

PAI-Nano CS 하이브리드 절연코팅의 표면접착 및 강도특성

한세원, 김석준, 장해미, 강동필, *이종호

한국전기연구원 나노융합소재연구센터, *LS산전(주) 전력연구소

Surface Adhesion and Strength Properties of PAI-Nano CS Hybrid Insulation Coating

Se-Won Han, Suk-Jun Kim, He-Mi Jang, Dong-Pil Kang, *Jong-Ho Lee

KERI, Nano-Fusion Material Research Center, *LS Industrial System Co., Ltd

Abstract : PAI-CS 나노하이브리드 절연코팅의 표면접착과 기계적 강도 및 내아크 내구성에 대하여 실험 분석하였다. 졸-겔법으로 PAI의 강화입자로 선택한 나노 CS는 매트릭스 수지와와의 상안정성이 잘 이루어졌다. 나노경도를 측정된 결과 순수 PAI수지와 비교하여 CS첨가량이 증가함에 따라 경도와 탄성을 그리고 강성이 개선되고 있다. 한편 실란처리 방법에 따라 경도와 탄성율의 개선폭이 달라지는 경향이 있어 제조시 적절한 실란처리에 의한 표면제어가 필요한 것으로 나타났다. 전기적 표면 내아크시험에서 순수 수지와 비교하여 우수한 내구성을 가지고 있어서 이는 서지와 부분방전 등에 노출되는 전력용 절연코팅으로 사용이 기대된다.

Key Words : 나노하이브리드; PAI-CS; 졸겔; 표면 접착강도; 내아크

1. 서론

유유기 복합기술(organic-inorganic composite technology)은 최근 나노크기의 필러를 사용하면서 열적, 전기적, 기계적 특성을 한 단계 향상시킬 수 있는 기회를 가지게 되었지만 원활한 강화효과를 얻기 위해서는 신개념의 제조방법이 요구되면서 전형적인 혼합방식으로 유유기를 복합하는 것은 균일성, 결합성에서 한계를 갖기 때문에 졸-겔(sol-gel)공법을 이용한 하이브리드 개념이 도입되어 사용되고 있다. 본 논문에서는 졸-겔법으로 제조된 PAI-CS 나노하이브리드 절연코팅의 표면접착 특성과 기계적 강도 및 내아크 내구성에 대하여 실험 분석하였다.

2. 실험

그림 1은 PAI-CS 나노하이브리드 절연코팅의 제조공정을 나타낸 것이다. 하이브리드된 시료의 화학적 상태를 조직은 FT-IR, SEM 및 UV시험 등을 실시하여 확인하였다.

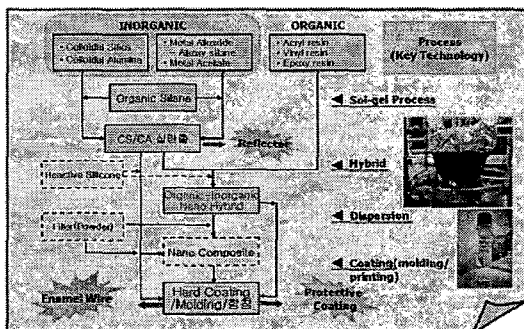


그림 1. PAI-CS 나노하이브리드 절연코팅의 제조공정

전기, 전자용 절연코팅의 경우 기계적 접착력을 확인하는 방법으로 접착강도와 경도시험을 실시한다. 접착강도

의 경우 ASTM D 3359에 따르는 테이프접착시험(Tape adhesion test), 코팅경도는 ASTM D 3363에 따르는 연필경도시험(Pencil hardness test), 그리고 미세한 코팅표면의 기계적 특성을 나노경도(Nano Hardness) 시험을 실시하여 표면 접착력과 기계적 특성 등을 실험하였다. 코팅시료의 전기적 표면 내구성은 ASTM D495에 따른 내아크 시험(Arc Erosion Test)을 실시하여 비교 분석하였다.

3. 결과 및 검토

PAI수지에 10wt% CS조성의 시료에 대한 하이브리드 정도를 확인하기 위해 그림 2는 제조된 PAI-CS 나노 하이브리드 절연코팅의 FT-IR을 분석한 결과이다. 순수한 PAI 수지와 비교하여 CS로 하이브리드된 수지의 경우 Si-O-Si IR 반응 피크인 1100cm⁻¹ 피크가 상대적으로 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 UV특성 실험에서도 가시영역에서 순수 PAI와 거의 같은 값의 투과도를 갖는 것으로 나타났다.

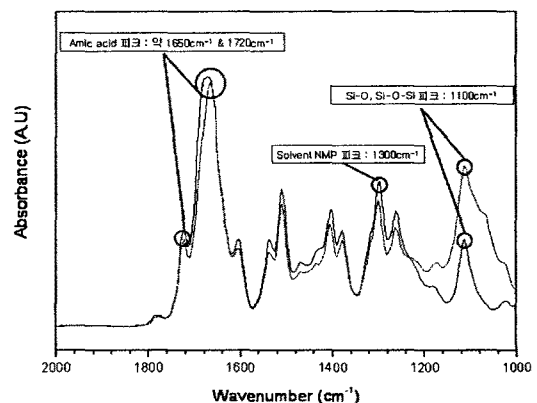


그림 2. 시료의 FT-IR을 분석한 결과

그림 3은 PAI-CS 나노 하이브리드 시료의 코팅상태를 SEM으로 확인한 것이다. 1회 코팅 경화 후 약 5 μ m의 두께로 균일한 두께로 후박이 형성된 것을 알 수 있다.

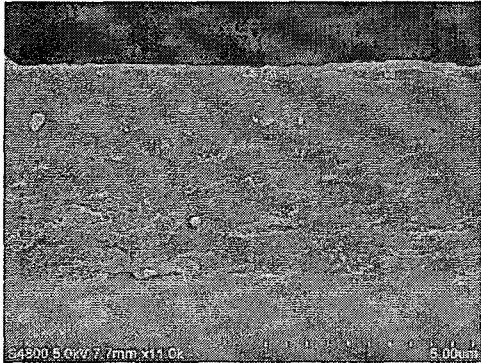


그림 3. PAI-CS 나노 하이브리드 시료의 코팅두께

나노경도를 측정하여 코팅소재의 경도(Hardness), 탄성율(Elastic Modulus) 및 강성(Stiffness)에 대한 물성을 비교하였다. 표 1과 그림 4는 나노 플로이달실리카가 하이브리드 첨가 조성에 따른 코팅시료의 물성을 비교한 것이다. 순수 PAI수지와 비교하여 CS첨가량이 증가함에 따라 경도와 탄성을 그리고 강성이 개선되고 있다. 한편 실란처리 방법에 따라 경도와 탄성율의 개선폭이 달라지는 경향이 있어 제조시 적절한 실란처리에 의한 표면제어가 필요한 것으로 나타났다.

표 1. 시료의 나노경도 특성

Samples	Composition	Hardness	Elastic Modulus	Stiffness
		GPa	GPa	MPa
PAI-1	PAI	0.31	4.37	15.66
PAI-2	PAI(7)/MCS(3)	0.53	7.58	
PAI-3	PAI(7)/MCS(3)/A	0.44	6.83	22.32
PAI-4	PAI(9)/MCS(1)	0.33	4.86	16.97
PAI-5	PAI(9)/MCS(1)/A	0.32	4.78	16.57

그림 5는 PAI수지와 PAI-CS 나노 하이브리드 시료의 아크 내구성 시험결과를 비교한 것이다.

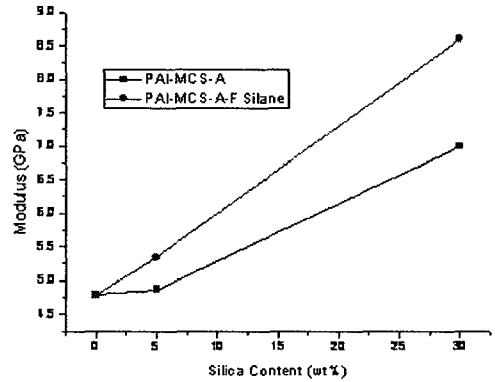
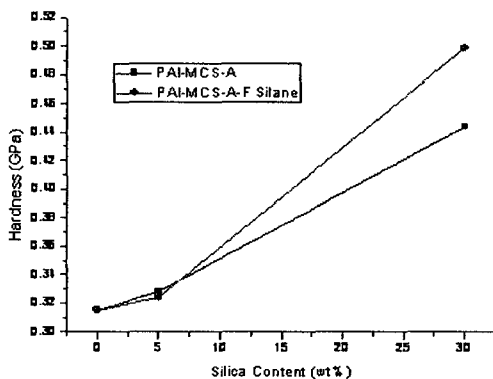


그림 4. PAI-CS 코팅시료의 나노경도 및 탄성을 특성

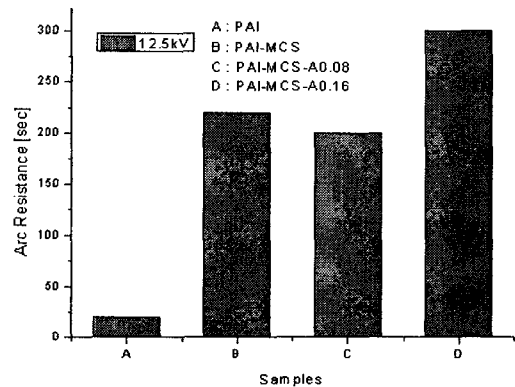


그림 5. PAI-CS 코팅시료의 내아크 특성

4. 결론

졸-겔법으로 PAI의 강화입자로 선택한 나노 CS는 메트릭스 수지와 상안정성이 잘 이루어졌다. 나노경도를 측정 한 결과 순수 PAI수지와 비교하여 CS첨가량이 증가함에 따라 경도와 탄성을 그리고 강성이 개선되고 있다. 한편 실란 처리 방법에 따라 경도와 탄성율의 개선폭이 달라지는 경향이 있어 제조시 적절한 실란처리에 의한 표면제어가 필요한 것으로 나타났다. 전기적 표면 내아크 시험에서 순수 수지와 비교하여 우수한 내구성을 가지고 있어서 이는 서지와 부분 방전 등에 노출되는 전력용 절연코팅으로 사용이 기대된다.

참고 문헌

- [1] T. Imai, et al., "Preparation and properties of epoxy organically modified layered silicate nano composites", IEEE 2002 ISEI, Proceeding, 2002.
- [2] M. Mesaki, et al., "Hybrid composites of polyamid-imide and silica applied to wire insulation", Frukawa Review, No.22, pp1-4, 2002.
- [3] L. Masubuchi, et al., "Self lubricating heat resistant enameled wire for more efficient electrical motors", HITACHI CABLE Review, No.20, pp85-90, 2001.