

요지

전기자동차 및 하이브리드 자동차와 같은 친환경 자동차에 대한 관심이 증가하면서 모터, 액추에이터, 센서 등과 같이 자기에너지를 기계에너지로 변환시키는 자기장치(magnetic device)의 성능 향상과 경량화를 위한 구조설계 최적화의 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 대응하여 구조설계 최적화 방법 중 하나인 위상최적설계 기법은 기존 설계에 의존하지 않고 새로운 형상을 제공하는 장점으로 인하여 여러 자기장치에 적용되고 있으며, 일반적으로 요소기반 위상최적설계 기법이 사용되고 있다. 그러나 이 기법에 의한 최종 형상은 요소망(mesh)에 의존하거나 중간밀도를 갖는 요소를 포함하기 때문에 다음 설계과정에 적용하기 위하여 명확한 형상을 추출하는 후처리 과정이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 경계를 이용하여 명확한 형상의 구조를 설계하는 레벨셋 기반 위상최적설계(level set based topology optimization) 기법이 제안되어 탄성 구조설계에 적용되고 있지만, 자기장치 설계에 적용되고 있지 않는 실정이다.

본 논문에서는 제한된 자성 재료량을 사용하여 자기력이나 자속밀도 등과 같은 자기장치의 성능을 최대화할 수 있는 명확한 형상의 자기장치를 설계하고자 한다. 이를 위하여 레벨셋 기반 위상최적설계기법을 이용하여 자기장치를 설계하기 위한 알고리즘을 제안하고 그 타당성을 검증한다. 제안된 알고리즘에서 위상최적설계 문제의 목적함수는 자속 밀도와 자기력을 최대화하기 위하여 자기에너지로 설정하였고, 또한 경량화 설계를 위하여 자성 재료량을 제한 조건으로 설정하였다. 자기장 내의 물리량을 계산하기 위하여

입력 전류에 의해 생성되는 자속밀도가 자기 포화점보다 작은 선형 정자계로 자기장을 가정하고 유한요소법을 사용하였다. 경계를 표현하기 위하여 레벨셋법(level set method)을 적용하였고, 자기장 내의 경계를 진전시키기 위한 법선속도를 구하기 위하여 필요한 민감도는 보조 변수법(adjoint variable method)을 이용하여 계산하였다.

제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 C-core 액추에이터(C-core actuator)와 자기커플러(magnetic coupler)의 설계문제에 적용하여 생성되는 자기력을 최대화하였고, 자기변형센서(magnetostrictive sensor)의 설계문제에 응용하여 자속밀도를 최대화하였다. 그 결과 주어진 자성 재료량을 만족하면서 명확한 경계를 갖는 자기장치의 설계가 가능한 것을 확인하였고, 상용 유한요소해석 소프트웨어의 자기장 해석을 통하여 초기 형상과 도출된 형상에서의 자기력과 자속 밀도를 비교함으로써 제안된 방법으로 설계된 형상의 성능이 초기 형상보다 최적화된 설계임을 입증하였다.