

아몰퍼스 자왜 와이어의 센싱기능에 관한 연구
A Study on the Sensing Function
of Amorphous Magnetostrictive Wire

*조남희, 신용진(명지대학교)

서강수(생산기술연구원), 임재근(충북전문대학), 문현욱(동원전문대학)

*Nam-Hee Cho, Yong-Jin Shin

Kang-Soo Seo, Jae-Geun Im, Hyun-Wook Moon

Abstract

In this paper, we mention the study on the sensing function of amorphous magnetostriction wire with about $125\mu m\phi$ in diameter. The wire is fabricated by using injection and quenching method under the high speed rotating water flow. The wire's composition is $(Fe_{75}Co_{25})_{77}Si_8B_{15}$, and generates sharp Matteucci voltage by large Barkhausen jump effect even in the weak magnetic field.

In this study, we don't use pick-up coil. Instead, we apply external magnetic field of 3.6Oe in the direction orthogonal to the wire. Then, we detect Matteucci voltage of 1.1mV to both side of 20cm amorphous-wire. Thus, we find that the fabricated wire has the function necessary as the high sensitive sensor material.

1. 서론

1847년 C.H.Matteucci는 퍼멀로이와 같은 와이어에 응력을 가하면서, 시료의 길이방향으로 교류자계를 인가하여 시료양단간에 펄스상의 교류전압이 발생한다는 사실을 발표하였다.¹⁾ 이 현상은 결정질자성체에서는 그 현상이 미약하기 때문에 연구자들에게 그다지 관심을 끌지 못하였다. 그러나, 비정질와이어에 관한 연구가 진행되면서 부터, 비정질와이어에 열처리나 비틀림응력 등을 가하고, 와이어의 길이방향으로 약한 교류자계를 인가하므로써, 와이어 양단에 현저한 펄스상의 예리한 전압이 발생하는 현상을 발견하였다. 즉, 자왜가 있는 와이어는 약한 자계중에서 큰 Barkhausen jump에 의한 예리한 펄스전압이 발생하는데, 이것을 Matteucci효과라고 하며, 그 유기전압을 Matteucci전압 이라고 한다. 이 후, Matteucci효과는 비정질와이어의 자기특성연구는 물론 센서소자로서 많은 연구자들로 부터 주목되어 오고 있다. ^{2)~7)}

본 연구는, 먼저 정해진 조성의 $(Fe_{75}Co_{25})_{77}Si_8B_{15}$ 비정질자왜와이어를 제작하고, 시료와이어에 대한 Matteucci효과를 측정하여, 센서소자

로서의 가능성을 확인하였다.

2. 시 료

이미 정자와 조성으로 알려진 $(\text{Fe}_{75}\text{Co}_{25})_{77}\text{Si}_{18}\text{B}_{15}$ 를 선정하고, 고주파유도로에서 용해시킨 합금 용액을, 노즐을 통하여 고속회전(약 560rev/min)하는 수류중에, 분사급냉법으로 선경 약 $125\mu\text{m}\phi$ 의 비정질와이어를 제작하였다. 그림 1은 본 연구를 위해서 제작사용한 초급냉 비정질자왜 와이어 제작장치의 개략도이다.⁶⁾

한편, 비정질자왜체는 결정에 의한 자기이방성을 갖지 않고, 또 열적으로 불안정하기 때문에 그 자기특성은 열처리에 의해서 크게 변화한다. 본 연구에서는, 비정질와이어제작시 내부에 가해지는 응력을 완화하고, 또 자기이방성을 유도하기 위하여, 비정질와이어에 약 150Oe의 자계중 열처리를 하였다.⁷⁾ 한편, 열처리를 할 때, 그 시료의 결정화온도를 넘게 되면, 시료중에 결정이 형성되어, 보자력 H_c 가 증가하는 경우가 있기 때문에, 이 결정화온도 이하에서 열처리를 하였다. 그림 2는 자계중 열처리로의 개략도를 나타낸 것이다.^{8~10)}

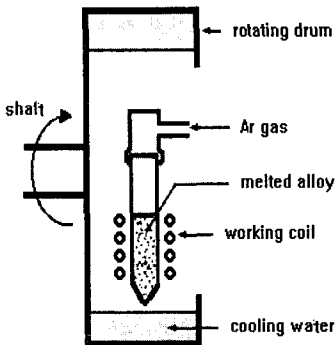


Fig. 1. Schematic illustration of fabrication apparatus of amorphous-wire.

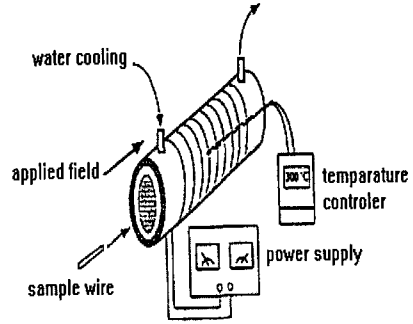


Fig. 2. Configuration of annealing furnace in magnetic field.

3. 실험 및 결과

그림 3은 아몰퍼스자왜 와이어의 Matteucci전압을 측정하기 위한 장치의 개략적인 배치도이다.

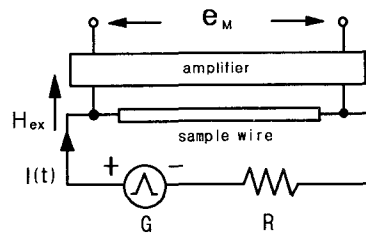
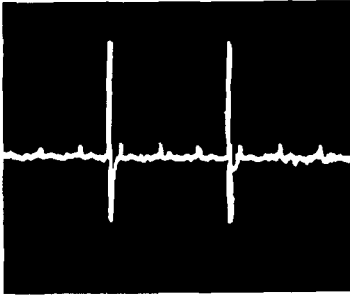


Fig. 3. Configuration of measuring device.

먼저, 위에서 제작한 시료 와이어에 수직방향으로 $H_{ex}=3.6\text{Oe}$ 의 교류자계를 인가하고 와이어 양단의 전압, 즉, Matteucci전압 e_M 을 측정하였다. 주파수는 $1\text{Hz}\sim 10\text{kHz}$ 로 하였으며, 그림 4는 10Hz 의 교류자계에 의해서 유기된 e_M 의 펄스파형이다. 그림에서 보는 바와 같이, 3.6Oe 의 인가자계로 $V_{max}\approx 1.1\text{mV}$ 의 jitter가 거의 없는 예리한 펄스상의 전압을 얻었다. 이것은 앞에서 언급한 바와 같이, 약한 자계에 의해서도 큰 Barkhausen jump가 나타났기 때문인 것으로 판단 된다.²⁴⁾



$$H_{ex}=3.60e \quad V_{max}=1.1mV$$

Fig. 4. Waveform of Matteucci voltage (f=10Hz).

그림 5는 와이어 길이에 대한 e_M 마테우찌 전압의 주파수 특성을 보인 것이다.

즉, 주파수의 증가와 함께 e_M 은 증가하고 있으나, 8kHz에서 최대가 되고, 10kHz를 넘어서는 저하 하였다. 이것은 고주파에 의한 표피효과 영향으로써, 유도전류가 와이어의 표면으로 집중되어, Barkhausen효과가 현저히 감소하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 와이어의 길이에 대해서는 길이가 길수록 e_M 의 증가가 나타나 있으나, 5cm이하에서는 e_M 이 거의 측정되지 않았다. 이것은 짧은 와이어의 내부에 나타나는 반자계 H_d 에 의한 것으로써, 길이가 짧을 경우, Barkhausen효과의 생성조건 $H^* - H_c \geq H_d$ 에 반하여, 감자계가 오히려 크기 때문인 것으로 판단된다. 여기서 H^* 는 한계자계이고 H_c 는 보자력이다.

그림 6은 회전응력에 따르는 e_M 의 주파수 특성을 보인 것이다. 그림으로부터 알 수 있는 바와 같이, 회전응력을 주기 위하여, 시료와이어를 20turn/m로 꼬았을 때 가장 큰 e_M 을 얻을 수 있었다. 이것은 회전응력에 의하여, 역자구의 생성한계자계 H^* 가 자벽의 에너지밀도와 더불어 증가하기 때문에, e_M 이 증가하는 것으로 알려져 있다.⁵⁾

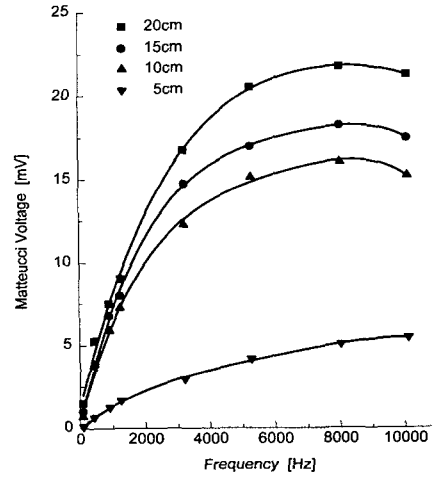


Fig. 5. Relation of frequency to Matteucci voltage with wire length.

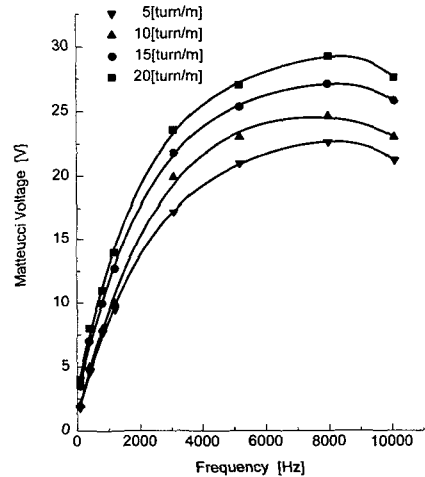


Fig. 6. Relation of frequency to Matteucci voltage with torsion of wire.

4. 결론

이상과같이, 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 3.60e의 교류자계에 의하여 $V_{max} \approx 1.1mV$ 의 jitter가 거의 없는 예리한 펄스전압을 얻었다. 이것은 약한자계에 의한 큰 Barkausen jump의 결과에 의한 것으로 생각된다.
- 2) 와이어의 길이가 짧을 경우에는(약 5cm이하)

와이어의 반자계의 영향으로 Matteucci전압의 크기가 감소하는 것을 확인 하였다.

- 3) 와이어에 회전응력을 주었을 경우 내부응력의 증가에 의하여 Matteucci전압이 증가하며, 20turn/m인 경우 8kHz근방에서 $e_M=29\text{mV}$ 의 전압을 얻을 수 있었다.

따라서, 위의 결과로 부터 알 수 있는 바와 같이, 약한 자계중에서도 자화반전에 의한 예리한 펄스전압의 발생으로 판단 된다. 이는 큰 Barkhausen jump에 의한 Matteucci전압의 발생으로서, 고감도 검색센서 소자로서의 충분한 특성을 갖추고 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. C.H.Matteucci ; Ann.Chem.Phys., (53), 387 (1858)
2. K.Mohri ; IEEE Trans. Magn MAG-21, 2017 (1985)
3. 毛利, 木下, 眞鍋, 川本, 山崎 ; 日本應用磁氣學會誌, (10), 253 (1986)
4. F.B. Humphrey ; IEEE Trans. Magn MAG-26, 1789 (1990)
5. J.Yamasaki, Y.Ohkubo and F.B.Humphrey ; J.Apply.Phys., 67, 5472 (1990)
6. J.Yamasaki ; 日本應用磁氣學會誌, 16,(1), 14 (1992)
7. M. Takajo ; IEEE Trans. Magn MAG-29, 2545 (1993)
8. 高城 實, 山崎二郎, 小笠原勇, 八木正昭 ; 日本應用磁氣學會誌, (10), 253 (1986)
9. 愼鏞璉 外 2人 ; “아몰퍼스 자왜 와이어의 제작과 센서특성”. 産業技術研究所論文集, 14, 42 (1995)
10. 愼鏞璉 外 2人 ; “비정질 와이어의 자기특성 측정시스템”. 産業技術研究所論文集, 15, 287 (1996)