

FeNiMo 합금의 열처리 효과에 의한 자성 특성의 변화

한국과학기술연구원 용 대 영, 신 경 호
(주) 케이 맥 장 효 선, 유 흥 열

Variation of Magnetic Properties on FeNiMo Alloy by Annealing Effect

Korea Institute of Science and Technology Dae-Young Yong, Kyoung-Ho Shin
K-MAG Inc. H. S. Jang, H. Y. Yoo

1. 서론

0.1 Oe 이하의 보자력(coercivity, H_c)을 가지고 있는 연자성 센서와 두께 50 μ m, 보자력 80 ~ 100 Oe, 잔류자기(remanence, B_r) 7 kG 이상을 나타내는 반경자성 합금 slug가 한 조를 이루어 도난 방지 시스템용 tag을 만들 수 있다. 보통의 tag은 non-deactivation tag과 deactivation tag으로 구분할 수 있는데 후자가 더 많이 상용화되고 있다. 본 연구에서는 FeNiMo계 합금을 이용 melting, forging 및 rolling 등의 공정을 수행하여 위의 조건을 만족하는 반경자성 slug를 박판으로 제조하였고 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)으로 열처리(annealing) 전과 후의 자기적 특성의 변화를 조사하였다.

2. 실험 방법

소량을 용해할 수 있는 Arc 용해로로 적절한 자성을 보이는 조성을 선택하였고, 다량을 녹일 수 있는 진공 유도 용해로를 이용해 $Fe_{77.1}Ni_{19}Mo_{3.9}$ 합금을 balance로 각 조성에 맞게 평량하여 용해하였다. 균질화 열처리 온도(homogenizing temperature, T_h)를 1200 $^{\circ}C$ 로 하여 두 시간 가열한 후 열연을 하였으며 뒤이어 scalping, 산세(peckling), 냉연 공정 및 소둔 온도(soft annealing temperature, T_s)를 950 $^{\circ}C$ 와 1050 $^{\circ}C$ 각각에 대해 수행하여 두께 약 50 μ m의 샘플을 얻었다. 박판 샘플의 크기를 10 \times 10 mm로 잘라 열처리 전 as-rolled 시에 VSM으로 각 샘플의 자성을 측정하였다. 또한 열처리 후의 특성 변화를 알아보기위해 annealing 시 500 ~ 700 $^{\circ}C$ 온도 범위에서 10^{-5} torr 이상의 진공도와 분당 4.2 ~ 5.8 $^{\circ}C$ 로 온도를 상승시켰고, 10.7 ~ 23.3 $^{\circ}C$ 의 냉각율 및 1 시간의 열처리 조건으로 실험을 하여 각 조건 변화에 대한 특성 평가를 수행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

as-rolled 시와 열처리 후의 H_c 의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. $T_a = 600^{\circ}C$ 에서 각 샘플의 H_c 가 최대가 됨을 보이고 있는데, $T_s = 950^{\circ}C$ 에서는 85 Oe를 $T_s = 1050^{\circ}C$ 의 경우 75 Oe를 각각 나타내었다. 이 온도 영역에서 목표 보자력을 보이고 있으며 최적의 입자 크기를 가지고 있을 것으로 여겨진다. $T_s = 1050^{\circ}C$ 의 as-rolled 시에서 H_c 와 $T_a = 500^{\circ}C$ 에서의 H_c 는 약간의 차이가 있었다. Fig. 2는 M_r 과 T_a 의 관계를 보이고 있는데 열처리 전 M_r 의 값은 $T_s =$

950°C가 $T_s = 1050^\circ\text{C}$ 보다 약 100 emu/cc가 더 높은 수치를 나타내고 있다. M_r 의 값은 $T_a = 500^\circ\text{C}$ 에서 가장 크고 이후 온도를 증가시킬 때 작아짐을 알 수 있으며 $T_a = 475 \sim 560^\circ\text{C}$ 의 온도 영역에서 $T_s = 1050^\circ\text{C}$ 가 $T_s = 950^\circ\text{C}$ 에 비해 더 큰 값을 나타내고 있다. 그것은 압연으로 인해 변형된 미세 구조가 열처리를 함에 따라 응력의 풀림 차이에 기인한 것으로 생각된다. M_s 대 T_a 에 있어서는 $T_a = 600^\circ\text{C}$ 에서 최소를 $T_a = 700^\circ\text{C}$ 에서 최대의 M_s 값이 된다는 것을 알 수 있다. $T_a = 600^\circ\text{C}$ 일 때의 포화자화는 앞서 Fig. 1의 보자력과 대비하여 자기모멘트의 ordering과 관계가 있다고 여겨지며 그 외의 온도 구간에서의 M_s 의 변화는 압연시의 roller의 회전 속도, 압연 하중, 두께 감소율의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

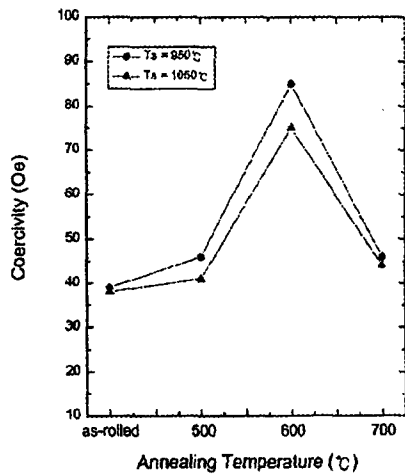


Fig. 1. Plots of coercivity as a function of annealing temperature for FeNiMo samples.

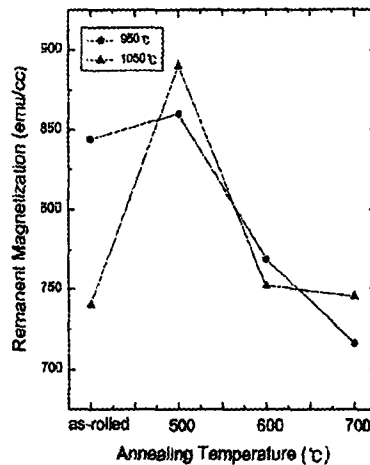


Fig. 2. Plots of remanent magnetization as a function of annealing temperature for FeNiMo samples.

4. 결론

도난 방지 시스템용 tag, hysteresis coupling 및 hysteresis motor로 사용될 수 있는 $\text{Fe}_{77.1}\text{Ni}_{19}\text{Mo}_{3.9}$ 의 조성을 가진 두께 $50 \mu\text{m}$ 합금 slug의 목표 보자력과 잔류자기를 나타내는 조건은 $T_s = 950^\circ\text{C}$ 에서는 $T_a = 600^\circ\text{C}$ 에서 보이고 있으며, 그 때의 잔류자기는 7 kG 보다 더 큰 8.9 ~ 9.7 kG의 우수한 값을 나타내었다. $T_s = 1050^\circ\text{C}$ 에서는 $T_a = 600^\circ\text{C}$ 에서 최적 보자력에 접근하고 있으며, 잔류자기의 값은 $T_s = 950^\circ\text{C}$ 보다 더 큰 값을 보였다.

References

- [1]. J. Hollingun, "Advanced Sensor-Where the Money is" Sensor Review, **11**(2), 21 (1991).
- [2]. L. Kozzegi and H. Kronmüller, Appl. Phys. A **34**, 95 (1984).
- [3]. K. H. Shin, Y. Peter Zhou and C. D. Graham, Jr., IEEE Trans. Magn., **MAG-28**, 2772 (1992).