

분말자성코아의 기술동향 RECENT DEVELOPMENTS IN MAGNETIC POWDER CORES

(주)창성 중앙연구소 정인범* 전무이사

1. 개요

초크 코일, 펄스 트랜스포머, 노이즈 필터 등의 부품에서, 전자회로의 전기에너지의 제어 또는 저장과 전달 역할을 하는 인덕터 코어인 분말 코어(powder core)는 일본에서는 압분자심(compressed magnetic powder core, 壓粉磁心)이라고도 부르며, 산화철계 분말의 소결자성체인 페라이트(ferrite), 압연 또는 급속응고 공정을 거쳐 판상(sheet or ribbon)으로 제조된 원소재를 적층(laminated or wound) 형태로 가공하여 사용하는 규소강(silicon steel)과 비정질(amorphous)재료와 함께 널리 사용되는 대표적인 연자성(soft magnetic) 수동부품이다.

현재 상용화된 분말 코어 소재는 매우 다양하나, 모두 철 또는 니켈계 급속합금이라는 점, 분말형태의 원소재를 분말야금학적 공정을 통해 가공한다는 점, 그리고 와전류 손실의 최소화와 자로 전체에 균일한 분산공극을 형성하기 위해 개개의 분말이 미세한 절연층(0.5 μ m)에 의해 분리되어 있다는 점에서 공통점을 가진다. 따라서, 조성이 같아도 판상 적층재료 등과는 달리, 분말재료에서는 각형의 이력곡선이 아닌 완전한 직선의 이력곡선을 얻을 수 있어, 투자율은 낮아지나, 소재의 사용한계인 포화에 도달할 때까지 자기적 특성을 유지할 수 있어, 대전류까지 인덕턴스(L)를 유지할 수 있는 장점이 있다. 분말 코어 소재는 크게 니켈계 합금, 철계 합금 그리고 순철 등의 세 부류로 구분할 수 있다.

니켈계 합금 중에서, 몰리 퍼멀로이 분말(Moly-Permalloy Powder, MPP, 81%Ni-17%Fe-2%Mo)이 가장 일반적으로 사용되는 대표적인 재료이다. 1920년대에 미국 벨 연구소에서 처음 개발된 이 재료는 자기학적으로 자왜(magnetostriction, λ)와 결정자기이방성상수(crystalline anisotropy constant, K)가 매우 작아, 기본적인 연자기 특성이 우수하여, 자장과 온도의 변화에 대한 투자율의 안정성이 뛰어나고, 코어 손실이 낮아, 초창기에는 전화통신용(telephone loading coil)로 사용되었고, 이후 전자산업의 발달에 따라 스위칭 전원공급장치(SMPS)의 핵심 부품으로 그 용도가 확대되었다. 니켈계 합금 중 가장 최근에 개발된 하이플럭스(High Flux, 50%Ni-50%Fe)재질은, MPP 대비 코어 손실이 다소 높고 투자율의 안정성이 떨어지나, 높은 포화자속값을 가져 대전류 특성이 기존의 어떠한 재료보다 우수하여 최근 고밀도 전원장치용으로 수요가 급증하고 있다.

대표적 철계 합금으로는, 1930년대에 일본 동북대학에서 처음 개발된 샌더스트(SENDUST, 85%Fe-9.5%Si-5.5%Al)를 들 수 있다. 이 재료 역시 영(≈ 0)자왜와 낮은 이방성 상수값을 가져, 퍼멀로이 재료와 같이 투자율의 안정성이 우수하고, 코어 손실이 낮으며, 상대적으로 가격이 저렴한 장점을 가진 반면, 재료 자체가 취약하여 가공성이 떨어져 고투자율을 얻기가 어렵고, 직류중첩 특성이 퍼멀로이계 재료보다 우수하지 못한 단점을 가지고 있다. 여기서 직류중첩특성이란, 전원공급장치에서 교류입력을 직류로 변환하는 과정에서 발생하는 미약한 교류에 일정치의 직류가 중첩된 파형에 대응하는 자성코어의 자기적 특성으로서, 통상 교류에 직류가 중첩되는 경우, 직류전류에 비례하여 코어의 투자율이 떨어지게 되는데, 이 때 직류를 중첩하지 않은 상태의 투자율 대비 직류중첩시의 투자율의 비율을 백분율(% μ , percent permeability)로 나타내어 직류중첩특성을 평가한다. 샌더스트 이외의 철계 재료로는 아직 충분히 상용화되지는 않았으나, 3%Si 조성의 규소강 재료에 기초하여 자성 특성의 향상을 위해 6.5%Si로 합금 조성을 조정하여, 판상이 아닌 분말 형태로 원소재를 제조하여 분말코어 제조공법을 적용한 규소강 분말 코어를 들 수 있다. 개발 성공시, 저렴한 가격에 우수한 직류중첩특성을 가진 새로운 자성 분말 코어의 탄생이 기대된다.

마지막으로, 철재료로는 스폰지 철(sponge iron)분말로 제조한 투자율 75 이하의 순철 코어(iron core)와 특이한 미세구조(양과 겹질 형태의 입계)를 가진 카보닐철 분말로 제조된 투자율 40 이하의 카보닐철 코어(carbonyl iron core)가 있다. 순철 코어는 투자율의 안정성, 코어손실,

온도안정성 면에서, 상기의 퍼멀로이계와 샌더스트 코어 대비 특성이 현격히 떨어지지만, 분말 코어중에서 가장 가격이 저렴하여, 저가 또는 50 kHz 이하의 스위칭 주파수의 전원장치에 노이즈 필터와 쇼크 코일로서 많이 사용되고, 카보닐철 코어는 원료가격이 철코어 대비 상당히 높으나, 투자율이 낮으며, 미세한 원료의 입도와 앞서 언급한 특수한 미세구조에 의해 높은 품질계수(Q)를 얻을 수 있어, 음향기기의 노이즈 필터와 노트북 컴퓨터의 VRM(voltage regulator module)용 코어로 주로 사용된다.

이 중에서 MPP, High Flux, SENDUST는 제조공정의 특성상 고압의 성형을 하여야 하므로, 제품의 형상에 제약이 많아 토로이달(toroidal) 형상 이외에 U 또는 E 형상 등 용도에 따른 다양한 형태의 변화를 주기가 어려운 반면, 순철 코어는 상대적으로 저압에서 성형되기 때문에 쉽게 다양한 형태로 제작이 가능하다.

2. 기술동향

최근 스위칭 전원장치 산업의 성장을 주도하는 것은 서버PC, 고기능PC등의 시장이다. 주요 메이커는 IBM, DELL, HP 등이나, 실제 생산은 대만, 중국 업체에 의해 중국에서 이루어지고 있다. PC의 고급화 그리고 대용량화에 따라, 전원장치의 설계사양에도 큰 변화가 있다. 우선 CPU의 사양이 점점 고주파수화, 대전류화 되고 있으며, 이에 따른 안정적 전원의 공급이 큰 이슈로 등장하게 되었다. 이에 대한 대응으로, 인텔사 등의 설계기준인 VRM(Voltage Regulator Module)이 가이드라인으로 적용되고 있으며, 이에 따르면, VRM용 인덕터는 저손실, 대전류 중첩특성이 절대적으로 요구된다. 또한, 멀티미디어 기능, 통신 기능 등 PC의 다기능화에 따라, 전원장치의 용량이 증가하고 있으며, 이에 따라 역률개선(PFC)회로의 채택이 의무화되어가는 추세이다. 이에 따라 PFC회로의 추가에 따른 전원장치의 부피 증가를 최소화하기 위한 고성능의 PFC용 리액터로서 역시 대전류 안정성, 주파수 안정성 그리고, 저손실의 분말 코어가, 특히 하이플럭스 코어의 수요가 증가하는 추세이다.

중국이 전세계 전자제품의 생산 기지화 됨에 따라, 제품의 저가격화가 급속히 진행되고 있으며, 대량 물량에 기반한 중국 대만 업체의 저가격 정책에 대응하기위한 저가형 제품의 개발이 활발히 진행되고 있다. 분말 코어 분야에서도 이러한 상황에 적극 대응하고 있으며, 대표적인 기술 개발 동향을 신재료(퍼멀로이, 철합금, 비정질등) 및 신공정의 개발에 대하여 고찰하고 앞서 기술한 전원분야 고기능 제품에 대응하기 위한 최근의 신규 분말 코어 개발 동향(고기능화, 경제성 확보)을 정리해보았다.