

Ni-Fe 합금에 첨가되는 원소가 자기적 특성에 끼치는 영향

하석준*, 지인걸, 김영민, 김구현, 최광보, 정인범
(주)창성 중앙연구소

1. 서론

대략 35~80%의 Ni을 포함하는 Ni-Fe 합금을 통틀어 퍼멀로이(permalloy)라고 하며 조성, 소성가공, 열처리 방법 등에 따라 아주 다양한 연자성을 나타낸다. 고투자율의 퍼멀로이를 얻기 위해서는 결정 격자를 변화시켜 자기 특성을 저해하는 C, P, S, O₂ 등의 불순물 제거가 필수이며, Ni 함량에 따른 자기이방성상수 K와 자기변형상수 λ 값이 고려되어야 한다. 문헌에 따르면 76% Ni에서 K=0, 81% Ni에서 $\lambda=0$ 이라고 언급되어 있으며 이에 따라 80% Ni 근방의 퍼멀로이에서 고투자율 특성이 나타난다. 그런데 이 합금계에서는 면심입방격자와 Ni₃Fe의 규칙격자를 형성하며, 이 상의 생성되면 큰 음의 자기 이방성상수 K값을 갖는다. 제 3의 원소 첨가인 Cr, V, Cu 및 Mo 등과 같은 원소들이 Ni₃Fe 규칙격자상 형성을 억제하는 효과를 갖는 것으로 알려져 있다 [1]. 주로 고주파용 자심 재료로 사용되는 몰리 퍼멀로이 분말(molybdenum permalloy powder, MPP)은 Mo가 함유되어 상기 특성을 만족시킨다.

본 연구에서는 자기 특성에 악영향을 미치는 불순물 중 O₂를 제거하는 목적으로 Si를 첨가한 퍼멀로이 분말 및 Ni₃Fe의 규칙격자 형성을 억제하고 코어 손실을 줄이기 위하여 4% Mo을 첨가한 몰리 퍼멀로이 분말을 첨가 원소가 없는 76 퍼멀로이 분말과 비교 실험하여 분체 및 자성특성을 분석하였다.

2. 실험 방법

76 퍼멀로이 분말, Si 첨가 퍼멀로이 분말 및 4% Mo 몰리 퍼멀로이 분말을 가스분무법으로 제조하였다. 상기 분말에 대하여 열처리 공정을 거친 후, 0.2%, 0.8%의 절연체(활석과 알루미늄으로 구성)와 혼합하여 토로이드 코어를 성형한 후, 660°C에서 고순도 질소분위기 열처리를 진행하였다. 코어손실은 0.1T, 50kHz의 조건에서 AC loop tracer(Iwatsu SY-8232)로 측정하였고, 실효투자율은 Impedance analyzer (HP4294A)를 사용하여 100 kHz에서 측정하였다. 그리고 직류중첩투자율은 LCR meter(HP4284A)를 이용하여 100 kHz에서 측정하였다.

3. 실험 결과

3-1. 조성 변경 퍼멀로이 분체 특성 비교

Si 첨가 퍼멀로이 분말은 다른 조성변경 퍼멀로이 대비 미분이 적고, 낮은 산화도를 나타내었다. 76 퍼멀로이 분말은 1000ppm, Si 첨가 퍼멀로이 분말은 300ppm의 산소 농도가 검출되었다.

3-2. 조성 변경 퍼멀로이 자성 특성 비교

76 퍼멀로이 조성에서는 높은 코어손실 특성을 나타냈다. 4% Mo 몰리 퍼멀로이에서 다른 두 조성에 비해 밀도가 높고, 전반적으로 자성특성이 우수하였다.

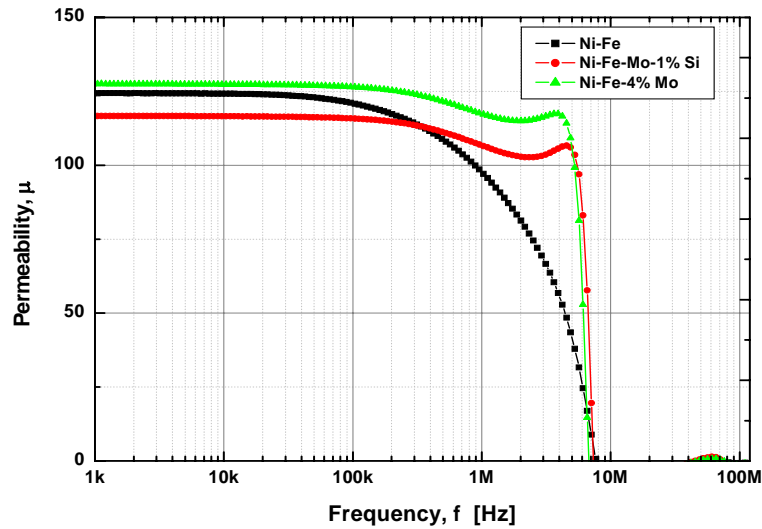


그림 1. 0.2% 절연체 첨가시 각 MPP 조성에 따른 주파수-투자율 그래프

4. 고찰

4% Mo 몰리 퍼멀로이 분말은 다른 조성에 비해 밀도와 코어손실 특성이 우수하였다. Si 첨가 퍼멀로이 분말의 경우, SiO₂를 생성하여 코어손실에 큰 영향을 줄것으로 예상하였으나, 향상 정도가 미비하였다.

5. 결론

퍼멀로이 조성의 변화에 따른 분체 및 자성 특성을 분석하였다. 첨가 원소가 없는 76 퍼멀로이 분말과 비교했을 때, 4% Mo 몰리 퍼멀로이 분말의 경우 우수한 자성 특성을 보여주었으며, Si 첨가 퍼멀로이 분말의 경우 그 효과가 미비하지만 어느 정도 나은 자성 특성이 도출되었다.

6. 참고문헌

- [1] 노태환, 자성재료학, 두양사, 2006, 385-390.
- [2] 장평우, 이봉한, 최광보, J. of the Korean Magnetics Soc., Vol.20, No.1, Feb. 2010, 13-17.