

154kV 송전급 폴리머애자의 산불에 의한 특성 연구

최인혁, 최장현, 민병욱, 이동일
전력연구원, 한국전력공사

The Study on the Forest Fire Influence of Polymer Insulator for 154kV T/L

(I. H. Choi, J. H. Choi, B. U. Min, D. I. Lee)

KEPRI, KEPCO

Abstract

우리나라 송전선로의 위치는 국토의 65%에 이르는 산지에 대부분 포설되어 있기 때문에 산불과 같은 화재가 발생시 폴리머 애자에 대한 신뢰성에 중요한 문제점을 발생시킬 수 있다. 따라서 산불의 가장자리 온도인 600℃ 부근에 노출된 폴리머 애자의 재질에 대한 특성 분석을 실시하였다. 그 결과 애자의 표면은 무기물이 노출되어 다공성의 특성을 보였고, 내아크시험 결과는 하부 갓의 아크소멸 시간은 A시료는 260초, 290초였고, B시료는 335초, 336초였다. 그리고 접촉각 측정결과는 첫 번째 갓의 하부부분이 상부에 비하여 3°정도 높게 나타났다.

Key Words : Polymer insulator, Forest fire, TGA-DSC, Power arc, Transmission line

1. 서 론

산불이 발생하면 전선이나 애자 등의 부착물이 파손되는 사고가 발생하게 되고 송전선로가 운영되지 못하여 발생하는 여파는 산업전반에 걸쳐 엄청난 파급효과를 미치게 될 것이다. 특히 송전용 폴리머 애자는 송전선을 지지하고 절연 역할을 하는 가장 중요한 기자재 중 하나로 제품 경량으로 운반 및 설치가 용이하고, 우수한 발수 특성으로 섬락현상을 감소시켜 줄 뿐 아니라 누설전류의 감소로 손실 없는 전력공급 측면에서도 크게 유리하다. 이밖에도 높은 기계적 강도, 대량 생산 및 긴급제조 가능 등의 우수한 특성을 많이 가지고 있어 송배전 가공선로에서의 사용이 점점 증가하고 있는 추세이고, 이에 따른 연구도 활발히 진행되고 있다. 이와 같이 폴리머 애자의 사용량 증가 및 폴리머 애자의 전반에 걸친 연구가 많이 진행되었음에도 불구하고, 산불영향에 대한 폴리머 애자의 신뢰성에 대한 연구는 지금까지 국내외에 걸쳐 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 154kV 송전용 폴리머 현수애자를 이용하여 시험선로에 상전압 92kV을 인

가하여 600℃ 부근의 모의 산불 온도에서 폴리머 애자를 노출 시킨 시험 후, 폴리머 현수애자들에 대한 재질분석을 통해 신문에 비해 어떤 특성 변화가 있는지에 대해 비교 검토하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 송전용 폴리머 애자 시료는 A사의 SR 25, 내염형과 B사의 SR 25, 일반형을 이용하여 고창 전력시험센터에서 산불 모의시험을 실시하였다. 인가전압은 상전압 92kV 였고, 폴리머 애자의 갓의 온도는 누설전류 및 온도측정장치(LCTMS)를 이용하여 600℃ 부근에 노출시켰다. 시료 채취는 신문의 경우에 대해서는 첫 번째 갓에서 채취하였으며, 산불 모의 시험한 애자에 대해서는 화염 방향에 직접적으로 맞닿은 쪽의 애자 첫 번째 갓과 첫 번째 갓으로부터 약 40cm 떨어진 갓을 채취하였다.

그럼 1은 시료 채취한 위치를 나타내며, 표 1은 시료 채취 위치, 이름, 종류, 상태 등을 나타내었다. 각 시료 표시명의 -N은 신문에자의 첫 번째 갓을 나타내며, -1은 가장 화염을 심하게 받은 첫

번째 갓, -2는 첫 갓으로부터 30~40[cm] 떨어진 큰 갓을 나타낸다.

확보된 시료에 대한 재질 분석은 시료의 미세 표면을 분석하기 위해 SEM, 절열갓 및 로드에 대한 뇌아크 내구성 분석을 분석하기 위하여 뇌아크 시험, 시료 표면의 손상 정도를 확인하기 위하여 접촉각을 측정하였으며, 재질의 열화 정도를 분석하기 위하여 TGA와 DSC 측정하였다.

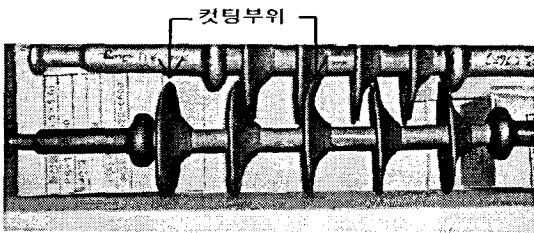


그림 2. 시료채취 부위

표 1. 시료 채취

시료명	시료위치	시료 이름	애자 종류	시료상태
A 시료	첫 번째 갓	A-N	SR25	신품
	첫 번째 갓	A-1	SR25	산불모의
	첫 번째 갓으로부터 40cm 떨어진 갓	A-2	SR25	산불모의
B 시료	첫 번째 갓	B-N	SR25	신품
	첫 번째 갓	B-1	SR25	산불모의
	첫 번째 갓으로부터 40cm 떨어진 갓	B-2	SR25	산불모의

3. 결과 및 고찰

3.1 SEM 분석

SEM 분석의 경우는 갓의 상부 부분을 채취하였으며 직접적인 화염을 받은 갓 하부의 경우는 육안으로 가장 많은 손상을 보인 부분을 채취하여 분석하였다. SEM 분석 결과(가속전압 20[kV], 배율 5K) A시료 송전용 폴리머 애자의 경우는 그림 2와 같이, 신품의 경우는 매끄러운 표면을 보였지만 A-1, A-2 모두 다공성의 표면 특성을 보이며 무기물이 노출된 것을 볼 수 있다. 이는 화염에 의해 유기 성분이 날아가 무기물의 노출된 것으로 사료되며, 특히 가장 많은 손상을 보인 갓 하부의 표면부분은 표면이 심하게 갈라진 상태를 보였다.

또한 애자의 가장 손상이 큰 갓 표면의 단면을 잘라내 단면층 측정하면 건전층과 손상층의 두드러진 표면 상태를 확인 할 정도로 손상층의 두께가 약 0.7~1[mm] 정도였다.

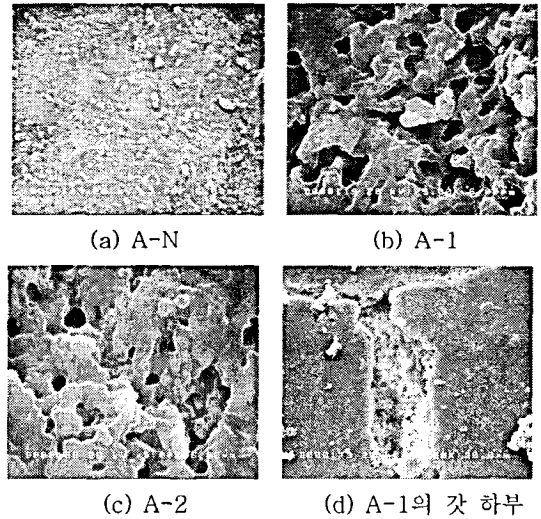
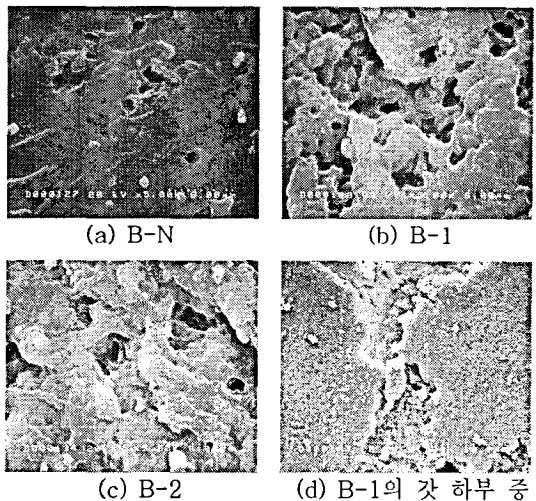


그림 2. A시료 송전용 폴리머 애자의 SEM 분석 결과

B시료의 경우도 그림 3과 같이, 신품의 경우는 매끄러운 표면을 보였지만 A-1, A-2 모두 다공성의 표면 특성을 보이며 무기물이 노출된 것을 볼 수 있다. 또한 가장 많은 손상을 보인 갓 하부의 표면 부분은 표면이 심하게 갈라진 상태를 보였다.



가장 열화가 심한 부위

그림 3. B시료 송전용 폴리머 애자의 SEM 분석 결과

3.2 내아크 특성

표 2는 내아크 특성 실험한 결과를 나타낸 것이다. 각 애자의 갓 상, 하부로 나누어 내아크시험을 한 결과 A시료, B시료 송전용 폴리머 애자의 신폴 및 산불모의 송전용 폴리머 애자 세 번째 갓은 상, 하부 모두 420초(7단계) 동안 아크를 견뎠다. 하지만, 산불 모의 애자 첫 번째 갓의 하부의 경우 A시료 송전용 폴리머 애자는 260초, 290초에 아크가 소멸되었고, B시료는 335초, 336초에 아크가 소멸되었으며 이는 하부의 심한 손상에 기인한 것으로 사료된다.

표 2. 내아크 시험결과

시료 종류			내아크 시험		
			아크소멸시간 [s]		
			1회	2회	3회
A시료	A-N	갓 상부	420	362	420
		갓 하부	420	420	420
	A-1	갓 상부	420	420	420
		갓 하부	290	260	420
	A-2	갓 상부	420	420	420
		갓 하부	420	420	420
B시료	B-N	갓 상부	420	420	420
		갓 하부	420	420	420
	B-1	갓 상부	420	420	420
		갓 하부	335	336	420
	B-2	갓 상부	420	420	420
		갓 하부	420	420	420

3.3 접촉각

접촉각 측정기를 이용하여 송전용 폴리머 애자 시료의 접촉각을 측정한 결과 표 3과 같이 나타내었다. 접촉각 측정 결과 각각의 신폴의 상, 하부 접촉각은 거의 비슷하였지만, A시료 및 B시료의 가장 심한 손상을 입은 산불 모의 시험한 송전용 폴리머 애자의 첫 번째 갓은 상부에 비해 하부 부분이 3도 정도 높게 나타났다. 이는 손상에 따른 표면 거칠기가 거칠어지고 내부 오일과 표면과의 거리가 다소 감소되었기 때문인 것으로 사료된다.

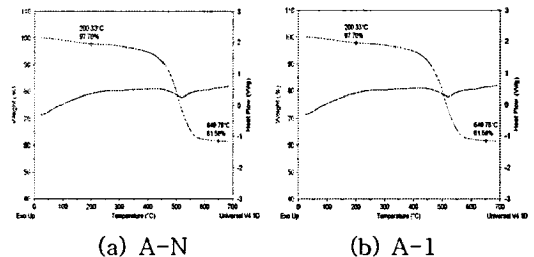
표 3. 접촉각 측정결과

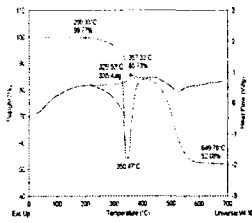
시료 종류			접촉각 측정	
			정적 접촉각 [deg]	
			평균접촉각	
A시료	A-N	상부	106.0	
		하부	105.5	
	A-1	상부	107.0	
		하부	110.0	
	A-2	상부	108.0	
		하부	110.0	
B시료	B-N	상부	108.0	
		하부	109.0	
	B-1	상부	109.0	
		하부	112.0	
	B-2	상부	107.0	
		하부	108.0	

3.4 열분석

산불 모의(화염) 송전용 폴리머 애자에 대한 재질의 열화를 조사하기 위하여 TGA와 DSC를 이용하였으며 시험의 특성상 일부분만을 대상으로 하기 때문에 화염으로 인한 열화가 심한 부분과 덜한 부분을 선택하여 실험을 하였다.

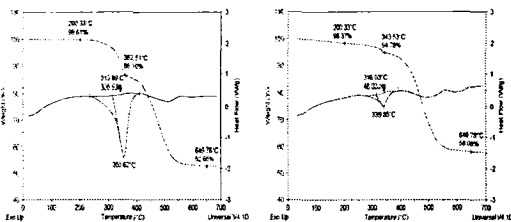
그림 4, 5은 A시료, B시료 송전용 폴리머 애자의 산불 모의시험에 관한 하우징 재질의 DSC-TGA thermogram을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 신폴의 경우 ATH가 함유된 실리콘 고무의 전형적인 thermogram을 보여주고 있다. 220℃ 근처에서 ATH의 분해가 일어나 결정수가 방출됨을 알 수 있다. 화염에 의한 열화를 받은 시료의 경우 심각한 정도에 따라 다르긴 하지만 이미 ATH의 분해와 실리콘 고무의 열화가 나타남을 알 수 있으며 이는 장기적인 관점에서 하우징 고무의 기계적 성능의 저하로 인하여 문제 발생의 소지가 있음을 시사한다.





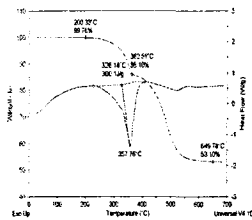
(c) A-2

그림 4. A 송전용 폴리머 애자의 DSC-TGA thermogram



(a) B-N

(b) B-1



(c) B-2

그림 5. B시료 송전용 폴리머 애자의 DSC-TGA thermogram

3. 결론

본 연구에서는 154kV 송전용 폴리머 애자를 이용하여 상전압 92kV을 인가하여 600°C 부근의 도의 산불 온도에서 폴리머 애자를 노출 시킨 시험 후 각 애자에 대한 재질분석을 실시하였다.

(1) SEM 분석결과 무기물의 노출에 의한 애자는 다공성의 표면을 관찰할 수 있고, 갓 하부의 표면은 심하게 갈라진 상태가 나타났다.

(2) 내아크 시험 결과는 A시료 및 B시료는 상, 하부 모두 420(7단계) 동안 아크를 견뎠지만, A시료의 첫 번째(A-1)갓은 260초, 290초에 아크가 소멸했으며, B시료의 첫 번째(B-1) 갓은 335초, 336

초에 아크가 소멸되었다.

(3) 접촉각 측정결과 A시료, B시료 모두 첫 번째 갓에서 하부 부분이 상부에 비하여 3° 정도 높게 나타났다.

(4) 열분석 결과 220°C 근처에서 ATH의 분해가 일어나 결정수가 방출되어 실리콘 고무의 열화가 나타났다.

상기 결과로부터 폴리머 애자의 하우징 재질은 소재의 밀접한 관계를 가지고 있어 소재의 특성이 저하되어 있을 가능성이 내포한다고 판단되며, 산불에 의해 노출된 제품의 경우 초기에는 사용할 수 있으나, 교체하는 등의 적극적인 대책과 보완이 필요하다고 판단된다.

참고 문헌

- [1] 최인혁, “송전용 애자 기술”, KEPRI JOURNAL (겨울호), pp. 34-44, (2003).
- [2] 오정수, 이명보, 김병수, 이시영, “외국의 산불 예방과 진화”, 임업연구원, (2002).
- [3] Toru Nakura, “Experience of Arrester Application to Overhead Transmission Lines”, Proc. of International Symposium on modern Insulator Technologies, Florida, (1997).
- [4] 이시영, “산불발생 위험도 및 연소확대 요인 분석에 관한 연구”, 동국대학교대학원 박사학위 논문, (1995).