

Fe-10Si-6Al 합금 분말의 실람 표면처리한 복합체필름의 차폐특성에 관한 연구

이우성*, 홍원식, 김상현
전자부품연구원

1. 서론

고주파수대역에서는 와전류손실과 Snoeck's limit에 따른 자화특성 열화의 문제로 원하는 주파수 대역에서 전기적인 기능을 가진 소재로 활용이 불가능하며 이를 해결하기 위해 합금화로 소재 자체의 저항을 증가시키거나, 박판화하여 절연하는 것이 연구되고 있다. 특히, MHz 대역이상의 주파수에서 금속 소재를 사용하기 위해서는 소재의 두께는 수 μ m이하로 가공을 하는 것이 요구되고 있으나, 고저항의 합금으로서 규소강은 3.0wt% 이상의 Si을 가진 합금은 롤링만으로 박막의 가공이 어렵기 때문에 합금 분말을 제조하고 Attritor 등의 고에너지 밀링에 따른 습식 가공 방법이 주로 활용되고 있다. 이렇게 제조된 분말은 폴리머와 결합하여 복합체로 사용이 되는데 폴리머의 경우에 흡습특성이 있어 습기가 많은 환경에서 수분을 공급하여 자성체 소재를 산화시킴으로서 신뢰성의 저하 등의 문제가 발생된다. 이러한 현상을 제어하기 위해서 본 연구에서는 Fe-10Si-6Al 조성의 센더스트 분말에 실란처리를 통하여 표면처리를 행하였으며, 표면처리된 소재를 활용하여 복합체를 제조하고 이에 대한 전자기적인 특성을 평가하였다.

2. 실험방법과 결과

가스용융분말로 제조된 Fe-10Si-6Al 합금분말을 Attritor로 가공하여 플레이크 타입의 분말을 제조하였다. 가공된 분말을 질소분위기하에서 열처리하고 잔류응력을 제거하였다. 열처리된 소재에 실란처리를 하였으며, 실란 소재를 선정하기 위해서 DI water와 DMF를 이용하여 접촉각을 측정하고 Young's rule에 의한 표면에너지를 계산하였다. 선정된 실란으로 표면처리한 분말은 우레탄 폴리머에 분산시켰으며 테입캐스팅을 통해서 복합체 필름을 제작하였다. 제작된 필름을 이용하여 Material Impedance Analyzer, 4 probe resistivity meter, Network analyzer 등을 이용하여 전자기적인 특성 평가를 하였다.

3. 고찰

표1에는 센더스트 분말에 실란으로 처리하여 측정한 접촉각과 표면에너지를 나타내었다. 우레탄 바인더인 폴리머소재는 56.8mN/m의 표면에너지를 나타내었고, 표면처리를 통해서 실란을 처리하지 않은 분말(w/o Silane, WS)은 32.1mN/m 값으로 폴리머의 젖음성이 좋지 않을 것으로 판단되었다. 다양한 실란 소재를 이용해 표면에너지가 65.8mN/m인 아미노 실란(AS)을 처리한 경우와 처리하지 않은 소재와 유사한 에너지를 갖는 Mercarpto 실란을 처리한 소재(MS)를 선택하여 복합체를 제조하고 염수분무와 차폐특성의 평가를 진행하였다.

표1. DI water 및 DMF을 이용한 접촉각 및 Young's rule에 의해 계산된 표면에너지

	Contact Angle [DI Water]	Contact Angle [DMF]	Total Energy	Dispersive Energy	Polar Energy
Sendust	74.8	27.0	32.1	20.8	11.3
Amino Silane treated	28.6	6.7	65.8	11.7	54.1
Mercarpto Silane treated	75.4	32.8	31.2	19.1	12.1
Urethane Binder	40.5	16.4	56.8	12.8	44.0

그림1에는 염수분무 측정결과를 나타내었다. 실란을 처리하지 않은 소재에 비해 실란을 처리한 경우 우수한 내산화 특성을 보였으며 아미노 실란소재가 더 우수한 특성을 나타내었다.

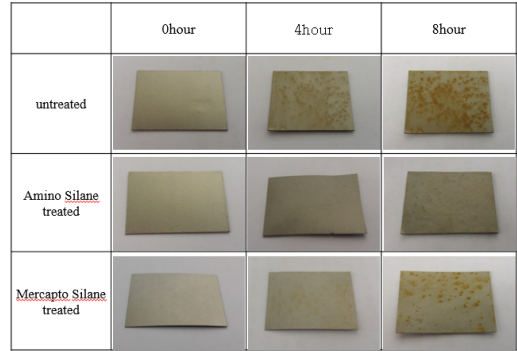


그림1. 5% NaCl 용액에서 염수분무 결과

복합체 제작을 위해서 다양한 복합체를 제작하였는데 55vol%로 복합체에서 투자율에서 3mHZ에서 162(WS), 171(AS), 166(MS), 값을 나타냈으며 100MHz에서의 투자율 또한 실란을 처리한 경우가 MS가 2.9%, AS가 5.4% 높은 것이 관찰되었으며 이는 실란처리에 분산효과와 절연효과 향상에서 기인한 것으로 판단된다.

아래 그림은 아미노실란이 처리된 복합체와 처리를 하지 않은 소재의 차폐특성의 평가 결과 및 치구를 나타내었다.

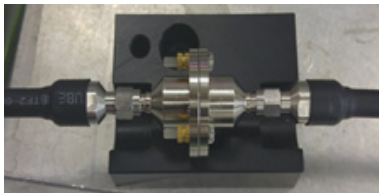


그림2. 차폐 특성을 측정 치구

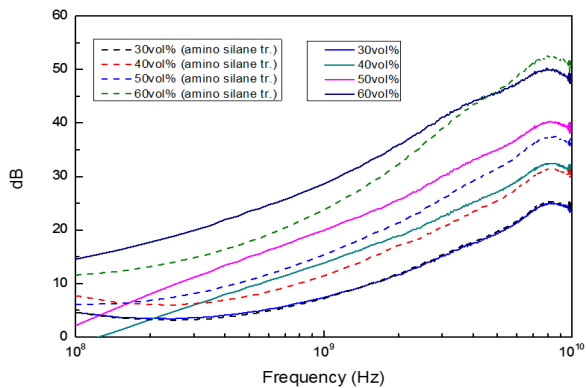


그림3. 실란 처리와 필러 함량에 따른 차폐 특성

차폐특성 평가결과를 보면 필러가 30vol% 일 때 차폐 특성에는 크게 차이를 나타내지는 않지만, 그이상의 필러를 넣은 복합체에서는 실란이 처리된 분말의 경우에 흡수특성이 저하되는데 이는 비저항을 측정한 결과 실란처리에 의한 전도성 저하로 인한 것으로 판단된다. 복합체의 비저항을 측정한 결과, 실란처리를 하지 않은 소재(WS)는 30, 40, 50, 60 vol%에서 각각 4.7×10^6 , 1.9×10^1 , 2.5, $6.6 \Omega \text{cm}$ 이었으며 아미노 실란처리(AS)를 한 경우에 각각 7.6×10^6 , 4.4×10^3 , 5.8, 41 Ωcm 로 처리하지 않은 경우보다 큰 값의 비저항이 관찰되었다.

4. 결론

실란처리를 통해 폴리머와 표면에너지 분석을 통해서 투자율을 향상된 실란 표면 처리제를 선택할 수 있었다. 본 연구에서 아미노 실란은 복합체가 내산화 특성이 우수한 특성을 나타내었다. 또한, 샌더스트 분말 소재로 제작한 복합체는 필러함량 증가에 따라서 차폐특성이 향상되는 경향을 나타내었다. 그러나, 실란 처리에 의한 복합체의 비저항의 증가로 고충전 소재에서는 전도에 의한 차폐특성이 저하되었다.

5. 참고문헌

- [1] K. Sakai, Y. Wada, and S. Yoshikado, PIERS ONLINE, VOL. 4, NO. 8(2008), 846.
- [2] K.Oha, H.Lee,W.Lee,M. Yoo, W, Kim, H Yoon,,J. of Mag. & Mag. Mat., 321(2009), 1295.
- [3] K Sakai, Y Guan, Y Sato and S Yoshikado, Materials Science and Engineering 18(2011), 1.
- [4] Z. Zhang,J. Wei,W, Yang, L. Qiao,T, Wangn, Fm Li, Physica B 406(2011), 3896.