

아몰퍼스 자왜 와이어의 제작에 관한 연구

A Study on the Fabrication of Amorphous Magnetostrictive Wire

김대주, 정왕일, *조남희, 신용진 (명지대학교)
강재덕 (대우고등기술연구원)

Dae-Joo Kim, Wang-Il Jung, *Nam-Hee Cho, Yong-Jin Shin (Myong-Ji Univ.)
Jae-Duck Kang (I.A.E)

ABSTRACT

This paper is concerned with the fabrication of (Fe,Co)-Si-B amorphous magnetostrictive wire which attracts strong attention as a new sensor material. First, we put the ingot of $(Fe_{1-x}Co_x)_{77}Si_8B_{15}$ composition into quartz tube. Then, under the condition of 400MHz and 8kW, we melt and mix the ingot in the high frequency induction furnace. After that, we obtain the magnetostrictive wire of 100~150 μ m in diameter by injection and rapid quenching within the high rotating water. Finally, we find that the wire is under the amorphous state.

1. 서 론

자성체의 감성기능에 대한 응용의 역사는 오래되었으나, 1970년도 중반에, 액체급냉법에 의한 아몰퍼스 자성체가 개발되고, 그 자기적성질의 해명연구가 진행되는 과정에서, 센서로서의 우수한 특성이 발견되었다. 그리고, 또 응용분야에서의 다양화 추세에 따라 그 응용개발이 급속히 진전되고 있다.

그 중에서도 수중초급냉법으로 만들어지는 아몰퍼스 자왜와이어는 비열처리상태에서도 뚜렷한 Barkhausen효과와 Matteucci효과를

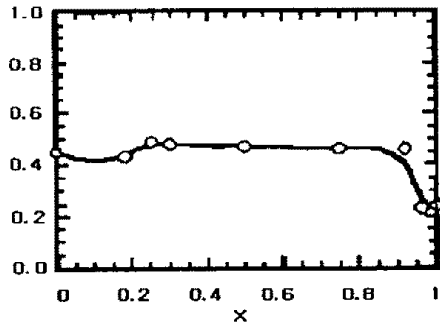
갖는 것으로 보고되어 있다. 특히 미약자계에 의해서도, 주파수에 관계없이 예리한 펄스전압을 발생하여, 최근, 이를 검색용 센서 소재로서 응용실용화가 되고 있다.

본 연구에서는, 센서소재로서의 응용연구를 전제로하여, 고속회전수류중 초급냉법으로 선경 100~125 μ m의 와이어를 제작하였으며, 그에 대한 아몰퍼스상태를 확인하였다.

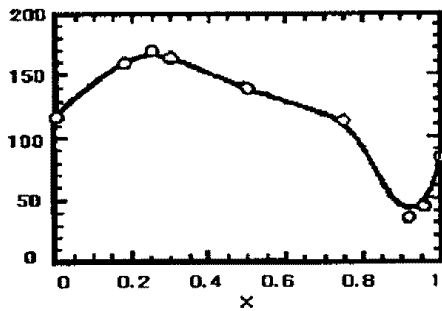
2. 시료의 조성

정자왜($\lambda_s \approx 30 \times 10^{-6}$)를 갖는 (Fe,Co)-Si-B계에서, 미약자계에 의해서도 우수한 연질자기 특성을 나타낼 수 있는 최적의 조성비를 실험선정하였다.

본 연구에서는 정자왜를 갖는 $(Fe_{1-x}Co_x)_{77}Si_8-B_{15}$ 조성을 기본영역으로 선택하였다. 여기서 x값의 변화는 Fe원자의 자기모멘트값의 변화를 초래하기 때문에 전체적인 자기특성과 자왜값에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 x=0. 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 및 1.0의 영역을 선택하여 자기특성의 조성의존성을 조사하였다.



(b) 조성비 x와 각형비 Mr/Ms



(a) 조성비 x와 자화반전자계 Hc

그림 1. 자기특성의 조성의존성

Fig.1. Composition dependence of magnetic properties.

그림 1은 $(Fe_{1-x}Co_x)_{77}Si_8B_{15}$ 계에서 x값에 따른 자기특성의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, $0 < x < 0.94$ 에서 자화반전자계 H_c 의 변화와 각형비 M_r/H_s 의 변화를 보인 것이다.

따라서, 본 연구에서는 위의 조성을 중심으로, 미약자계에 대해서도 우수한 열적 자기특성을 나타낼 수 있는 최적의 조성비($x=0.25$)를 실험을 통하여 선정하였으며, 최적 조성은 $(Fe_{77.5}Co_{25})Si_8B_{15}$ 로 하였다.

3. 아몰퍼스 와이어의 제작

위에서 정해진 조성의 시료를 고주파유도로에서 용해시킨 합금용액을 노즐을 통하여 고속회전하는 수류중에 분사급냉법으로 선경 약 $100 \sim 150 \mu m$ 정도의 아몰퍼스 와이어를 얻었다.

그림 2는 본 연구를 위해서 제작 사용한 초급냉 아몰퍼스 자왜와이어 제작장치의 개략도이다.

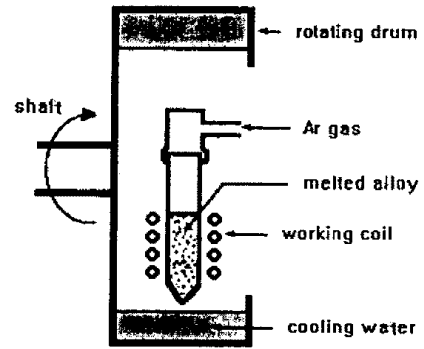


그림 2. 아몰퍼스 와이어의 제작장치 개략도

Fig. 2. Schematic illustration of fabrication of amorphous wire.

제작시 용융합금의 산화를 방지하기 위하여 N_2 분위기에서 용해시켰으며, 합금용액의 분사는 Ar가스를 사용하였다.

아몰퍼스 와이어의 제작시 노즐로부터 분출되는 액체금속의 온도는 아몰퍼스형성에 중요한 인자가 되기 때문에, 본 연구에서는 광학온도계를 이용하여 $1000^\circ C$ 로 유지하도록 하였다.

4. 아몰퍼스상태의 확인

제작된 시료가 미소한 결정입자를 포함했을 때는, 그것을 정확히 확인하는 것은 불가능하다. 그러나, 시료의 아몰퍼스상태를 확인하는 방법은 몇 가지 있으나, 본 연구에서는 진동시료형자력계(VSM)를 이용하여, 아몰퍼스상태를 판별하는 방법을 사용하였다. 이 방법에서도 미소한 결정입자는 검사할 수 없는 것으로 생각 되지만, 비교적 정확도가 높은 것으로 알고 있다.

VSM은 전자석으로 일단, 시료를 자화한 후, 전자석의 전원을 끊고, 전자석의 잔류자속상태에서 시료를 상하로 80Hz의 주파수로 조금 진동시키면, 시료의 진동에 의하여 생기는 자계의 변화를 시료의 근방에 설치한 검색 코일로 교류신호를 검출하여, 시료의 자화를 측정한다. 이 신호는 진동막대에 직결된 기준자석에 발생하는 기준신호와 비교되고, lock-in amp로 80Hz의 교류신호를 검출하기 때

문에, 미약한 자화의 측정이 가능하다. 시료는 5mm 정도의 길이로 잘라서 캡슐에 넣고, 진동중에 움직이지 않도록 석면으로 고정하였다. 검출감도를 높이기 위하여, 20편 정도를 함께 넣고 측정하였다. 여기서의 측정은 큐리온도와 결정화온도 사이의 자화의 실온에 대한 값으로서 아몰퍼스상태를 판별하는 것이 목적이므로, 자화의 절대치는 측정하지 않았다.

직경 약 125 μ m의 시료와이어에 대한 자화의 온도특성은 다음과 같이하여 얻었다. 승온은 실온으로부터 700 $^{\circ}$ C까지 약 두시간 걸려서, 진공중(약 10^{-3} Torr)에서하였다. 자화는 온도와 함께 내려가 큐리온도 $T_c=412^{\circ}$ C에서 0이 되었다. 온도가 상승하면 자화는 0의 상태를 잠시 지속하다가, 결정화온도 $T_x=520^{\circ}$ C에서 결정화가 시작되고, 다시 자화가 증가한다. 비결정질의 일부에 미소한 결정입자 등이 포함되면, 결정질의 큐리온도가 비결정질의 그것 보다 높기 때문에, T_c 와 T_x 의 사이에서 자화가 0이 되지는 않는다. 이 사실로부터, 이 시료가 실질상 아몰퍼스상태로 되어있는 것으로 판별할 수 있다. 이와같이, 아몰퍼스상태의 큐리온도가 결정화온도보다 낮은 시료에서는, 자화의 온도특성으로부터 아몰퍼스상태를 X선회절분석 등에 비하여 정확하게 판별할 수가 있다.

5. 결 론

이상과 같이, 회전수류중 방출급냉법으로 선경 약 125 μ m의 와이어를 제작하고, 아몰퍼스상태를 확인한결과,

1) 잔류자화상태에서 측정한 자화의 온도에 대한 변화를 조사하여, 큐리온도로 부터 결정화온도의 사이에서 자화가 거의 0이되는 영역의 것을 얻을 수 있었다. 이에 의해서 시료와이어가 거의 완전한 비결정상태임을 알았다.

2) 이 측정에서, 큐리온도 T_c 와 결정화온도 T_x 는, 각각 $T_c=412^{\circ}$ C 와 $T_x=520^{\circ}$ C로서, 실온에서의 사용에 관해서는, 실용상, 포화온도의 저하나 결정화에 의한 자기특성의 열화(특

성이 떨어짐) 등도 없을것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) K.Mohri ; Proc.of Rapidly Quenched Metals Conf.184, 1687-1690 (1984)
- 2) K.Mohri ; IEEE Trans. Magn., MAG-20, 942 (1984)
- 3) J.Yamasaki, Y.Ohkubo and F.B.Humphrey ; J.Appl.Phys., 67, 5472 (1990)
- 4) K.Mohri ; Proc.of MRS Spring Meeting '91 (1991)
- 5) J.Yamasaki ; 日本應用磁氣學會誌, 16,(1), 14 (1992)
- 6) M.Takajo, J.Yamasaki and F.B.Humphrey ; IEEE Trans., Magn., 29, (5) (1993)
- 7) D.Atkinson, P.Squire, M.Gibbs and J.Yamasaki ; IEEE Trans., Magn., 29, (5) (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,17, (2) (1994)
- 9) 愼鏞璉 外 2人; “아몰퍼스 박막의 자기특성에 관한 연구”, 明知大學校 産業技術研究所 論文集 13, 88 (1994)
- 10) 愼鏞璉 外 2人; “아몰퍼스 자왜 와이어의 제작과 센서특성”, 明知大學校 産業技術研究所 論文集 14, 42 (1995)