

# SH파 분산특성 변화를 이용한 배관 점진감육 진단 기법

## Gradual pipe wall thinning diagnosis through the variation of dispersion characteristics of SH waves

조승현† · 권휴상\* · 안봉영\* · 이승석\*

Seung Hyun Cho, Hyu-Sang Kwon, Bongyoung Ahn and Seung Seok Lee

**Key Words** : SH wave, wall thinning, pipe, variation of dispersion

### ABSTRACT

Pipe wall thinning is one of severe problems on structural safety in nuclear power plants. A guided wave can be a proper tool for the fast evaluation or monitoring. As for gradual wall thinnings, however, low sensitivity caused by the low reflection coefficient limits the use of the guided wave. In this work, instead of the guided wave reflection at the wall thinning, the variation of dispersion characteristics is concerned. SH waves were employed due to several advantages and the magnetostrictive patch transducers were used for the excitation and sensing of the SH waves. The proposed method were verified with some experiments and showed the feasibility as an effective tool for the inspection of gradual wall thinning.

### 1. 서 론

원전 배관의 구조 안전성 확보를 위한 효율적인 배관 감육 평가를 위해서는 감육의 유무를 고속으로 탐상하고, 감육의 진진을 상시 감시할 수 있는 기술의 개발이 시급히 요구된다. 이러한 배관 감육의 고속 탐상 및 상시 감시를 위한 대안이 될 수 있는 방법 중 하나가 바로 유도초음파이다. 유도초음파는 장거리 전파가 가능하므로 고속 진단 및 상시 감시에 여러모로 유리하고, 이로 인해 최근 유도초음파 현상을 감육 진단에 적용하는 연구가 활발하다<sup>(1)</sup>.

유도초음파를 이용하여 감육을 탐상하고자 할 때, 우선 고려해 볼 수 있는 방법이 감육부위에서 반사되는 파를 측정하여 감육을 진단하는 것이다. 이 방법은 급격한 두께 변화를 가지는 배관에서는 효율적일 수 있으나, 두께가 서서히 얇아지는 점진감육

(gradual wall thinning)에서는 파의 반사계수가 크지 않으므로 적용하기가 쉽지않다.

본 연구에서는 점진감육의 진단을 위해 다중모드 유도초음파의 분산 특성이 변하는 현상을 적용하고자 하였다. 여기서 분산(dispersion)이란 유도초음파의 각 주파수의 성분마다 속도가 다르고 이로 인해서 진행되는 파의 파형이 변하는 현상을 의미한다. 감육으로 인해 배관의 형상이 변하면 이로 인하여 분산 특성 또한 바뀌게 되므로, 이를 기반으로 감육의 유무 나아가 감육의 정도까지도 판별할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위해 건전한 평판과 감육평판에 500 kHz ~ 1 MHz 대역의 SH파를 발생 및 측정하여 분산특성 변화 현상을 관찰하였다. 효율적인 SH파의 가진 또는 측정을 위해 자기변형 패치 트랜스듀서(magnetostrictive patch transducer)를 사용하였고<sup>(2)</sup>, 결과적으로 점진감육으로 인한 분산 특성의 변화를 확인할 수 있었다.

† 교신저자; 한국표준과학연구원  
E-mail: seungcho@kriss.re.kr  
Tel: 042-868-5752, Fax: 042-868-5639  
\* 한국표준과학연구원

## 2. 실험 및 결과

다중모드 SH파의 발생과 측정을 위해서 자기변형 패치 트랜스듀서를 적용하였다. 자기변형 패치 트랜스듀서는 얇은 자기변형 패치를 구조물에 부착하고 코일과 자석을 설치함으로써 쉽게 실현이 가능하다. 특히, 전단파를 용이하게 가진 및 측정할 수 있다.

실험 시편으로 두께 11.75 mm의 탄소강판을 사용하였다. 건전평판과 한쪽면에 타원형 단면으로 감육을 가공한 25% 감육평판을 각각 준비하였다. 감육의 단면 형상은 포물선이다. SH파 가진 및 측정을 위한 한쌍의 트랜스듀서를 감육의 반대 면에 설치하였다.

가진 신호로는 500 kHz 단일 구형파(single square wave)를 이용하였다. Fig. 1은 건전평판에서 측정된 SH파 신호이다. 단일 펄스 가진에도 불구하고 시간 영역 측정신호는 매우 넓은 시간영역에 걸쳐 있다. 시간 주파수 해석 결과에 비추보면, 측정 신호의 시간 영역이 넓어지는 것은 고차모드의 분산과 속도차이로 인하여 서로 다른 시간에 도달하는 여러 모드의 파가 서로 중첩되기 때문이라는 것을 알 수 있다. SH파는 모드들이 순차적으로 도달하므로 시편의 분산선도와 비교하면 비교적 쉽게 모드를 식별할 수 있다. Fig. 1의 스펙트로그램(spectrogram)에서는 약 1.4 MHz의 중심주파수를 가지는 SH9 모드까지 확인할 수 있다.

Fig. 2에서 감육평판에서 측정된 신호를 볼 수 있다. 25% 감육평판에서는 저차모드의 크기는 건전평판의 경우와 거의 동일하지만 고차모드들은 사라지는 현상을 관찰할 수 있다. 고차 모드의 단절로 인해 시간영역에서 신호의 영역이 현저히 줄어들었다. 스펙트로그램에서 나타난 대로 SH4 이상의 모드들은 거의 측정되지 않았다. 건전평판과 감육평판의 스펙트로그램에 의한 두 경우의 분산 특성이 확연히 다를 수 있다.

## 3. 결론

본 연구에서는 점진감육을 가진 평판에서 다중모드 SH파의 분산특성이 변화함을 관찰하고 이를 이용하여 감육 유무를 판별할 수 있음을 보였다. 유도

초음파 전파이론 확립, 주파수 대역 및 트랜스듀서 최적화 등의 연구를 수행한다면, 배관 감육 평가 분야의 좋은 대안이 될 것으로 생각된다.

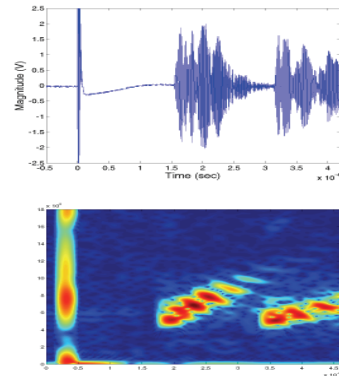


Fig. 1 The measured signal and its spectrogram in a healthy plate

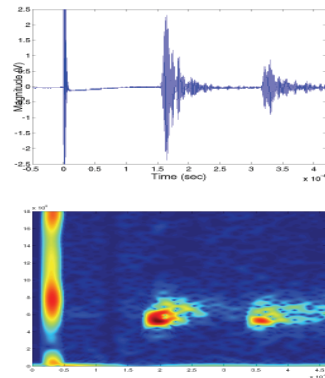


Fig. 2 The measured signal and its spectrogram in a plate with 25% wall thinning

## 참 고 문 헌

- (1) Murfin, A. S. and Dewhurst, R. J., 2002, "Estimation of wall thinning in mild steel using laser ultrasound Lamb waves and a non-steady-state photo-emf detector," *Ultrasonics*, Vol. 40, pp. 777-781
- (2) Cho, S. H., Lee, J. S. and Kim, Y. Y., 2006, "Guided wave transduction experiment using a circular magnetostrictive patch and a figure-of-eight coil in nonferromagnetic plates," *Applied Physics Letters*, Vol. 88, pp. 224101