

비정질합금의 고주파 자기이력곡선 측정

한국표준연구소
Physikalisch-Technische Bundesanstalt손 대락*, 김 창석
Johannes Sievert

High Frequency Hysteresis Loop Measurement of Amorphous Alloy

Korea Standards Research Institute D. Son*, C.S. Kim
Physikalisch-Technische Bundesanstalt Johannes Sievert

1. 서 론

비정질 자성재료는 결정질 자성재료와 달리 전기적 비저항이 비교적 크고, 거시적인 자기결정방성(magnetic crystalline anisotropy)이 없고, 그레인경계(grain boundary)가 없다. 따라서 비정질 자성재료는 교류자화과정에서 와전류효과가 적고 자구벽(magnetic domain wall)의 이동도가 크기때문에, 높은 주파수의 교류자화과정에서도 철손이 비교적 적어서 전원장치의 소형화, 센서의 동특성 향상 등에 활용되고 있다. 본 연구에서는 측정주파수가 10 kHz - 100 kHz 범위에서 단일비정질리본을 사용하여 교류자기이력 특성을 측정하는 장치를 제작하였다.

2. 측정장치 제작

고주파 자기이력곡선 측정장치를 제작할 경우 우선 고려되어야 할 점은, 시편을 자화 시키기 위하여 솔레노이드에 인가되는 전력증폭의 출력전압 V_1 이다. 시편을 포화자화시키기 위한 flux linkage $\Gamma = \int V_1 dt = 2N_1 A_s B_s$ 로서, 여기서 N_1 은 일차코일의 권선수, A_s 는 시편의 단면적, 그리고 B_s 는 시편의 포화자속밀도이다[1]. 따라서 자화주파수가 높아지면 그에 비례하여 전력증폭기의 출력전압을 높여야 하는 어려움이 있다. 본 실험에서는 비정질리본의 두께가 20 μm - 40 μm 이고 폭이 1 cm 미만인 시편에 대하여 주파수가 100 kHz 까지 측정가능하게 설계 하였다. 코어를 자화시키기 위한 코일former는 길이가 90 mm, 폭이 18 mm, 두께가 1.5 mm 였으며, 이 former에 두께가 0.5 mm이고 폭이 2 mm인 각형 코일을 78회 권선하였다. 또한 시편의 자속밀도를 측정하기 위한 이차코일은 직경이 0.24 mm ϕ 에나멜선을 솔레노이드 중심부 30 mm에 50회 권선하였다. 한편 시편의 폭이 넓을 경우 demagnetizing factor의 보정이 어렵기때문에 두께가 0.05 mm 인 Mu-metal 을 사용한 내경이 90 mm, 외경이 130 mm 인 C-C cut core 를 yoke 로 사용하였다.

측정장치의 개략도는 Fig. 1 과 같이 구성하였다. 공기자속의 보상은(air flux compensation) 이차코일에 유도된 기전력을 적분한후, 일차코일에 흐르는 전류를 셉트저항을 사용하여 전압으로 변환시키고, 그 전압을 적분기의 출력단에 연결하고 시편이없을때 B-Channel의 출력전압이 0 이되게 조절하였다. 자기이력특성의 계산은 분해능이 12 bit 이고 conversion rate가 10 MHz 인 transient recorder (Nicolet model 4094C) 를 사용하여 B, H 신호를 digitize 하고 메모리에 저장한후, IEEE-488 Bus를 통하여 컴퓨터(hp 9826)로 입력하여 교류자기이력특성인 B_r , H_c , B_{max} , H_{max} , B_r/B_{max} 를 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2 는 Co-계열의 비정질합금(VITROVAC[®] 6030)을 자화주파수를 20 kHz 에서 100 kHz 까지 20 kHz 식 증가시키면서 측정한결과이다. 자화주파수가 증가함에 따라서 자구벽의 이동효과나 와전류 효과 등에 의하여 보자력 H_c 가 증가하나 B-H loop의 형태는 유사함을 알 수 있다. Fig. 3 은 이 시료를 자장중열처리한 재료(VITROVAC[®] 6030Z)를 100 kHz 에서 측정한 결과로 $B_r/B_{max} \approx 1$ 이나, B-H

loop 의 2 상한과 4 상한에서 domain nucleation 현상이 있음을 알 수 있다. Fig. 4 는 2605Co 재료에 대하여 측정된 결과로, 자기이력곡선의 형태가 자화주파수가 20 kHz에서 40 kHz 증가될때 변화됨을 알 수 있다.

4. 결론

비정질 리본을 자화주파수가 10 kHz - 100 kHz 범위에서 교류자기이력 특성인 B_r , H_c , B_{max} , H_{max} , B_r/B_{max} 을 측정하는 장치를 제작하였다. 제작된 고주파 자기이력곡선 측정장치를 사용하여 시판되는 비정질 리본에 대하여 측정을 하였으며, 비정질 합금은 높은 자화주파수영역에서도 좋은 연자성을 나타내었다. 제작된 고주파 자기이력곡선 측정장치는 자화주파수와 샘플링펄스가 synchronize 가 되지않아서 철손의 측정이 어려우나, 앞으로 이를 개선하여 철손측정이 가능하도록 할 계획이다.

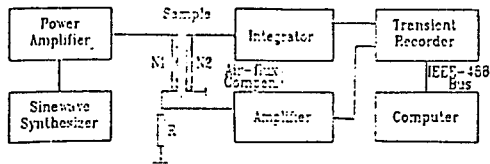


Fig.1. Schematic diagram of the high frequency B-H loop tracer.

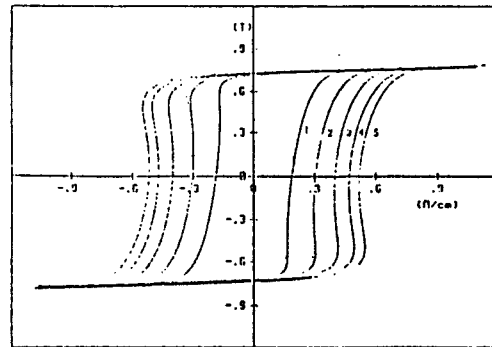


Fig.2. AC B-H loop of the VITROVAC[®] 6030 at 1: 20 kHz, 2: 40 kHz, 3: 60 kHz, 4: 80 kHz 5: 100 kHz.

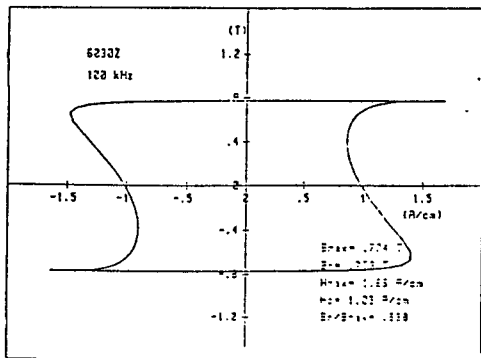


Fig.3. AC B-H loop of the VITROVAC[®] 6030Z at 100 kHz.

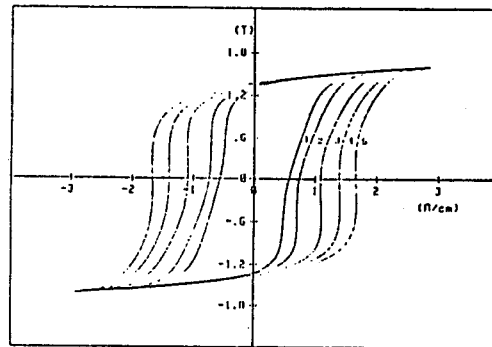


Fig.4. AC B-H loop of the 2605Co at 1: 10 kHz, 2: 20 kHz, 3: 40 kHz, 4: 60 kHz, 5: 100 kHz

5. 참고문헌

[1] J. K. Watson, Application of Magnetism, John Willey & Sons (1980).