

인산염 코팅된 Fe-Al 분말 코어의 자기적 특성 (Magnetic Properties of Phosphate Coating Fe-Al Powder Core)

최재정*, 장평우
청주대 이공대학 물리학과

1. 서론

연자성 코어는 변압기, 전동기 등에서 전기에너지, 자기에너지, 기계에너지를 서로 상호변환시킬 때 중추적인 역할을 하는 자성부품으로, 외부자장의 방향전환에 따라 쉽게 자화반전이 일어나기 위해 보자력이 작고, 자성체의 체적효율을 높이기 위해 포화자속밀도가 높고, 고주파에서 사용될 때 손실을 줄이기 위해 비저항이 높은 재료를 사용한다. 이러한 재료로 대표적인 것이 Fe-Si계 합금으로 Fe-3%Si 전기강판이 대표적인 것이다. 최근에 주파수가 증가하고, 전자기 노이즈 문제가 중요함에 따라 분말자성코어의 수요가 증가하고 있다. 분말자성코어는 통상 연자성분말과 절연물질을 혼합하거나, 절연층이 표면에 생성된 분말을 성형하여 만들고 있다. 분말코어는 성형만으로 형상이 만들어지므로 가공을 하지 않아도 되는 장점이 있지만 성형밀도를 높이기 위해서 가공성이 우수한 합금을 사용하는 것이 좋다. Fe-Si 합금은 높은 비저항, 낮은 결정이방성과 자기변형상수를 가지고 있어 훌륭한 연자성재료이지만 Si이 3wt.%이상 첨가되면 가공성이 급격히 악화되므로 분말코어에서도 실리콘함량이 일정함량이하로 제한된다. 한편 Fe-Al 합금은 자기변형이 크지만 비저항이 Fe-Si합금과 비슷하고, 특히 가공성이 Fe-Si합금에 비해 매우 뛰어나므로 분말코어의 성형밀도를 높여 여러 자기특성을 향상시키는데 유리한 측면을 가지고 있다 [1]. 본 실험은 Fe-Al분말에 인산염 코팅을 통해 고품질의 절연층을 생성시켜 코어손실을 줄일 수 있는 방법을 알아보기 위한 기초 실험이다.

2. 실험방법

아토마이징 방법으로 제조된 Fe-6wt%Al 합금분말을 체를 이용하여 106 um 이하의 분말로 입도선별한 후, 인산 1~4 cc, 아세톤을 99~96 cc로 변화시킨 용액에 담귀, 반응을 시켜 상온에서 코팅시켰고, 코팅된 분말을 100 °C 오븐에서 1시간 건조시켰다. 이렇게 생성된 분말에 고체윤활제를 첨가하여 1 GPa의 압력으로 성형하여 외경 12.7 mm, 내경 7.6 mm, 높이 3.7 mm의 트로이드형 코어를 제작하였다. 성형된 코어를 500 °C의 질소 분위기에서 1시간 열처리를 한 후, 투자율, 코어손실 등의 자기특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

일반적으로 인산염코팅에 의해 절연층을 형성하는 것은 순철분말에 주로 사용되어 왔다. 인산염코팅의 가장 큰 단점은 코어를 성형할 때 생성된 응력을 제거하기 위해 열처리하는 온도가 500°C이하로 제한된다는 것이다. 이 보다 높은 온도에서 열처리하면 절연층이 점차 파괴되어 700°C이상에서는 절연층이 완전히 파괴되어 손실이 급격히 증가한다.

순철분말과는 달리 Fe-Al합금을 인산염처리를 하게 되면 철보다 알루미늄이 선택적으로 먼저 산화될 가능성이 매우 높아 열처리를 하더라도 최종적으로 알루미늄산화물이 표면에 남아 절연특성이 그다지 악화되지 않을 가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 코팅된 분말을 대기 중에서 열처리할 때 분말표면에 알루미늄층이 생성될 가능성을 XPS, SEM 등으로 분석함과 아울러 분말코어를 제작하여 높은 온도에서 열처리하여 고주파에서 사용할 수 있는 지 알아볼 것이다.

그림 1은 인산함량에 따른 코어의 투자율의 변화를 나타낸 것으로, 인산을 1 cc 첨가하면 투자율이 급격히

증가하고, 2 cc까지 약간 증가하나 그 이후 약간 감소한다. 이것으로 표면에 인산염절연층이 생성된 것을 확인할 수 있다. 그림 2는 인산함량에 따른 코어손실을 나타낸 것으로 인산이 1 cc첨가되면 손실이 크게 감소하고 계속 첨가되면 손실은 약간씩 지속적으로 감소하는 양상을 보이나 다른 조성의 분말코어에 비해 여전히 높은 손실을 나타낸다. 이것은 낮은 코어 열처리 온도에 기인하는 것으로 사료된다.

이상에서 분말표면에 절연층이 생성되었음을 확인하였으나 높은 온도에서 열처리할 가능성을 확보하기 위해서 절연층을 다각도로 분석할 필요가 있으며 현재 실험이 진행 중에 있다.

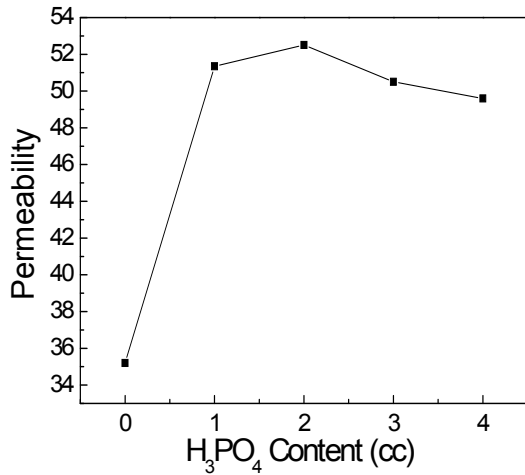


Fig 1. Variation of permeability with content of phosphoric acid in acetone solution.

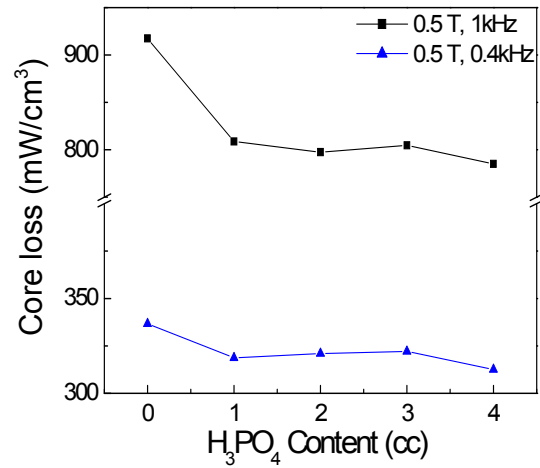


Fig 2. Variation of core loss with content of phosphoric acid in acetone solution.

4. 참고문헌

- [1] 김달중, “Fe-Al계 금속분말 연자성 코어의 개발”, 한양대학교 석사학위 논문, 2011년 8월