

연자성합금 분말 코어의 손실특성 제어를 위한 입자 복합화

김윤배*, 한준현, 장윤희, 김태현, 지광구
한국과학기술연구원 재료연구본부 기능금속연구센터

1. 서론

연자성 분말 코어는 연자성 분말을 고압으로 성형하여 제조한 것으로, 고 투자율, 고 포화자속밀도, 저 에너지 손실, 우수한 고주파특성 및 대전류 안정성 등의 특성이 요구된다. 이 중 에너지손실(core loss)은 인덕터 소자로 사용되는 연자성 분말코어의 응용 특성에 있어 가장 중요한 인자로 자기이력 손실(hysteresis loss), 와전류 손실(eddy current loss), 잔류 손실(residual loss)로 구성된다. 잔류 손실의 경우 금속을 기반으로 하는 연자성재료에서는 무시할 수준이기 때문에 전체 에너지손실은 자기이력 손실과 와전류 손실의 합으로 나타낼 수 있다. 이들 중 특히 고주파영역에서는 와전류손실이 지배적으로 작용하기 때문에 연자성 분말코어의 고효율화를 위해서는 와전류손실을 감소시키는 필수적이다. 와전류 손실의 경우, 교류전기장에서 자성 코어내의 전기저항손실에 의해 발생하므로 연자성입자 표면에 전기적인 절연층을 형성시키는 입자복합화에 의해 분말간의 전기저항을 증가시키는 방법을 통해 와전류 손실을 낮출 수 있다. 본 연구에서는 철계 연자성분말 표면에 절연피막층으로 산화피막 및 인산염 피막을 형성시키는 공정에 의해 입자를 복합화 시키고, 이 입자 복합된 분말을 사용하여 토로이달 형상의 연자성분말 코어를 제조하여 형성된 절연피막의 특성과 절연피막이 연자성분말 코어의 고주파 연자성 특성에 미치는 영향을 조사했다.

2. 실험방법

본 연구에서는 철계 연자성합금 분말 표면에 절연피막층을 형성시키기 위해 각각 인산염 및 산화피막을 형성시키는 입자 복합화를 실시하였다. 인산염 피막의 형성은 인산염 용액에 철계 연자성합금 분말을 침지하는 방법을 통하여 표면에 고착성이 높은 인산염의 불용성 부식생성물 피막을 형성시켰다. 또한 산화피막의 형성은 철계 연자성합금 분말을 대기 중에서 가열하는 thermal oxidation 방법을 이용하였다. 이와 같이 철계 연자성합금 분말 표면에 형성된 절연피막의 특성은 SEM, XPS와 AES를 이용하여 분석하였으며, 이 입자 복합된 분말을 사용하여 토로이달 형상의 연자성분말 코어를 상온에서 15 ton/cm²의 압력으로 성형하여 제조한 후 impedance analyzer를 이용하여 effective permeability(me)와 dc-bias property를 측정하였고 B-H analyzer를 사용하여 core loss를 측정하였다.

3. 연구결과 및 고찰

절연피막을 형성시키지 않은 철계 연자성합금 분말로 제조한 코어의 투자율은 100 정도로 낮은 주파수영역에서는 안정하지만 주파수가 더 증가하면 급격히 감소하는 경향을 보여, 낮은 주파수 영역에서 투자율은 높지만 낮은 고주파의존성을 나타내었는데 이것은 연자성분말 간의 전기적 절연물질이 없기 때문이다. 또한 이 분말코어의 자심손실은 50 kHz, Bm=0.1 T에서 1000 mW/cm³ 이상의 큰 자심손실을 나타내었다. 그러나 분말 표면에 절연피막을 형성시킨 철계 연자성합금 분말로 제조한 코어의 경우 절연피막의 두께가 증가함에 따라 투자율은 감소한 경향을 보였지만 10 MHz까지도 안정한 투자율을 나타내어 우수한 고주파특성을 보였다. 절연피막층이 형성되어 있는 철계 연자성합금 분말로제조한 분말코어의 자심손실은 50 kHz, Bm=0.1 T의 동일 조건에서 500 mW/cm³ 이하의 값을 나타내어 절연피막이 형성되지 않은 철계 연자성합금 분말을 사용하여 제조한 분말코어 보다 현저하게 낮은 자심손실을 나타내었다. 이와 같이 철계 연자성 합금 분말 코어의 고주파특성이 향상된 것은 철계 연자성합

금 분말 표면에 형성된 절연피막층이 분말들 상호간을 전기적으로 분리시킴으로서 와전류손실을 효과적으로 감소시킨 것에 기인한 것으로 생각할 수 있다. 또한 본 연구 결과에 의하면 철계 연자성 합금 분말 표면에 형성된 절연피막층의 두께를 조절하고, 두께가 다른 절연피막층을 가지는 철계 연자성 합금 분말의 혼합비를 조절함으로써 철계 연자성분말 코어의 주파수의존성을 조절하는 것이 가능하였다.

4. 결론

철계 연자성 합금 분말 표면에 산화피막 및 인산염 피막을 형성시키는 입자복합화 공정에 의해 전기적인 절연체 역할을 할 수 있는 절연피막층을 형성시킬 수 있었으며, 철계 연자성 합금 분말 표면에 전기적 절연피막층을 형성시킴으로서 철계 연자성 합금 분말 코어의 고주파의존성을 향상시키고 자심손실을 현저하게 감소시킬 수 있었다. 이와 같은 방법으로 제조된 철계 연자성 합금 분말 코어는 고주파영역에서의 응용 가능성이 있을 것으로 생각된다.