

# 초음파 혈전용해를 위한 멤브레인 자기변형 트랜스듀서의 적용 가능성 고찰

## Feasibility Study of a Membrane-type Magnetostrictive Acoustic Transducer for Ultrasonic Thrombolysis

김홍진† · 조승현\* · 김윤영\*\*

Hongjin KIM, Seung Hyun CHO, and Yoon Young KIM

### 1. 서 론

뇌혈관질환과 심장질환은 암과 더불어 3 대 사망 원인으로 꼽히는 중대한 질병으로 대표적인 원인은 주로 혈전이 혈관의 일부 또는 전부를 막은 상태인 혈전증(thrombus)과 색전증(embolism)을 들 수 있다.

이러한 질환의 치료를 위해 주로 tPA (tissue plasminogen activator)라는 약물을 이용한 혈전용해술(thrombolysis)이 사용되고 있으며, 몇몇 연구들을 통해 초음파의 적용이 tPA 의 혈전용해 성능 개선에 효과가 있음이 밝혀졌다. 병소(lesion)에 적절한 초음파를 적용하기 위한 방법으로는 다음의 3 가지가 연구되어 왔다; (1) 카테터(catheter)를 이용한 외부 가진의 적용, (2) 카테터 끝단의 트랜스듀서를 이용한 적용, 그리고 (3) 피부를 통한 직접적인 적용<sup>[1]</sup>.

이 중 두 번째 방법은 혈전의 빠른 용해가 가능하고, 혈전용해술의 결과로 발생하는 파편의 크기도 작으며, 카테터를 통해 약물의 전달이 가능한 장점이 있다. 또한 작고 유연한 카테터 덕분에 앞으로 더 작은 혈관에서도 그 응용 가능성이 주목되고 있다.

최근 카테터 끝단의 트랜스듀서를 이용한 임상장비가 상용화되었다<sup>[4]</sup>. 주로 압전소자(piezoelectric material)를 트랜스듀서로 사용하는데<sup>[3]</sup>, 작동을 위해서는 인체 내부로 고전압을 흘려 보내야 한다는 단점을 가지고 있다. 이는 치료가 수시간 진행되는 경우 환자에게 치명적일 수도 있기 때문이다.

이러한 단점을 극복하고자 본 연구에서는 압전소자와 비슷한 메커니즘을 가지고 있으면서 전류를 인체 내부로 흘려줄 필요가 없는 자기변형 현상(magnetostriction)을 이용하고자 한다.

이를 위해 멤브레인 자기변형 트랜스듀서를 제안하고 그것의 혈전용해술에의 응용가능성을 고찰해보고자 몇몇 실험을 수행하였으며, 이를 통해 제안된 멤브레인 자기변형 트랜스듀서의 진동이 효과적으로 수중으로 전파되는 것을 확인하였다.

### 2. 자기변형 트랜스듀서

자기변형은 강자성체 주변에 자기장의 변화가 있을 때 강자성체에 물리적 변형이 발생하는 연성효과를 의미한다<sup>[2]</sup>. 이러한 연성효과를 이용하면, 자기장을 이용해 비접촉으로 가진하는 것이 가능하다.

자기변형 트랜스듀서는 일반적으로 자기변형이 큰 물질과 동자기장을 인가하기 위한 솔레노이드, 그리고 바이어스자기장을 인가하기 위한 영구자석으로 구성된다. 바이어스자기장은 트랜스듀서의 민감도와 선형성을 증가시키기 위해 사용된다.

본 연구에서는 수중으로의 음향전달이 유리하도록 자기변형 물질을 외팔보 형태의 멤브레인으로 제작하였으며, 굽힘진동을 통해 반경 방향으로 음향방사가 가능하도록 각각 양의 변형률과 음의 변형률을 가지는 니켈과 Hiperco@50HS 를 접합하여 바이메탈을 구성하였다<sup>[5]</sup>.

전체적인 실험장치의 구성을 Fig. 1 (a)에 나타내었다. 각각 0.15 mm 두께의 니켈과 Hiperco@50HS 를 같은 크기(19 mm × 2.5 mm)로 재단한 후 에폭시로 접합하여 바이메탈을 만들고, 영구자석(8 mm × 4 mm × 25 mm)의 한쪽 면에 10 mm 가 돌출되도록 부착하였다. 이렇게 구성된 트랜스듀서는 위와 아래에서 클램프하여 고정하였다.

†교신저자; 서울대학교 기계항공공학부 대학원

E-mail: hjkim@idealab.snu.ac.kr

Tel: (02) 880-1688, Fax: (02) 872-5431

\* 한국표준과학연구원

\*\* 서울대학교 기계항공공학부

차세대 자동차 연구 센터

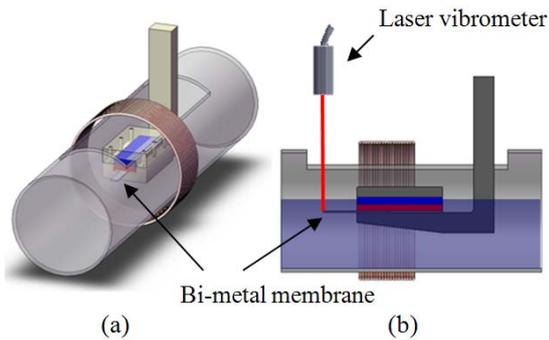


Figure 1. (a) Schematic of experimental setup and (b) Method to measure underwater acoustic wave generated by magnetostriction.

### 3. 실험

제안된 트랜스듀서의 수중 음향 방사 특성을 고찰하고자 하였으나, 종래의 하이드로폰이 트랜스듀서에서 방사된 음파와 솔레노이드에서 방사된 전자기적 신호를 구분해내지 못한다는 제약이 있었다. 이에 실험장치를 Fig. 1 (b)와 같이 구성하고 레이저 변위계를 이용해 수면의 진동변위를 측정하여, 음향 방사를 간접적으로 확인하였다.

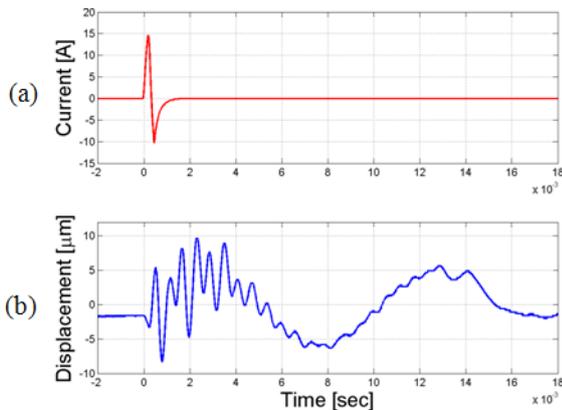


Figure 2. Real time signal of (a) the input current and (b) the displacement variation resulted from water surface vibration.

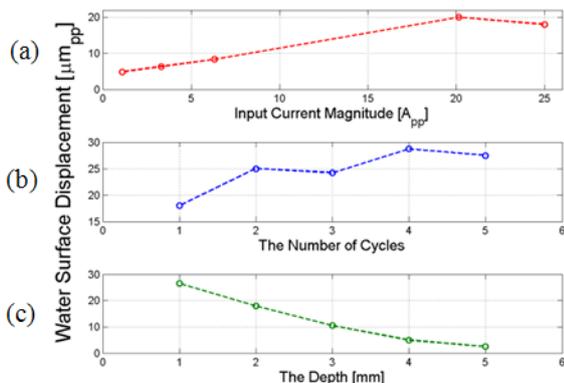


Figure 3. Peak-to-peak displacement of water surface vibration effected by (a) the input current, (b) the number of cycles, and (c) the depth of water

Figure 2 는 정현파 버스트(burst) 입력신호와 그에 따른 수면의 진동변위를 나타낸다. 음향방사가 잘 일어나는 것을 확인한 후, 다음 세 가지 변수를 변경해 가면서 그 영향을 고찰하였다; (1) 입력전류의 크기, (2) 입력 정현파의 개수, 그리고 (3) 깊이.

그 결과를 Fig. 3 에 나타내었다. 먼저 입력전류를 증가시키면 음향의 세기도 선형적으로 증가하며, 일정한 크기 이상에서는 포화되는 양상을 확인할 수 있었다. 다음으로 버스트 주기의 개수를 증가시킬 경우 해당 주파수 성분이 많아짐으로 인해 음향 신호의 크기에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 마지막으로 음향의 전파거리의 경우 실제 응용에서는 1~2 mm 이내의 매우 근접한 부분까지만 관심이 있으나, 실험결과 5 mm 거리에서도 신호가 감지됨을 확인할 수 있었다.

### 4. 결론

본 연구에서는 멤브레인 자기변형 트랜스듀서를 제안하고, 그것의 혈전용해술에의 응용가능성을 가늠해 보기 위한 실험들을 실시해 보았다. 이러한 자기변형 트랜스듀서의 가장 큰 장점은 인체 내부로 고전압을 흘려줄 필요가 없다는 것이다. 제안된 멤브레인 자기변형 트랜스듀서는 수중에서도 훌륭한 음향 방사 능력을 보여주었으며, 앞으로 소형화의 가능성도 매우 크기에 초음파를 이용한 혈전용해술에의 응용 가능성이 충분하다고 생각된다.

### 후 기

본 연구는 과학기술부 창의적 연구 진흥 사업 (과제번호: 2009-0083279)과 WCU(과제번호: R31-2009-000-10083-0)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

- [1] Atar S., Luo H., Nagai T., and Siegel R. J., 1999, " Ultrasonic thrombolysis: Catheter-delivered and transcutaneous applications" , European J. Ultrasound, vol. 9, pp. 39-54.
- [2] Jiles D. C., 1995, " Theory of the magnetomechanical effect," J. Phys. D., vol. 28, pp. 1537-1546.
- [3] Tachibana K. and Tachibana S., 1997, " Prototype Therapeutic Ultrasound Emitting Catheter for Accelerating Thrombolysis" , J. Ultrasound Med., vol. 16, pp. 529-535.
- [4] <http://www.ekoscorp.com>
- [5] <http://www.carttech.com>