 정보 추출에 널리 사용되고 있다[1].

널리 사용되고 있는 비파괴 검사법 중의 하나인 초음파 검사법은 다양한 신호 해석이 가능하여 응용범위가 넓은 장점을 갖고 있다. 이 검사법은 여러종류의 초음파 신호를 이용할 수 있으며 신호의 진행속도 변화나 진폭의 감쇠 및 주파수계수 감쇠 등을 관찰함으로써 측정대상체의 미세 결함 정보를 추출할 수 있다. 특히 펄스레이저 빔을 사용하여 발생하는 레이저초음파(Laser-generated ultrasound)는 기존의 초음파 신호에 비하여 원거리에서 비접촉식으로 정보를 추출하고 고온물체나 곡면부에서의 결함측정이 가능하며, 신호 자체가 광대역의 스펙트럼을 갖고 있어 결함에 대한 정밀한 정보 제공이 가능한 장점을 갖고 있다[2]. 또한 레이저 초음파는 일반 초음파에 비하여 공간 분해능이 우수하여 결함 크기에 대한 정확한 측정이 가능하다.

본 논문에서는 광삼각법과 레이저 초음파법을 혼합한 표면결함 정보추출을 위한 비파괴검사 장치를 구성하였다. 선형의 펄스레이저 빔을 측정대상체의 표면에 조사하여 발생하는 레이저 표면파를 이용하여 표면결함의 깊이 정보를 추출하였으며, 동시에 선형 펄스레이저빔 영상을 획득하여 광삼각법으로 표면 결함에 대한 3차원 형상 정보를 추출하였다.

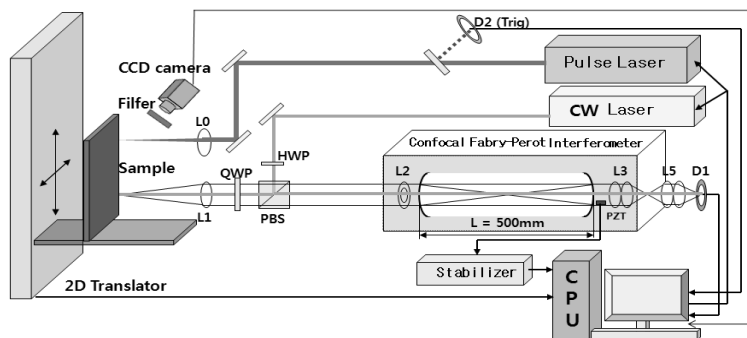


그림 1. 표면결함 정보 추출을 위한 장치 구성도

광삼각법에 의해 추출된 표면결함 정보는 결함의 외관에 대한 3차원 정보는 효과적으로 추출할 수 있으나 폭이 좁은 미소 결함 등의 경우에 광이 유입되지 못하는 그림자 영역이 발생하여 깊이 정보를 추출하지 못하는 어려움이 있다. 본 논문에서는 선형 펄스 레이저 빔에 의해 발생하는 레이저 표면과 신호의 감쇠를 이용하여 결함의 깊이 정보도 효과적으로 추출하였다. 선형 펄스레이저 빔 영상의 중심선을 추출하는 광삼각법은 CCD카메라를 이용한 영상처리기법으로 형상 정보를 추출하였으며, 레이저 표면과 신호는 CFPI(Confocal Fabry-Perot Interferometer)를 이용하여 표면과 신호를 검출한 다음에 시간영역에서의 진폭 감쇠와 주파수 영역에서의 고주파 신호 감쇠를 이용하여 결함의 깊이 정보를 추출하였다[1].

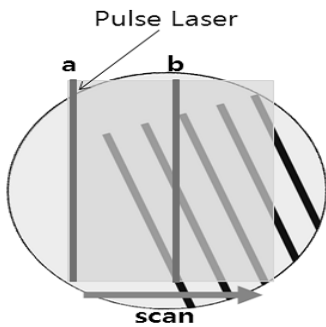


그림 2. 결함영역 스캔

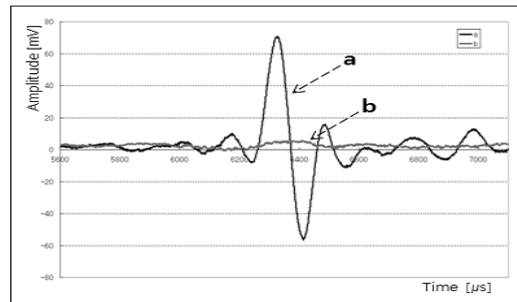


그림 3. 레이저 표면과 신호의 진폭감쇠

그림 2는 깊이가 500 μm 인 여러 개의 표면 결함들을 스캔하는 실험 구성을 보여주고 있으며, 그림 3은 위치 a, b에서 측정된 레이저 표면과 신호를 보여준다. 그림 3의 b신호에서 관찰할 수 있듯이 레이저 표면과 신호는 표면 결함에 의하여 진폭이 크게 감소함을 알 수 있다.

그림 4는 선형 펄스레이저 빔이 측정 대상체의 표면에 조사될 때 CCD카메라를 이용하여 영상을 획득한 다음, 선형 레이저 빔의 중심선을 이용하여 표면결함 정보를 추출한 3차원 결과 영상이다. 그림 4의 실험 결과에서 관찰할 수 있듯이 광삼각법은 표면 결함에 대한 위치와 형상 정보를 정밀하게 제공하였다. 본 논문에서는 선형 펄스레이저 빔의 조사에 의한 광삼각법과 레이저 초음파 검사법이 융합된 장치를 개발하여 결함 검출 실험을 수행하였으며 표면결함을 효과적으로 검출할 수 있었다. 이러한 혼합 검사법은 간단하게 구성이 가능하고 종합적인 정보를 이용하여 결함 정보를 추출함으로써 추출된 정보에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 방법임을 확인하였다.

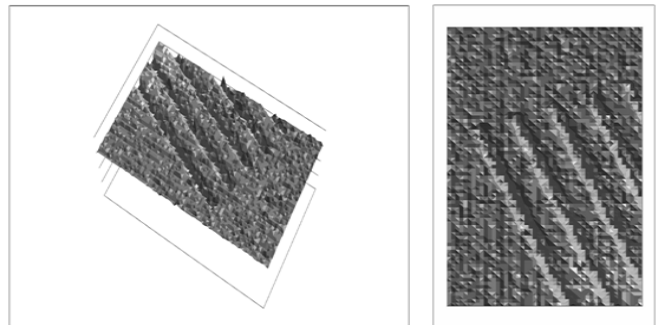


그림 4. 광삼각법으로 추출한 표면결함 형상 정보

참고문헌

1. 박승규, 백성훈, 김철중, “선모양을 한 레이저 빔의 방향성 배율 확대를 이용한 정밀 형상측정 시스템”, 한국정밀공학회지, Vol. 14, No. 5, (1997)
2. 박승규, 정현규, 백성훈, 강영준, “레이저 초음파의 표면파를 이용한 표면결함 측정”, 한국비파괴검사학회지, Vol. 26, No. 2 (2006).