

지연시간 변별에 의한 음향영상 분리개선에 관한 연구

문 건*

Study on the Separation Enhancement of the Acoustic Images by Applying the Time-Delay Discrimination

Gun Moon*

ABSTRACT

The most difficult problem to be solved in the None-Destructive-Test is the separation of the correlated acoustic images caused by existing more than two images on the same axis. Though various techniques are proposed but satisfactory results are not yet come out. In this paper, I proposed the new technique enhancing the resolution of acoustic images by applying the time-delay signal aquisition method. By using the 500 won coin as the experimental sample, I detected and separated the backside image which is correlated with the front surface image by applying proposed technique. I used the variable time delayed pulse to distinguish the complex acoustic signals. The experimental results confirmed the better resolution compare with data thresholding techniques in separating the images.

Key words : Acoustic, Images, NDT, Time delay, Pulse, Thresholding

1. 서 론

음향파가 비파괴 검사에 많이 사용하고 있으며 그 응용분야로는 의용공학 분야에서 초음파 진단, 건축 설비 분야에는 콘크리트 강도 및 결함검사, 정밀 기계설비의 결함검사 등에 여러 가지 용도로 사용되고 있다. 이들은 대부분 수백 KHz의 저주파를 사용하므로 해상도가 낮아서 미소 결함 검출에는 부적합하다. 그리고 대부분 피스톤형의 음향 변화자를 사용하기 때문에 검출 깊이는 증가되나 해상도는 떨어진다. 이

에 반하여 표면 바로 밑에 존재하는 미소 결함 검출을 위해서는 구면형 음향렌즈인 변환자를 사용하고 있다. 이 변환자는 음향파를 집중시켜서 초점의 직경을 작고 강하게 하여서 해상도를 높이는데 매우 효과적이다. 그러나 검출 깊이는 피스톤형보다는 떨어지는 약점이 있다. 구면형 음향 변화자를 사용하여 표면 바로 밑에 존재하는 미소 결함 검출을 하는 과정에서 필연적으로 음향파가 표면을 통과하여야 하며 이 경우에 표면에 굴곡, 결함 등이 있는 경우에는 내부의 결함 검출에 영향을 주어서 검출에 지장을 주고 있는 것이 비파괴 검사 시에 해결해야 할 가장 중요한 문제점으로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 여러 가지 연구가 발표되고 있으나 아직도

* 제주대학교 통신공학과
Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.

만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있는 실정이다. 문제 해결을 어렵게 하는 요인은 검출을 위해 얻은 반사 음향신호에는 표면파, 종파, 횡파, 간섭파 등의 여러 가지 신호가 복합적으로 작용하여서 원하는 결합 영상만의 신호를 검출하기에는 매우 어렵다는 것이며 또한 이들 신호의 복합적인 이론 해석도 불가능하다는 결론을 내리고 있는 실정이다. 영상을 분리 검출하는 기법중의 하나인 쓰레숄딩(Thresholding) 레벨 분리에 따른 방법도 원하는 결합영상에 아직도 많은 간섭 영상이 존재하고 있으므로 이러한 점을 보다 개선하기 위하여 본 연구에서는 검출 음향신호를 시간차로 구분하여 영상처리 하므로써 보다 더 좋은 해상도의 영상을 얻을 수 있는 기법을 제안하였다.

II. 이 론

Fig. 1은 XY 평면에서 평면파로 전파하는 파가 경계면(z=0)에서 용액과 고체 사이에 어떤 각을 갖고 입사되는 파의 종류를 나타내고 있다. 이 중에서 비파괴 검사에서 신호원이 되는 속도장(Velocity field)은 다음과 같이 된다.

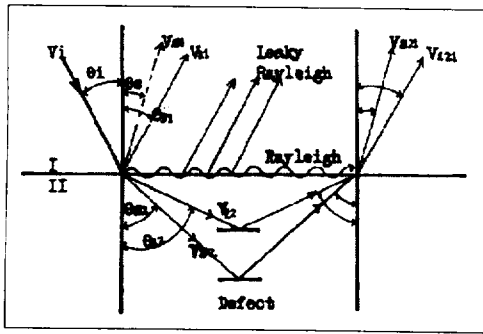


Fig. 1 Various acoustic waves

입사파(V^I), 표면파(V^R), 종파(V^L), 횡파(V^S)

$$v^I = (\hat{x} \sin \theta_i + \hat{z} \cos \theta_i) \exp[jk_0(x \sin \theta_i + z \cos \theta_i)] \dots (1)$$

$$v^R = \Re(\hat{x} \sin \theta_r - \hat{z} \cos \theta_r) \exp[jk_0(x \sin \theta_r - z \cos \theta_r)] \dots (2)$$

$$v^L = \ell(\hat{x} \sin \theta_l + \hat{z} \cos \theta_l) \exp[jk_0(x \sin \theta_l + z \cos \theta_l)] \dots (3)$$

$$v^S = \Re(\hat{x} \sin \theta_s + \hat{z} \cos \theta_s) \exp[jk_0(x \sin \theta_s + z \cos \theta_s)] \dots (4)$$

$Z=0$ 에서 속도와 스트레스(stress)에 대한 경계조건을 사용하여 간소화하여 미지수 3개에 대한 3원 방정식의 해를 구하면 다음과 같다.

$$\Re = \frac{Z_L \cos^2 2\theta_s + Z_s \sin 2\theta_s - Z_0}{Z_L \cos^2 2\theta_s + Z_s \sin 2\theta_s + Z_0} \dots (5)$$

$$\ell = \frac{\rho_0 V_0}{\rho V_L} \frac{2Z_L \cos 2\theta_L}{Z_L \cos^2 2\theta_s + Z_s \sin 2\theta_s + Z_0} \dots (6)$$

$$\Im = \frac{\rho_0 V_0}{\rho V_s} \frac{2Z_s \cos 2\theta_s}{Z_L \cos^2 2\theta_s + Z_s \sin 2\theta_s + Z_0} \dots (7)$$

여기서

$$Z_0 = \rho_0 V_0 / \cos \theta_1, Z_L = \rho V_L / \cos \theta_L, Z_s = \rho V_s / \cos \theta_s$$

Snell 법칙에 의해서 다음과 같이 된다.

$$(\sin \theta_1) / V_0 = (\sin \theta_L) / V_0 = (\sin \theta_s) / V_0$$

등방성인 경우에는 두 개의 임계각이 존재하게 되며 첫 번째 임계각 θ_{LC} 는 종파의 굴절각이 90° 되는 각이며, 또는 k-벡터가 경계면에서 평행 되었을 때인 경우이다. 두 번째 임계각 θ_{sc} 는 횡파의 굴절각이 90° 되는 각으로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\theta_R = \sin^{-1} \left(\frac{V_0}{V_s} \sqrt{x_1} \right)$$

$$\theta_R = \sin^{-1} \left(\frac{V_0}{V_L} \sin 90^\circ \right)$$

$$\theta_R = \sin^{-1} \left(\frac{V_0}{V_s} \sin 90^\circ \right)$$

소재가 백동인 동전인 경우에 $V_L=6.42(\text{Km/s})$, $V_s=3.04(\text{Km/s})$, 전달용액 물의 $V_0=1.5(\text{Km/s})$ 를 각각 대입하여 임계각을 구하면 $\theta_{LC}=13.5^\circ$, $\theta_{sc}=29.6^\circ$ 가 된다.

Fig. 2는 동전인 경우에 대한 횡파, 종파의 굴절 및 침투 깊이를 시뮬레이션한 것이다.

III. 시스템 구성

실험에 사용한 음향변환자의 설계치는 Table 1과 같다. 변환자는 종파와 횡파가 동시에 작용하면 내부에서 서로 간섭하여 원하는 결합 영상에 나쁜 영향을

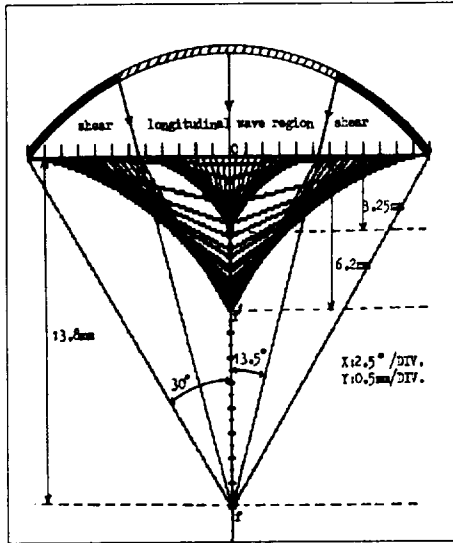


Fig. 2 Penetration depth on longitudinal & shear wave

주므로 횡파는 억제하고 종파만을 발생시키도록 입사각을 좁게 하여 설계 제작하였다. Fig. 3은 본 실험에서 사용한 시스템 구성도 이다. 입력 펄스로는 펄스 폭이 매우 좁은 임펄스를 사용하여서 반사신호를 시간차를 두어서 검출한 결과를 온라인 상태와 오프라인 상태에서 각각 영상 처리하여 비교 검토하는 시스템을 구성하여 실험하였다.

Table 1 Source of transducer

Center Freq.	10.35MHz
Dia. of open face	9.525mm
Focus Length	50.88mm
MAX. input angle	5.4°
Band width	70%

IV. 실험 결과

본 실험에서 사용한 음향변환자의 특성은 Fig. 4와 같이 삽입손실이 3dB 정도로 매우 양호한 특성을

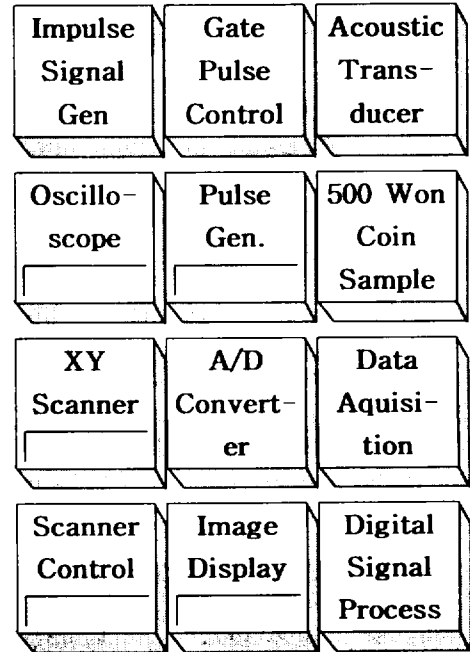


Fig. 3 System block diagram

나타내고 있다.

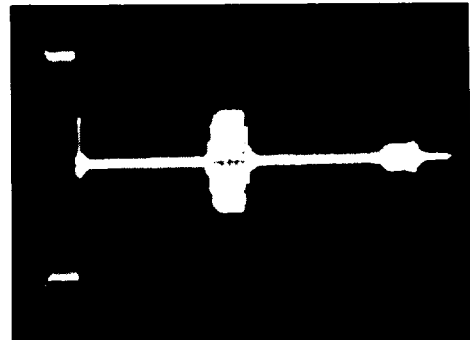


Fig. 4 Transducer characteristic

먼저 실험을 위하여 샘플인 500원 동전 앞면(학 그림)과 뒷면(500 숫자)을 각각 표면 음향영상을 검출하여서 뒷면 영상은 동전을 뒷면에서 보았을 때 밀면에 나타나는 모양이 되도록 일부러 반전시켜서 영상을 표시하였다. 이 영상이 본 실험에서 비파괴 검사로 검출하려는 영상이다. Fig. 5와 Fig. 6는 각각 앞면과 뒷면의 음향영상을 보여 주고 있다.



Fig. 5 Acoustic image on front side

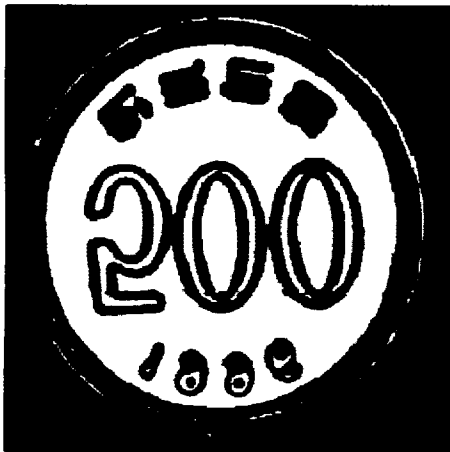


Fig. 6 Acoustic images on back side

영상을 분리 검출하기 위해서는 변환자에서 송출된 음향신호는 샘플인 동전표면을 통과한 후 밀면에서 반사되어 오는 신호를 시간차를 두어서 펄스로 게이트 하여서 이를 영상 처리하는 방법을 사용하였다. 여기서 신호의 다양성을 고려하여 게이트 펄스 위치와 폭을 여러 가지로 다양하게 검출하여 비교 분석하였다. Fig. 7는 입력펄스 및 반사 음향 신호와 그리고 게이트 펄스의 위치와 폭을 보여주고 있다.

입력 신호는 해상도를 높이기 위해서 임펄스를 사용하였고, 입력신호와 반사신호 사이에 존재하는 잡음을 제거하기 위하여 신호 제거 기능을 추가적으로

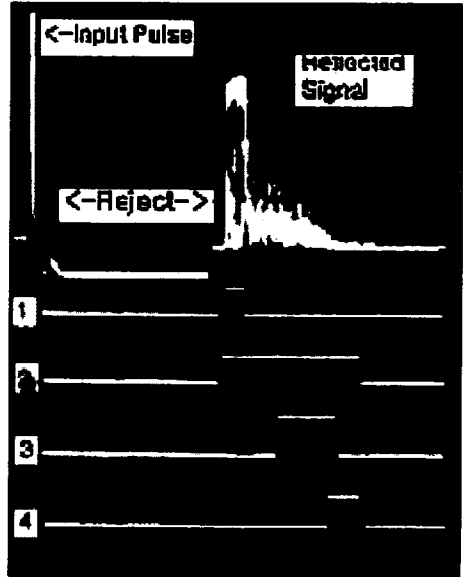


Fig. 7 Position of gating pulse

주어서 잡음 요인을 제거하였다.

첫 번째 게이트 펄스로는 반사신호 중에 제일 빠르게 도달되는 앞쪽의 신호만을 추출하여 영상 처리한 것이고 그 결과는 Fig. 8에서 보여 주고 있다. 이 영상에서 알 수 있듯이 주로 표면영상(학 그림)만이 추출되고 있음을 알 수 있다.



Fig. 8 Acoustic image getting from No.(1) of Fig. 7

두 번째 게이트 펄스는 반사 음향신호 세력의 전부를 취하여 영상 처리하였고 그 결과는 Fig. 9에서 보여주고 있으며 앞면(학 그림)과 뒷면(500 숫자) 모두가 포함되고 있음을 확연히 구별됨을 나타내고 있다.

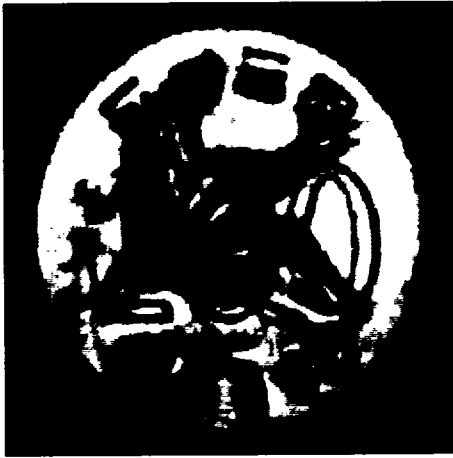


Fig. 9 Acoustic image getting from No.(2) of Fig. 7

세 번째 게이트 펄스로는 반사신호의 후반부를 취하여 영상 처리한 것으로 Fig. 10와 같다. 이 영상에서도 아직도 표면 영상이 많이 제거는 되었으나 아직도 상당부분 남아 있음을 확인 할 수가 있다.



Fig. 10 Acoustic image getting from No.(3) of Fig. 7

마지막 네 번째 게이트 펄스로는 반사신호의 후반부에 좁은 폭으로 게이트 하여 추출한 영상으로 Fig. 11와 같은 결과가 나타나고 있다. 이 결과에서 보여주는 것과 같이 검출한 여러 영상 중에 강력했던 표면 영상이 거의 사라지고 뒷면의 영상만이 추출되었음을 볼 수가 있으나 약간의 잔상이 남아 있고 해상도가 좀 떨어지는 것은 앞으로 좀더 연구할 과제이다.

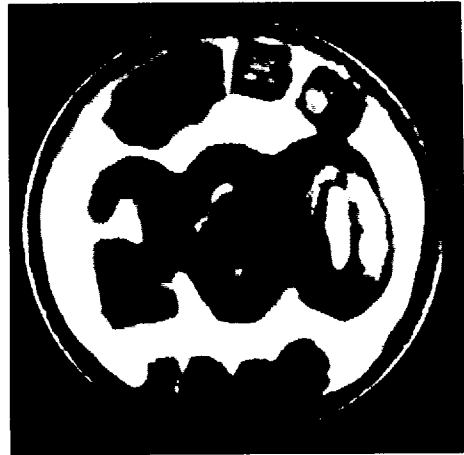


Fig. 11 Acoustic image getting from No.(4) of Fig. 7

V. 결 론

비파괴검사에서 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 표면 결함과 내부 결함 신호간에 간섭으로 나타나는 해상도 저하되는 문제점을 새로운 펄스 게이트 시간차 변별 방식을 제안하여 백동 500원 동전을 샘플로 실험하여 그 결과를 비교 검토하였다.

실험결과 기존에 연구 발표한 데이터 쓰레숄딩(Thresholding) 기법에 의해 처리한 영상보다 더 좋은 분리된 영상을 추출 할 수 있음을 본 연구를 통하여 확인하였다. 실험결과 표면 영상의 간섭을 최대한으로 배제할 수는 있었지만 아직도 표면영상의 잔상이 남아 있고 뒷면 영상의 해상도가 다소 떨어지고 있음을 아울러 확인 할 수가 있었다. 이는 앞으로 계

속하여 연구하여 개선할 과제이며 본 연구에서 제안된 시간 변별에 의한 영상 분리 기법을 비파괴 검사에 응용할 수 있는 기반을 마련하였다.

참고문헌

- 1) D. Rugar. 1984. "Resolution Beyond the Diffraction Limitation the Acoustic Microscope." J. Appl. phys. 56, pp. 1338-1342.
- 2) M. Waugh. 1976. "Acoustic imaging techniques for nondestructivetesting." IEEE Trans, Sonics and Ultrasonics, Vol. 32, No. 5, pp. 312-316.
- 3) B. T. Khuri-Yakub. 1984. "Surface Defect Detection Using Acoustic Microscope." Proc. IEEE Ultrasonics Symp. Vol. 2, pp. 580-587.
- (4) M. A. Breazeale. 1977. "Interaction of Ultrasonic Waves Incident the Rayleigh Angle onto a Liquid-solid Interface". J. Appl. Phys. 48, pp. 530-537.
- (5) A. Atalar. 1985, "Penetration depth of the Scanning Acoustic Microscope", IEEE, Trans. Sonics and Ultrasonics, Vol .su-32, No. 2, pp. 164-167.
- (6) 문건, 1988, "음향현미경 특성해석과 고체표면 및 내부 영상검출", 경희대학교 박사학위 논문집, pp. 1-134.
- (7) 문건, 1997, "음향파를 이용한 고체내부의 수직 측상에 존재하는 상이한 결합분리 검출에 관한 연구", 한국음향학회 논문지 제 16권, 8호, pp. 98-102