

강자성웨리트의 자화-온도특성과 큐리온도결정

장경훈, 김려병

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《새 재료부문을 발전시키지 않고서는 전자공업을 주체적으로 발전시킬수 없고 기계공업의 현대화를 실현할수 없으며 최신과학기술을 전반적으로 발전시킬수 없습니다.》

(《김정일선집》 증보판 제15권 487페이지)

강자성체의 중요한 특징의 하나는 온도가 올라감에 따라 자발자화가 점차 작아져 일정한 온도(큐리온도)에 이르면 자발자화가 없어지는것이다. 이러한 립계온도에서는 강자성상태가 상자성상태로 넘어가는 구조상전이이 일어난다.[2]

강자성체의 자화-온도특성을 연구하는것은 강자성체의 동작온도를 결정하는 측면에서도 중요하지만 구조상전이이과정에 대한 리론적연구를 실험적으로 확증하는 측면에서도 중요하다. 강자성체의 큐리온도를 측정함으로써 리론적으로 예측한 스핀들사이의 교환호상작용의 크기를 확증할수 있다.

론문에서는 강자성웨리트의 자화-온도특성을 연구하기 위한 측정장치를 개발하고 조명기구전원용 Mn-Zn계웨리트의 자화-온도특성과 큐리온도를 결정하였다.

1. 강자성웨리트의 자화-온도특성측정장치

강자성웨리트의 자화-온도특성측정장치는 시편가열함과 온도조종장치, 리력곡선측정장치와 리력곡선현시장치로 구성되어있다.(그림 1)

시편가열함을 제작하는데서 먼저 고려해야 할것은 시편의 온도를 정확히 측정할수 있는 온도수감부를 선택하는것이다.

저항온도결수가 크고 저항-온도특성이 안정한 Pt100형수감부(저항온도계)를 리용하여 시편의 온도를 측정하였다.[3]

Pt100의 동작온도구간은 $-200^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$ 로서 매우 넓다. 좁은 온도범위에서 Pt100형수감부의 저항특성은 거의 선형적이다. 그러나 넓은 온도범위에서는 비선형성으로 인한 오차가 생길수 있다. 백금수감부는 저항-온도특성이 높은 선형성을 가지므로 A/D(상사-수자)변환기와 결합하기 쉽다. Pt100은 시편가열함의 옷뚜껑에 고정하였으며 수감부는 시편가열함내부의 중간위치근방에 놓여있다.

시편가열함의 입구전압은 220V이며 최대출력은 300W이다. 시편가열함의 전력조종회로를 그림 2에 보여주었다.

시편가열함에 입력되는 전력은 조종용정류소자(SCR)를 리용하여 조종하였다.

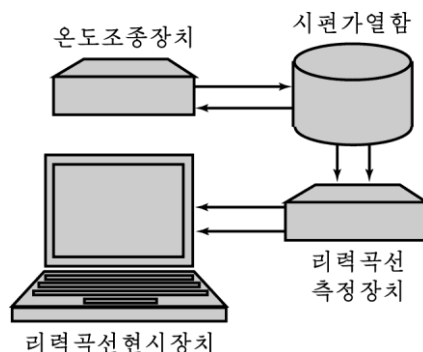


그림 1. 강자성웨리트의 자화-온도 특성측정장치의 구성도

조종용정류소자는 조종극에 입력되는 신호에 따라 소자가 열리게 되어있다. 조종용정류소자의 아래쪽에 붙어있는 가변저항 R_g ($50k\Omega$)와 저항 R_1 , 콘덴사 C 에 의하여 SCR

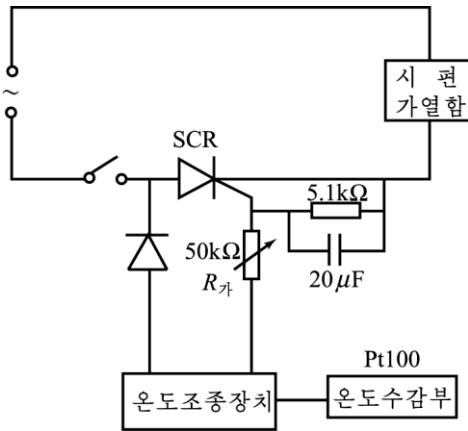


그림 2. 시편가열함의 전력조종회로

의 조종극에 입력되는 신호의 위상이 결정된다. 가열함온도조종장치는 온도조종전용모듈인 XMTD수자식온도조종기를 리용하여 제작하였다. XMTD수자식온도조종기는 설정온도와 측정온도를 수자표시판에 현시하게 되어있다. 가열함온도조종장치에서는 가변저항을 리용하여 가열함의 가열속도를 조절할수 있게 하였다.

웨이트시편의 자기리력곡선은 강자성체자기리력측정장치를 리용하여 측정하였다.[1]

웨이트시편에 가해지는 자기마당의 세기는 고리형시편의 경우 다음의 공식으로 주어진다.[4]

$$H = nI = \frac{NI}{\pi \frac{D_{외} + D_{내}}{2}} = \frac{2NI}{\pi(D_{외} + D_{내})}$$

여기서 N 과 n 은 각각 선류의 전체 권회수와 단위길이당 권회수이며 $D_{외}$, $D_{내}$ 는 고리형시편의 외경과 내경이고 I 는 선류으로 흐르는 전류의 세기이다.

측정에서 리용한 고리형웨이트시편의 외경과 내경은 각각 $D_{외} = 1.65\text{cm}$, $D_{내} = 1.10\text{cm}$ 이고 1차선류와 2차선류의 권회수는 각각 20회이다. 이때 시편에 가해지는 자기마당세기의 최대값은 옷식으로부터 353.31A/m 로 된다. 대부분의 웨이트들은 보자력이 80A/m 미만이므로 이러한 자기마당으로는 강자성웨이트시편의 자기적특성을 충분히 정확히 평가할수 있다.

이 측정장치에서는 시편의 1차선류에 걸리는 전압과 2차선류에 유도되는 전압을 컴퓨터의 Line in포구에 넣어준다. 이때 1차선류에 걸리는 전압은 시편에 걸어주는 자기마당의 세기를 반영하고 2차선류에 유도되는 전압은 자기유도의 미분값을 반영한다. 자기리력곡선측정장치에서는 이 신호들을 리용하여 자기마당세기 H 와 자기유도 B 를 계산하고 자기리력곡선을 그린다.

논문에서는 위에서 설명한 시편가열체계와 자기리력곡선측정장치를 결합하여 강자성웨이트의 자화-온도특성측정체계를 구성하였다.

2. Mn-Zn계웨이트의 자화-온도특성과 큐리온도결정

조명기구전원용 Mn-Zn계웨이트시편에 대하여 시편온도를 변화시키면서 자기리력곡선을 측정하고 시편의 자기적특성량들인 포화자기유도 B_s 와 잔류자기유도 B_r , 보자력 H_c 의 변화를 고찰하였다.

측정은 시편의 온도를 방안온도로부터 약 10°C 간격으로 증가시키면서 웨이트시편의 자기유도가 0으로 될 때까지 진행하였다.

시편가열함의 열관성으로 하여 시편의 측정온도가 정확히 10°C 간격으로 되지 못하고 일정한 불규칙성이 나타나게 되었다.

그림 3에 Mn-Zn계웨이트시편의 자기리력곡선을 보여주었다.

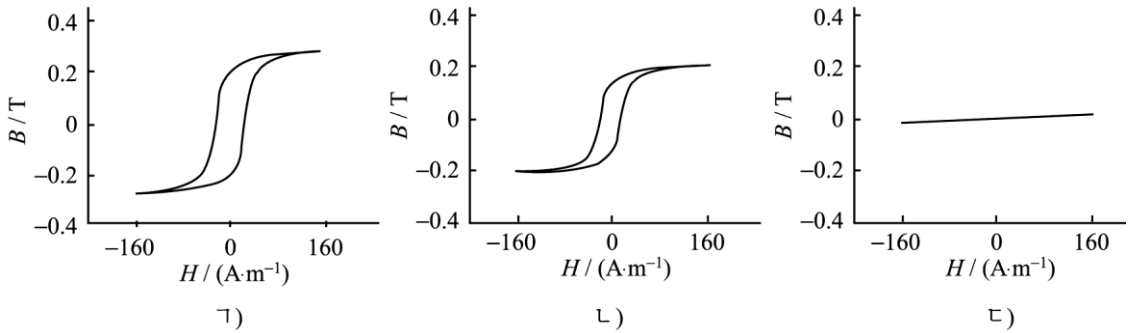
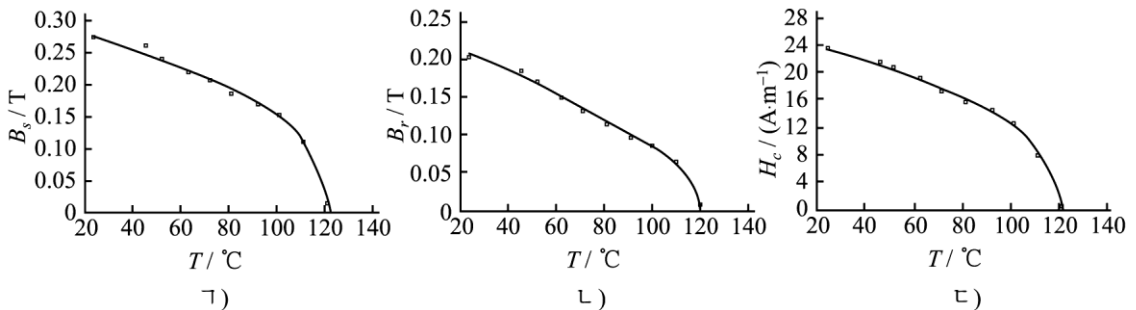


그림 3. Mn-Zn계 페리트시편의 자기력곡선

㉠-㉡)는 측정온도가 각각 24, 72, 121°C인 경우

그림 3에서 보는바와 같이 페리트시편의 자기력곡선의 폭은 시편의 온도가 올라감에 따라 점차 작아지며 일정한 온도에 이르면 급격히 작아진다. 이 온도가 바로 구조상 전이가 일어나는 큐리온도라고 말할수 있다. 측정시편의 큐리온도를 알지 못하는 조건에서 온도를 정확히 큐리온도에 맞추어놓고 측정할수는 없다. 그러므로 실지큐리온도는 온도에 따르는 포화자기유도의 변화곡선을 그린 다음 곡선의 마지막하강부분을 외삽하여 얻었다.

그림 4에 온도에 따르는 시편의 포화자기유도(B_s)와 잔류자기유도(B_r), 보자력(H_c)의 변화곡선을 보여주었다.

그림 4. 온도에 따르는 포화자기유도(B_s)와 잔류자기유도(B_r), 보자력(H_c)의 변화곡선

㉠) 포화자기유도(B_s), ㉡) 잔류자기유도(B_r), ㉢) 보자력(H_c)

그림 4로부터 포화자기유도는 물론 잔류자기유도와 보자력도 일정한 림계온도에 이르러 급속히 감소한다는것을 알수 있다. 물론 이 량들의 변화곡선은 서로 완전히 일치하지는 않지만 그 모양이 매우 비슷하다. 그림 4의 ㉠)로부터 측정한 조명기구전원용 Mn-Zn계 페리트시편의 큐리온도가 123.3°C라고 결론할수 있다.

맺는 말

Pt100형 온도수감부와 수자식 온도조종장치를 리용하여 시편의 온도를 정확히 보장할수 있는 시편가열장치를 제작하고 강자성 페리트의 온도에 따르는 자기적특성변화를 연구할수 있는 측정체계를 확립하였다. 또한 새로운 측정체계를 리용하여 Mn-Zn계 페리트시편의 자기적특성량들에 대한 측정을 진행하고 시편의 큐리온도를 결정하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보 물리학, 65, 3, 47, 주체108(2019).
- [2] F. Fiorillo; Measurement and Characterization of Magnetic Materials, Elsevier Inc., 549~563, 2004.
- [3] W. Nawrocki; Measurement Systems and Sensor, Artech House, 23~25, 2005.
- [4] H. D. Young et al.; University Physics, Addison-Wesley, 938~941, 2012.

주체109(2020)년 12월 5일 원고접수

The Determination of Magnetization-Temperature Characteristics and Curie Point of Ferromagnetic Ferrite

Jang Kyong Hun, Kim Ryo Myong

We have made heater box for ferromagnetic specimen and temperature control unit, combining it with magnetic hysteresis measurement device, to establish the measurement system of magnetization-temperature characteristics of ferromagnetic ferrites.

Using the measurement system of magnetization-temperature characteristics of ferromagnetic ferrites, we have also investigated the change behaviour of saturation flux density, remanent flux density and coercive force with the temperature of Mn-Zn ferrite specimen, so have determined Curie point of the specimen.

Keywords: ferromagnetic ferrite, Curie point