# 레이저초음파 전파에 의한 미세 표면변형 형상 측정

# Measurement of Deformed Surface Shape by Laser Ultrasonic Propagation

박승규*, 김진수*, 백성훈*, 정용무**, 차형기*
*한국원자력연구원 양자광학연구부, **한국원자력연구원 원자력재료연구부
skpark4@kaeri.re.kr

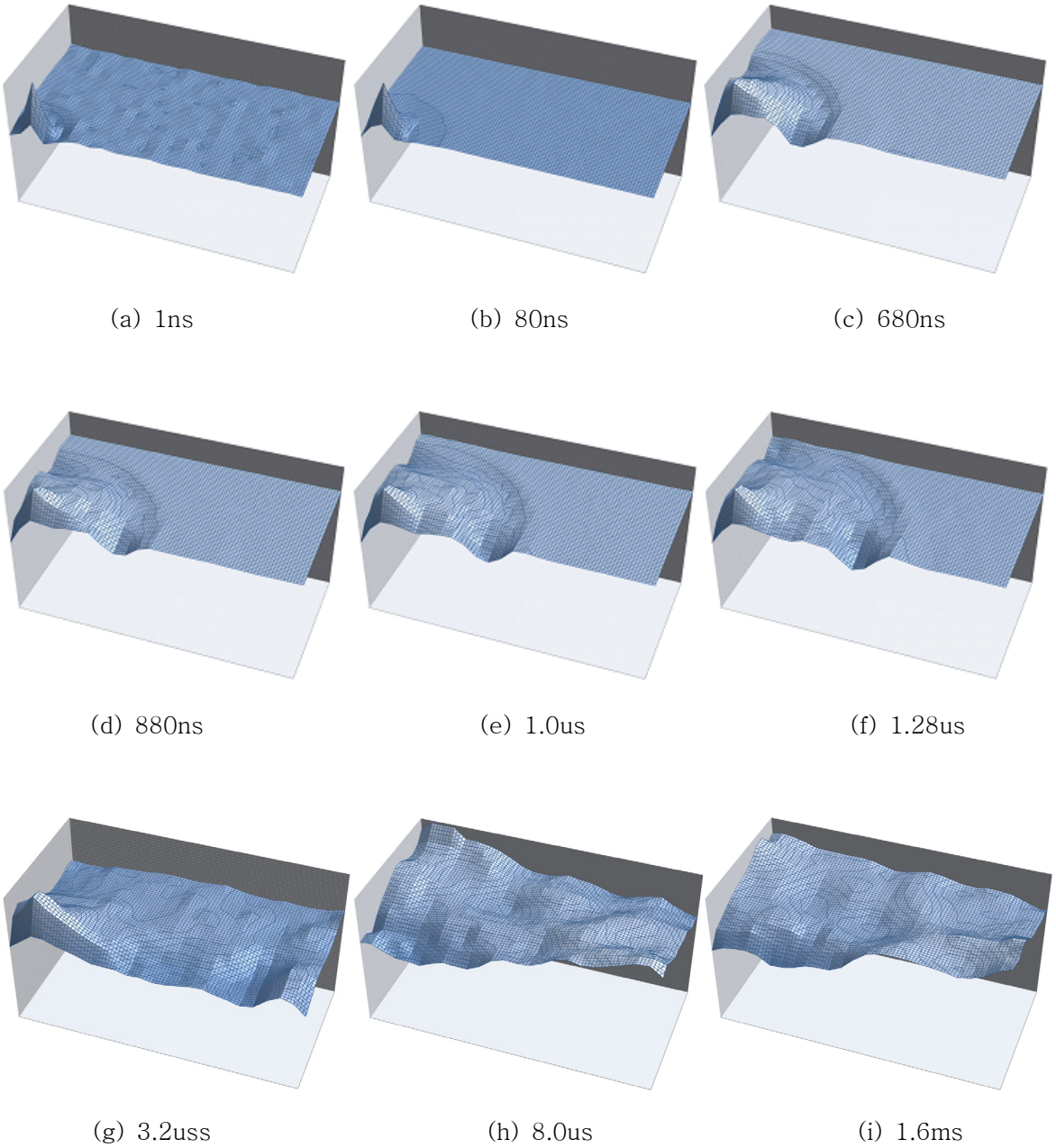
산업기술의 발달과 더불어 제품은 더욱 고집적화 되고 소형화 되면서 더욱 정밀하면서도 정확한 비파괴 검사기술이 요구되고 있다. 초음파 검사법은 널리 활용되는 비파괴 검사법으로 부품의 내·외부에 대한 품질 검사가 가능하다. 그러나 매 측정시마다 신호의 강도변화가 심하여 정밀도가 떨어지는 단점이 있다.

초음파 검사법 중에서, 접촉식 탐촉자 기반의 검사 기법은 일반적으로 널리 활용되고 있는 방법으로 저가이면서도 높은 이득의 신호 측정이 가능하다. 그러나 이 기법은 측정 대상체 표면에 탐촉자를 붙여야 하므로 접촉 조건에 따라 이득 변화가 심하고, 고온재료나 부드러운 재료 혹은 표면이 거친 재료나 협소구역 등에는 적용하기 어렵다. 또한, 탐촉자의 표면적이 커서 스캐닝을 통한 면적 검사에는 공간분해능이 떨어지므로 소형 부품의 정밀검사에는 적합하지 않다. ACT(Air-Coupled Transducer) 초음파 검사 방법은 비접촉식 측정이 가능한 장점이 있으나 고주파수의 초음파 발생이 어려워 정밀 검사에 한계가 있다. 그리고 EMAT(Electro Magnetic Acoustic Transducer) 검사 방법은 활용의 용이성은 있으나 측정 대상체와 수 mm길이 이내로 근접시켜야만 안정된 시스템을 구성할 수 있기 때문에 원거리 비접촉식 시스템을 구성하기에는 어려움이 있다. 또한 탐촉자의 부피가 커서 소형 부품의 정밀 검사에는 적합하지 않다.

레이저 초음파 검사(laser ultrasonic inspection)법은 펄스레이저 빔을 조사하여 원거리에서 비접촉식으로 초음파를 발생시키고 파장 안정된 측정용 레이저 빔이 부착된 레이저 간섭계를 이용하여 원거리에서 비접촉식으로 초음파 신호를 검출하는 완전한 비파괴 검사 방법이다. 레이저 초음파는 고주파수의 광대역 주파수 스펙트럼을 갖는 초음파 신호의 발생이 가능하여 정밀 검사가 가능하고 측정용 레이저 빔을 집속하여 초음파 신호를 측정하므로 높은 공간분해능을 제공하여 소형 부품에 대한 정밀 스캐닝 면적 검사도 가능하다. 또한 이 기술은 기존의 기술로는 적용이 어려운 고온재료의 품질검사와 제지 같은 부드러운 재료의 품질검사 및 좁은 곡면 부위나 거친 표면에 대한 검사를 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 레이저초음파 검사법은 기존의 다른 비파괴 검사법에 비하여 고가이며 또한 펄스레이저 빔에 의해 발생되는 초음파 신호의 강도가 미약하고 레이저 간섭계의 부족한 감도로 인하여 상대적으로 낮은 S/N비를 제공하므로 이를 개선하기 위한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다[1, 2].

본 연구에서는 소형 시편에 조사된 펄스레이저 빔에 의해 발생된 레이저초음파 에너지의 흐름을 영상화하여 레이저초음파 에너지의 전파 특성을 관찰하였다. 측정시편상의 미세 표면변형 형상을 측정하여 레이저초음파 에너지의 전파 특성을 시각적으로 관찰하는 본 측정 방법은 초음파 응용기술의 단점인 매 측정시마다 진폭이 크게 변화하여 정밀도가 떨어지는 단점을 보완할 수 있다. 또한 측정대상체 표면의 결함부와 경계부 등에서 산란되고 회절되는 초음파 에너지 패턴을 시각적으로 관찰할 수 있음으로써 제품

의 비파괴 품질평가에도 신뢰도를 높일 수 있다. 소형 시편(10 mm x 5mm x 2mm)의 좌측 하단부에 조사된 펄스레이저 빔에 의해 발생된 레이저 초음파 신호의 전파 패턴은 Fig. 1과 같다.



(a) 1ns (b) 80ns (c) 680ns

(d) 880ns (e) 1.0us (f) 1.28us

(g) 3.2uss (h) 8.0us (i) 1.6ms

Fig. 1 Deformed surface shape by the propagation of laser ultrasound

1. S. K. Park, S. H. Baik, "Laser ultrasonic inspection system with a 3D profilometry to detect surface cracks" Phy Review Letters B, Vo. 22, No. 11, pp.1051-1056, (2008).
2. Makoto Ochiai, Daniel Levesque, Richard Talbot, Jean-Pierre Monchalin, "Detection and characterization of discontinuities in stainless steel by the laser ultrasonic synthetic aperture focusing technique", Materials Evaluation, Vol. 62. No. 4, pp.450-459 (2004)