

초음파 영상 진단기의 발진모드별 R-TV 고무 내부의 온도변화 분포

조운재, 김용태, 윤용현

한국표준과학연구원, 물리표준부, 음향진동그룹

Spatial Distribution of Temperature Change in a R-TV Rubber for Diagnostic Ultrasonic Imaging System

Moon Jae Jho, Yong Tae Kim, Yong Hyeon Yun, and Sung Soo Jung

Acoustic & Vibration group, Physical metrology division, Korea Research Institute of standards and Science

요약

매질 내부로 전파하는 초음파는 점성손실(viscous loss), 열전도 손실(heat conduction loss) 등 다양한 상호작용을 통해 흡수되어 열에너지로 변환되기 때문에 매질 내의 온도 변화를 발생시킨다.

본 논문에서는 RTV 고무 내부에 47 개의 열전대를 장착하여 초음파 영상 진단기로부터 발생하는 초음파 음장에 따른 각 열전대의 채널별 온도변화의 측정결과를 제시하였다.

1. 서론

초음파의 위해성은 열적인 효과, 역학적인 효과 및 기타 효과 등 세가지로 분류할 수 있다. 열적인 효과는 초음파의 조사(irradiation)에 의해 인체 내부 조직(tissue)의 온도가 올라가는 현상을 나타내며, 역학적 효과는 초음파의 조사에 의해 인체 내부 조직의 파괴 또는 손상이 일어나는 현상을 말한다. 또한 기타 영향으로 진단용 초음파에 의한 태아 스트레스 등이 있다.

본 논문에서는 열적 효과를 알아보기 위해 초음파 진단기를 대상으로 초음파 세기에 의한 매질의 온도변화를 측정할 수 있는 방법에 대해 기술하고자 한다.

2. 이론적 배경

일반적인 열-유체 방정식으로부터 초음파 조사에 의한 매질

내의 에너지 흐름 방정식은 다음과 같다.[1]

$$\alpha IV - \rho c_p V \left(\frac{dT}{dt} \right) - \kappa A (T - T_0) = 0 \quad (1)$$

여기서 α 는 시료의 초음파 흡수계수, V 는 매질에 입사하는 초음파의 음향세기, ρ 는 밀도, c_p 는 매질의 비열, κ 는 부피, T 와 T_0 는 각각 임의의 시간 및 초기의 온도, A 와 V 는 각각 표면적과 부피를 나타내며, κ 는 열 전달 계수이다. 식 (1)의 첫 번째 항은 시료 내에서 초음파에 의해 생성되는 열에너지 흐름(thermal energy flow)이고, 두 번째 항은 시료에 축적되는 에너지 flux, 세 번째 항은 시료 밖으로 유출되는 열에너지 흐름이다. $T = 0$ 일 때 $T = T_0$ 의 초기 조건을 이용하면 식 (1)의 해는 다음과 같다.

$$\Delta T = T - T_0 = \frac{\alpha IV}{\kappa A} \left[1 - \exp(-t/\tau) \right] \quad (2)$$

여기서 시정수 $\tau = \rho c_p V / \kappa A$ 이다.

초음파 변환기에서 방사된 음파가 시료 내부에 배치된 어레이 열전대에 도달하는 음향세기는 식 (2)로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I(r) = \frac{\kappa A \Delta T(r, t)}{\alpha V \left[1 - \exp(-t/\tau) \right]} \quad (3)$$

여기서 r 은 각 열전대의 공간상의 좌표이다. 식 (3)에 나타난 바와 같이 초음파 음향세기 분포는 초음파가 진행하는 경로상에 위치한 어레이 열전대를 이용하여 각 위치에서의 온도 변화를 측정함으로써 결정할 수 있다는 것을 알 수 있다.

3. 측정장치

그림 1은 R-TV 고무내부에 열전대쌍을 어레이로 배열한 측정 장치의 측면 도면이다. 이 장치는 A: RTV-고무, B: J-형 (iron-constantan) 열전대의 47 채널 선형 어레이, C: 아크릴 하우징, D: 어레이 열전대 고정 장치 (세라믹 격자)로 구성되어 있다. 이 장치의 설계 변수들은 다음과 같다.

- a: 표면으로부터 열전대까지의 깊이 - 7 mm
- b: 열전대 고정장치 높이 - 50 mm
- c: 열전대 고정장치의 직경 - 90 mm
- d: 아크릴 하우징 내경 - 95 mm
- e: 아크릴 하우징 외경 - 110 mm
- f: 열전대 간격 - 1.65 mm
- g: 아크릴 하우징 길이 - 60 mm
- h: 아크릴 하우징 높이 - 70 mm

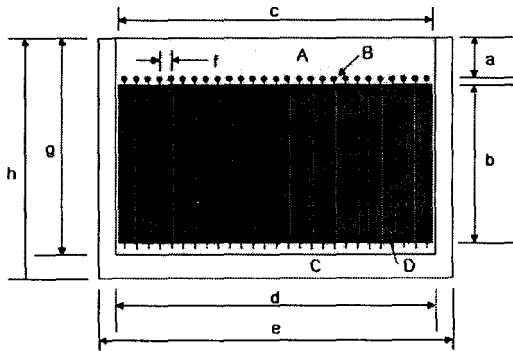


그림 1 어레이 열전대를 이용한 온도변화 측정 장치

4. 결과 및 논의

초음파 영상 진단기의 2D Mode 발진시 어레이 열전대들로 측정된 R-TV 고무 내부의 시간에 따른 온도변화 측정 결과는 그림 2와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 온도 증가가 클수록 흰색에 가깝고, 온도 증가가 적을수록 검은색에 가깝다. 각 모드별로 흰색이 나타나는 영역의 넓이가 서로 다르게 나타나며, 이는 각 모드별로 음향세기 분포가 서로 다를 것을 의미한다.

그림 3은 초음파 영상 진단기의 2D Mode 발진시 시작 시점(0 s)과 조사 시간이 400 s, 800 s, 1200 s, 1600 s 경과 후의 열전대 채널별 온도를 측정된 결과이다. 그림에 나타난 바와 같이 측정 결과는 0 mm 지점을 중심으로

비교적 대칭적인 온도분포를 보인다는 것을 알 수 있다. 이는 어레이 열전대로 측정된 온도 분포가 식 (3)에서 제시하는 바와 같이 초음파 음향세기에 비례하는 결과임을 의미한다.

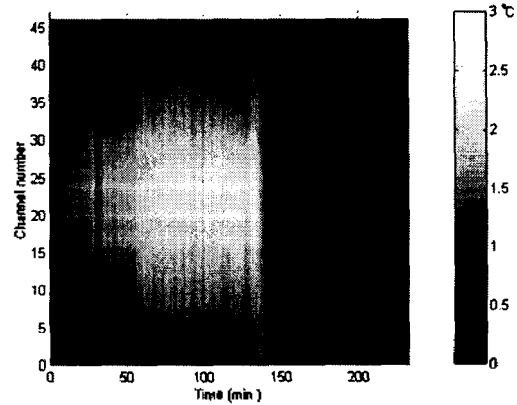


그림 2. 초음파 영상 진단기의 2D Mode 발진시 채널 별 시간에 따른 온도 변화 측정 결과.

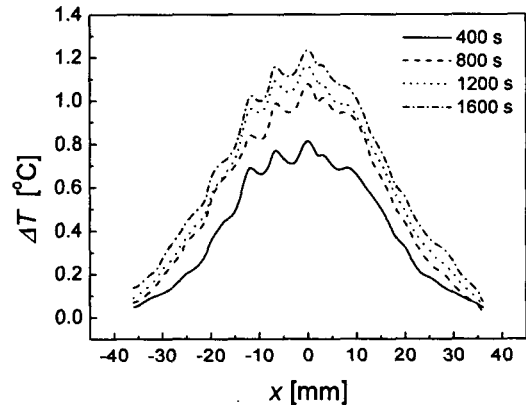


그림 3. 초음파 영상 진단기의 2D Mode 발진시 온도 변화 분포 측정 결과.

5. 결론

본 논문에서 제시한 어레이 열전대를 이용한 초음파 음장에 따른 채널별 온도변화 측정방법은 초음파 음장의 가시화 뿐만 아니라 물리적 특성을 규명하는데 매우 유용하게 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Y.T. Kim, et. al. "Ultrasound induced temperature rise of the tofu", Proceedings of ICA2004, 2, 1533(2004).