

# T 모드 유도초음파 센서를 이용한 티타늄 튜브 결함평가 Defect Evaluation of Titanium Tube using T-Mode Guided Wave Transducer

\*#길두승<sup>1</sup>, 안연식<sup>1</sup>, 박상기<sup>1</sup>, 김용권<sup>2</sup>, 박세준<sup>2</sup>

\*# D. S. Gil(kds6801@kepri.re.kr)<sup>1</sup>, Y. S. Ahn<sup>1</sup>, S. K Park<sup>1</sup>, Y. K. Kim<sup>2</sup>, S. J. Park<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>전력연구원, <sup>2</sup>서울산업대

Key words : Guided wave, Titanium tube, T-mode, Defect evaluation

## 1. 서론

국내에는 유도초음파(Guided wave)를 이용한 소구경(외경 1.5 인치 이내) 튜브의 검사기술이 소개, 도입되는 과정에 있어 이를 산업설비에 적용하기 위한 연구개발 실적은 미미한 단계이며 현재까지 현장에 적용된 사례가 없는 상태이다. 유도초음파를 이용한 검사기술에 대한 연구는 유도초음파의 발생원리와 결함검출 방법 등 초기단계이나 장점이 많아 이 분야에 대한 연구개발은 학계와 산업계를 막론하고 확대되고 있고, 그 적용 필요성에 의해 연구진행은 빠르게 진전되고 있다. 또한, 영국과 미국, 독일 등의 선진국에서는 유도초음파를 이용한 현장 적용사례가 각종 학회 및 세미나를 통하여 발표되고 있는 실정이며[1-8], 유도초음파를 이용한 검사의 장점은 단시간에 광범위한 검사가 가능하고 기존에 검사가 불가능한 부위에 대해서도 검사가 가능한 점과 검사비용이 절감되는 등 효과가 매우 좋아 국내 산업계에서도 많은 관심을 보이고 있으며, 실제 현장에 적용하기 위하여 복수기, 증기발생기 등 열교환기 튜브와 같은 소구경튜브의 검사를 위한 연구를 진행 중에 있어 수년 이내에 유도초음파를 이용한 검사기술이 비파괴 검사의 새로운 분야로 정착되고 연구개발과 적용이 활성화 될 것으로 예상된다.

## 2. 원리

유도초음파기술은 기존의 국부적인 탐상법에 비교하여 정밀도는 떨어지는 것으로 알려져 있으나 광범위 비파괴탐상을 효율적으로 수행할 수 있다는 점에서 여러 분야에 적용될 수 있는데, 특히 가스배관, 열교환기세관 그리고 박판으로 이루어진 여러 가지 구조물의 비파괴탐상에 유용하다. 또한 사고의 위험도가 높은 관 또는 박판임에도 불구하고 피복이나 지하매설 등으로 인해 피검체에 접근이 어려워 비파괴탐상 자체가 불가능한 경우와 국부적인 비파괴탐상이 가능한 경우에도 시간의 제약과 경비의 절감 때문에 보다 효과적인 검사방법이 요구되는 경우에 유도초음파 기술은 매우 유용하게 사용되어 질 수가 있다(Fig. 1).

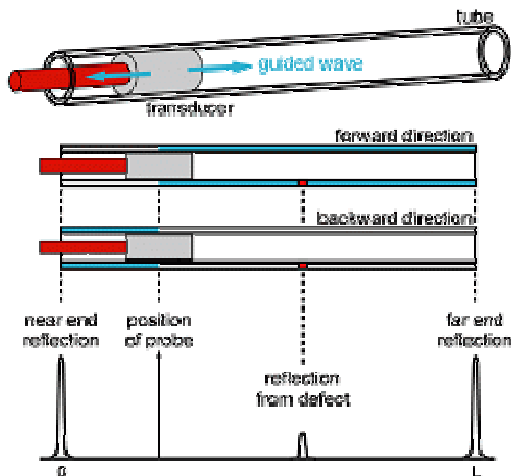


Fig. 1 Propagation of guided wave

## 3. 시스템 구성

유도초음파를 이용한 검사시스템은 크게 신호를 보내고 취득하는 센서부와 수집된 신호를 처리하는 본체부 그리고 결함 등의 신호를 화면에 보여주는 모니터부 등 3 가지로 나눌 수 있다(Fig. 2).



Fig. 2 System make-up of guided wave

## 4. 시험결과



Fig. 3 Titanium tube specimen (OD 25.4mm, thickness 1.25mm)

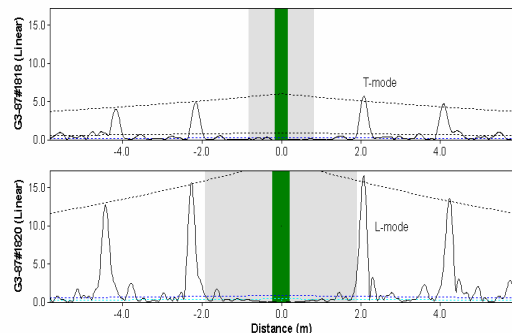


Fig. 4 Test result signal of wear defect

검사를 수행하는데 있어서 용접부와 여러 가지 형태의 지지대, 곡관부 등 튜브의 기하학적인 복잡한 형태는 많은 문제들을 야기할 수 있으며, 이러한 여러 가지의 문제들은 신호를 해석하고 관측하는데 영향을 미칠 수 있다.

특히, 열교환기 튜브에 있어서 주요한 인자들은 곡관부와 지지대(baffle plate)에 의한 것이다. Fig. 3 은 외경 25.4mm, 두께 1.25mm 티타늄튜브에 결함과 50%의 두께감육을 가진 시험편을 가공한 모양을 나타낸 것이며, Fig. 4 는 50%의 두께감육을 가진 인공결함 신호에 대한 결과파형을 각각 T-mode 탐촉자와 L-mode 탐촉자를 사용하여 그 파형의 크기를 비교하기 위해 나타낸 그림으로서, 같은 결함크기에 비하여 L-mode 탐촉자가 T-mode 탐촉자에 비해 감도가 더 좋음을 알 수가 있다.

반면에 Fig. 5 는 선형결함을 가진 인공결함 신호에 대한 결과파형을 각각 T-mode 탐촉자와 L-mode 탐촉자를 사용하여 그 파형의 크기를 비교한 것으로서 같은 결함크기에 비하여 T-mode 탐촉자가 L-mode 탐촉자에 비해 감도가 조금 더 우수하나 큰 차이는 보이지 않고 있음을 알 수가 있으며, 이들 결과신호로부터 각 모드들이 감육에 대해서는 민감하나 원주방향의 선형결함에 대해서는 커다란 차이를 보이지 않고 있음을 알 수 있다.

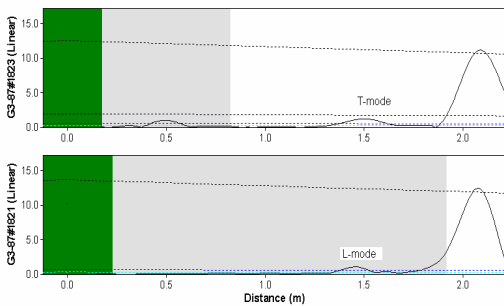


Fig. 5 Test result signal of crack defect

### 5. 결론

유도초음파를 이용한 검사기술은 고정된 위치에서 단시간에 넓은 부분을 검사할 수 있는 장점이 있는 반면에, 멀리 떨어져 있는 결함에 대한 크기를 정확히 예측하기 어려운 단점을 가지고 있으며, 이러한 단점은 현재까지 소구경튜브를 검사하는데 이용되고 있는 와전류검사(eddy current test)나 누설검사(leak test) 등과 같은 검사방법으로 보완을 한다면 보다 효과적인 결과를 얻을 수 있다. 유도초음파를 이용한 검사기술뿐만 아니라 어떠한 검사기술도 완벽한 검사시스템을 갖춘 기술은 존재하지 않는다고 생각되며, 모든 검사기술은 장점이 있는 반면 단점 또한 가지고 있기 때문에 이러한 단점들을 보완할 수 있는 검사방법이 병행된다면 설비의 건진성을 평가하는데 있어서 보다 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

### 후기

본 연구는 한국서부발전(주)와 한국남동발전(주)의 지원하에 “열교환기튜브 Guided wave 적용기술 개발”과제 수행의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

### 참고문헌

1. D. Alleyne and P. Cawley, "A two-dimensional Fourier Transform method for the measurement of propagating multimode signals, Journal of the Acoustical society of America, 89(3), pp. 1159-1168, 1991
2. D. Alleyne and P. Cawley, "A two-dimensional Fourier Transform method for the measurement of propagating multimode signals, Journal of the Acoustical society of America, 89(3), pp. 1159-1168, 1991

3. D. N. alleyne and P. Cawley, " Long Range Propagation of Lamb Waves in Chemical Plant Pipework", Materials Evaluation, Vol. 52, No. 7, pp. 504-508, 1997
4. P. Wilcox, M. Lowe and P. Cawley, " An EMAT Array for The Rapid Inspection of Large Structures Using Guided Waves", Review of QNDE, Vol. 22, pp. 814-821, 1997
5. M. J. S. Lowe, D. N. Alleyne, P. Cawley, "Defect detection in pipes using guided waves", Ultrasonics 36, pp. 147-154, 1998
6. P. Walcox, M. Lowe, P. Cawley, "The effect of dispersion on long-range inspection using ultrasonic guided waves", NDT&E International 34, pp. 1-9, 2001
7. A. Demma, P. Cawley, M. Lowe, A.G. Roosenbrand, B. Pavlakovic, "The reflection of guided waves from notches in pipes", NDT&E International 37, pp. 167-180, 2004
8. T. Vogt, D. Alleyne, B. Pavlakovic, Guided Ultrasonics Limited, Nottingham, United Kingdom, "Application of Guided Wave Technology to Tube Inspection", ECNDT, 2006