

전자장 흡수용 자성시트의 와전류손실 시뮬레이션 (Simulation of Eddy Current Loss for Absorption of EM Noise)

문수진*, 장평우
청주대학교

1. 서론

최근 테블릿PC, 스마트폰 등 다양한 전자기기의 보급이 증가함에 따라 수십 MHz 대역에서 발생하는 근자장 노이즈를 자성분말을 고분자수지에 분산시킨 자성시트로 흡수하는 연구가 활발하다 [1]. 노이즈를 흡수하는 기구로는 이력손실, 와전류손실, 강자성공명손실, 자벽공명손실 등이 있다. 통상 공명손실은 수 GHz 또는 수십 GHz대역에서 일어나므로 수십 MHz에서의 흡수는 이력손실이나 와전류손실에 기인할 것이라 예상된다 [2]. 본 연구는 수십 MHz영역의 노이즈를 자성시트로 흡수할 때 자성입자의 두께, 비저항, 크기, 형상, 입자와 입자 사이의 절연층 두께에 따른 와전류손실을 유한요소법으로 수치해석하였다.

2. 수치해석

수치 해석에 상용프로그램인 Vector Field 사의 OPERA (version 15)를 사용하였다. 자성시트에 분산된 자성분말로 비저항이 큰 Fe-4.5%Si을 사용하였다. 자성입자의 크기는 $50 \times 50 \times 2 \mu\text{m}$ 이고, 입자와 입자사이의 절연층 두께는 $0.2 \mu\text{m}$ 로 한 층의 입자의 갯수와 자성층 수를 최적화하였다. 흡수용 자성시트에 크기가 약 1 A/m, 주파수가 13.56 MHz인 자기장을 전류환선을 이용해 인가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림1은 자성시크와 전류환선을 배치시킨 모양을 나타낸 것이고, 그림2는 전류환선과 반대편에 있는 자성층에서 입자내부의 전류밀도를 나타낸 것이다. 그림 2에서 자성입자의 비저항에 비해 인가한 자기장의 주파수가 높아 환형의 전류가 입자 바깥부분에 유도되고, 반면에 내부에는 와전류가 매우 약한 것을 알 수 있다. 이러한 거동은 표피효과(skin depth effect)로 잘 이해될 수 있으며 입자의 비저항이 매우 낮을 경우 skin depth가 작아 입자 전체에서 흡수가 일어나지 않고 단위 체적 당 와전류

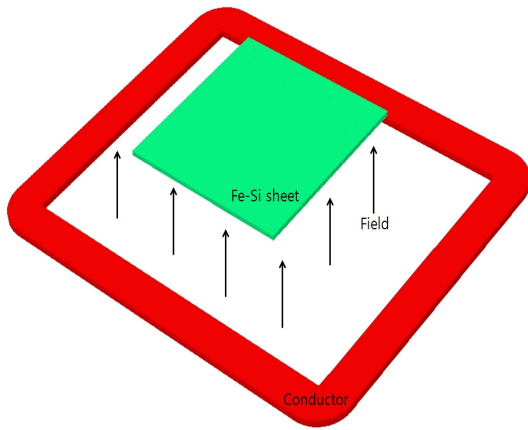


Fig.1 Fe-Si sheet model for the FEM analysis

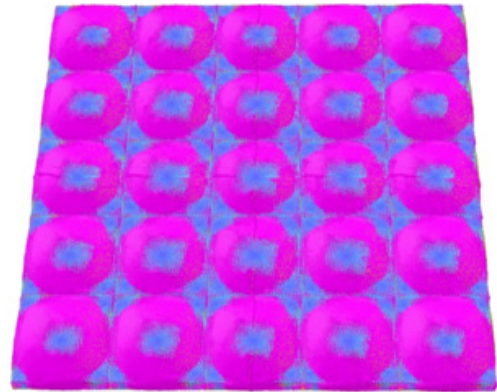


Fig.2 Current density distribution for the Fe-Si absorber

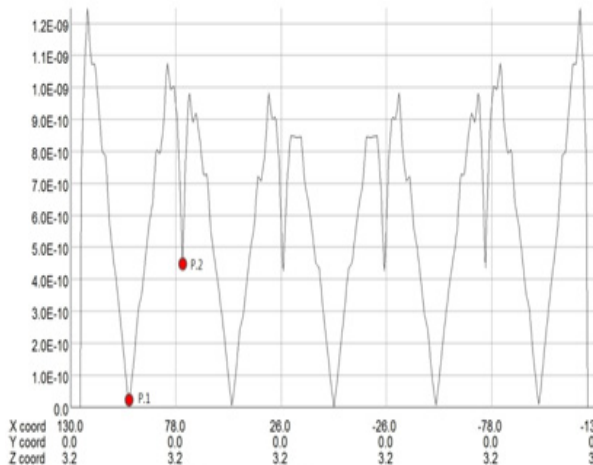


Fig. 3 Eddy current density distribution along the x-axis (Time angle = 0°)

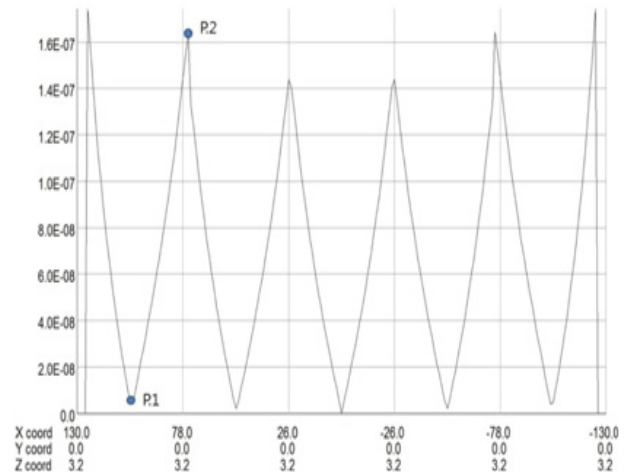


Fig. 4 Eddy current density distribution along the x-axis (Time angle = 90°)

손실이 작아진다. 반면에 비저항이 높을 경우 자기장은 입자내부까지 침투하여 입자전체에서 흡수가 일어나나 높은 비저항으로 말미암아 유도된 와전류의 크기가 작아져 손실역시 줄어들 것으로 예상된다.

그림 3과 4는 표피효과를 도식적으로 나타낸 것으로 각각 위상이 0와 90°인 경우이다. 표피효과의 정량적 계산식에 의하면 자화는 깊이에 따라 표면 자화의 크기에 비해 지수함수의 역수로 감소하므로 와전류손실은 지수함수 역수의 제곱으로 감소한다. 그림 4에서 입자 중심, 특히 가운데 입자의 경우 와전류가 없다. 비저항이 높을 경우 입자전체에서 손실이 일어나므로 적당한 비저항을 가질 경우 입자전체에서 손실이 발생하여 흡수효율을 높일 수 있으며 현재 해석 중에 있다.

이 외에도 입자층 수, 입자의 형상 등의 영향을 발표할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] 노태환 · 김주범, FeSiCr/폴리머 복합 시트의 전자파 흡수 특성에 미치는 시트 두께의 영향 (2010)
- [2] 金紋奭, NiZn 계 ferrite와 FeSiCr의 전자파흡수체 특성 연구 (2009)