

PTFE 복합재료의 광반사율과 내아크 특성

박효열, 강동필, 안명상, 나문경

한국전기연구원

Light Reflectance and Arc Resistance of PTFE Composites

Hoy-Yul Park, Dong-Pil Kang, Myeong-Sang Ahn and Moon-Kyong Na

Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Light reflectance and arc resistance of PTFE composites were investigated. PTFE composites have been used widely as a material for circuit breaker nozzle. Arc energy is transported to the nozzle material by radiation. It is needed to add some fillers to PTFE to avoid energy penetration into the nozzle material. In this paper, some fillers that have endurance in the high temperature arc environment were added into PTFE. The light reflectance and arc resistance of PTFE composites according to the kinds and content of fillers were investigated.

Key Words : PTFE, Light reflectance, Arc resistance, Circuit breaker, Nozzle

1. 서 론

PTFE 복합재료는 전력기기용 차단기의 노즐용 절연재료로서 많이 사용되어 왔다. 차단기에서 도체인 금속 접점 부분이 기계적으로 동작하여 분리됨으로서 전력을 차단하는데 이 접점 주위를 절연부품인 노즐이 감싸고 있다. 고전압 대전류의 차단기류에 사용되는 노즐을 비롯한 절연부품은 아주 순간적이긴 하지만 매우 높은 온도에 노출되게 되어 있다. 따라서 차단기의 금속접점 주위를 둘러싸고 있는 절연재료는 내열성, 열충격성 등이 우수하여야 하고 광범위한 온도범위에서 물성의 변화가 크지 않아야 한다[1].

전기절연성, 화학적 불활성, 내열성, 윤활성, 넓은 사용온도 범위 등이 우수하여 특수용도의 구조재료로서 사용되고 있는 PTFE (polytetrafluoroethylene : 사불화불소수지)가 현재 노즐재료로 사용되고 있지만 부분적으로 탄화가 발생하고, 아크에 의하여 용삭되는 기구(mechanism)에 관해서는 완전히 이해되지 않고 있다[2]. 차단용량이 증대됨에 따라 PTFE 노즐재가 대전류의 아크에 노출되면서 표면의 열화뿐만

아니라 내부에서의 폭발(explosion)이 발생되어 내구성에 심각한 문제가 생긴다. 즉, 고온의 플라즈마상의 아크로부터 발생된 에너지선이 노즐에 도달하여 그 노즐의 표면으로부터 내부층에 불규칙하게 침입하여 노즐 내에 에너지가 축적되어 지고 이 축적된 에너지에 의하여 노즐 내부에서 폴리머의 열분해가 일어나서 어떤 부분은 검게 변하고, 어떤 부분은 가스화 된다. 따라서 이 발생된 가스는 고상의 수지에 비하여 매우 체적이 팽창된 것이기 때문에 기계적으로 취약한 부분을 경로로 하여 외부로 방출되게 된다. 실제 여러 회 차단 후의 노즐에서는 내부로부터의 폭발현상이 관찰되고 있다[3].

차단동작이 일어날 때 발생하는 아크 에너지는 복사(radiation)의 형태로 노즐에 전달되므로[4, 5] 이 아크 에너지를 반사시키는 광반사율이 중요한 인자가 된다[6]. PTFE의 광반사율은 상온에서 매우 높게 나타난다. 그러나 대전류를 차단할 때 발생하는 아크에 의하여 온도가 상승하게 되면 PTFE는 용융되어 무정형의 투명한 상태로 되어 광반사율이 저하되게 된다. 따라서 아크광을 반사하는 능력이 떨어지게 되므로 재질내부로 에너지의 유입이 증가되어

내부온도 상승의 원인이 되며 그것이 재질 용삭의 직접적인 원인이 된다.

전력용 차단기에 있어서 차단할 때 교류전류의 파괴치는 수 만 암페어 이상이 된다. 이와 같은 대전류 아크의 복사는 매우 크게되어 노즐을 용삭시키게 된다. SF₆ 가스 차단기에서 발생하는 복사에너지의 대부분이 자외선 및 가시광선 영역의 파장을 나타내므로 복사에너지에 대한 내구성을 위해서는 노즐재료의 단파장에서의 광반사율이 매우 중요한 인자이다[7].

차단동작이 일어날 때 발생하는 아크에 의하여 노즐의 온도가 상승하여 광반사율이 저하되므로 여기에 아크에 내구성이 있는 무기물 보강재를 첨가하게 되면 아크에 의한 노즐의 용삭이 줄어들 것으로 예상된다. 실제, 대전류 차단기의 노즐로서 PTFE에 무기물 보강재를 첨가하여 사용을 하고 있으며 이에 대한 재료의 특성에 관한 연구[8-10]가 보고되고 있다.

보강재의 종류 및 양에 따른 PTFE 복합재료의 특성의 변화 등에 대한 체계적인 자료가 필요하다. 본 논문에서는 고온의 아크환경에서 광반사율을 증가시키는 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂의 광반사율과 보강재를 첨가한 PTFE 복합재료의 광반사율 및 내아크성에 대하여 연구하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

진공분위기 하에서 압축성형방법으로 시편을 성형하였다. 시편은 봉상으로 성형하여 판상으로 절단하여 사용하였다. 복합PTFE의 성형압력은 보강재 종류나 수지와 보강재의 비율에 따라서 크게 달라지므로 보강재의 함량이 증가할수록 성형압력을 증가시켰다.

2.2 광반사율

고전압 대전류의 차단시에 발생하는 플라즈마상의 아크 에너지는 대부분 복사의 형태로 주변의 재료에 에너지 전달이 이루어지므로 초고압 내아크성의 재료에 있어서 광학적 특성은 매우 중요한 인자이다. 빛이 물체 표면에 입사되면 빛의 일부가 반사되는데 반사율은 경계면에서 반사된 에너지의 입사에너지에 대한 비 또는 그 백분율을 말한다. 나머지는 그 물체에 흡수되거나, 그 물체가 유리나

물과 같이 투명한 경우에는 투과된다. 반사의 경우 specular와 diffuse의 2 성분으로 분리하여 생각할 수 있는데 specular 반사는 유리면과 같은 표면에서 일어나는 반사로서 반사의 법칙인 입사각과 반사각이 같은 반사이다. 반면에 diffuse 반사는 빛이 물체의 표면에서 여러 가지 다른 방향으로 산란이 일어나는 반사를 지칭하는 것으로서 표면이 유리 와 달리 매끄럽지 않은 경우에 일어난다.

본 실험에서는 Varian의 Cary5 UV-Vis-NIR Spectrometer를 사용하여 110 mm 반경의 적분구로써 specular와 diffuse 성분의 반사율을 합한 전체 반사율(total reflectance)을 측정하였다.

그림 1에 PTFE의 파장에 따른 광반사율의 변화를 나타내었다. 광반사율은 파장이 짧을수록 높게 나타났고 파장이 길어짐에 따라서 점차 낮게 나타났으며 파장이 2000 nm부터 그 감소의 정도는 크지 않았다.

그림 2, 3 및 4에 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂ 분말의 파장에 따른 광반사율의 변화를 나타내었다.

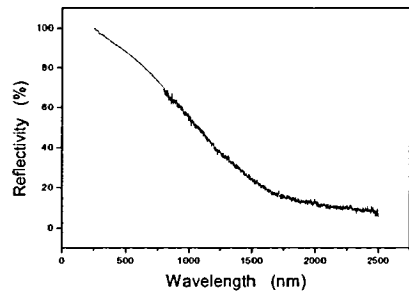


그림 1. PTFE의 광반사율

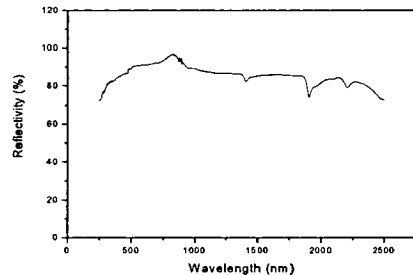


그림 2. BN 분말의 광반사율

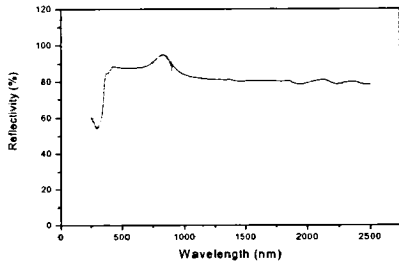


그림 3. Al₂O₃ 분말의 광반사율

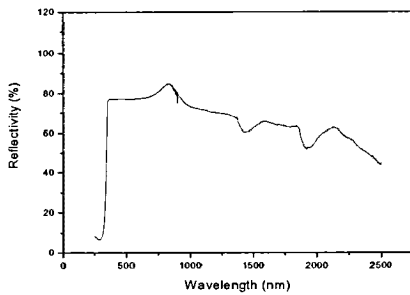


그림 4. TiO₂ 분말의 광반사율

그림 2, 3 및 4에 따르면 단파장에서는 모든 분말의 광반사율이 장파장에서의 값에 비하여 낮게 나타났으며 BN을 제외한 Al₂O₃ 및 TiO₂ 분말의 광반사율은 단파장에서 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 전체적으로 광반사율은 BN 분말이 가장 높게 나타났고, Al₂O₃, TiO₂ 분말의 순서로 광반사율이 낮게 나타났다.

그림 5, 6 및 7에 PTFE에 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂를 각각 5, 10, 15 및 20%를 첨가한 PTFE 복합재료의 파장에 따른 광반사율의 변화를 나타내었다.

그림 5, 6 및 7에 따르면 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂를 첨가한 PTFE 복합재료는 단파장에서는 첨가량이 적을수록 광반사율이 높게 나타나고, 장파장에서는 첨가량이 많을수록 광반사율이 높게 나타났다. 그것은 PTFE의 파장에 따른 광반사율에 따르면 PTFE는 단파장에서의 광반사율이 높고, 장파장으로 갈수록 광반사율은 낮아지는 반면에 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂ 분말은 PTFE에 비하여 단파장에서는 광반사율이 낮고 장파장에서는 광반사율이 높기 때문인 것으로 보인다.

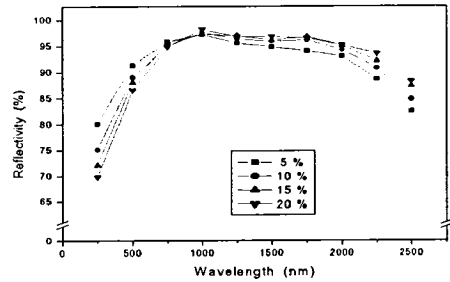


그림 5. BN이 첨가된 PTFE 복합재료의 광반사율

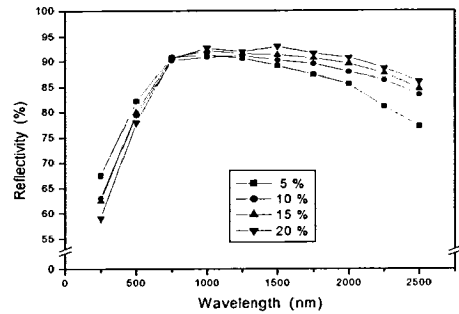


그림 6. Al₂O₃가 첨가된 PTFE 복합재료 광반사율

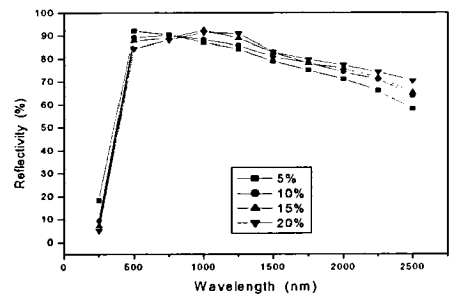


그림 7. TiO₂가 첨가된 PTFE 복합재료의 광반사율

2.3 내아크성

본 실험에서 시료는 압축성형한 판상을 사용하였다. ASTM D495의 방법에 의하여 내아크성을 측정하였다. 아크에 의한 저항성을 측정하기 위하

여 일정 전압을 인가하고 일정 시간 후 용삭이 일어난 뒤 무게손실로 비교를 하였다. 인가한 전압은 20,000 V이고, 270 초 후 무게감량을 측정하였다.

그림 8에 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂를 첨가한 PTFE 복합재료의 아크인가 후 무게감량을 나타내었다.

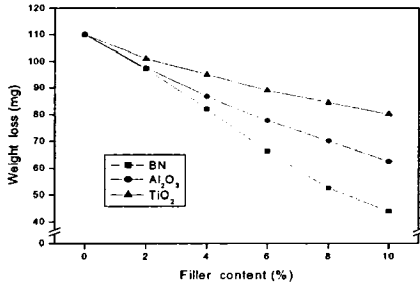


그림 8. PTFE 복합재료의 무게감량

그림 8에서 보강재의 양이 증가함에 따라서 PTFE 복합재료의 무게감량이 줄어들고 있으며 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂를 첨가한 순서로 PTFE 복합재료의 무게손실이 작게 나타났다. 무게손실이 적다는 것은 내아크성이 우수하다는 것과 같다. 따라서 BN을 첨가한 PTFE의 내아크성이 가장 우수하고 보강재의 양이 많을수록 내아크성이 우수하게 나타났다.

4. 결 론

PTFE의 광반사율은 파장이 짧을수록 높게 나타났고 파장이 길어짐에 따라서 점차 낮게 나타났다. BN, Al₂O₃ 및 TiO₂ 분말은 단파장에서 모든 분말의 광반사율이 낮게 나타났으며 BN을 제외한 Al₂O₃ 및 TiO₂ 분말의 광반사율은 단파장에서 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 전체적으로는 BN 분말의 광반사율이 가장 높게 나타났다.

PTFE에 BN, Al₂O₃ 및 TiO₂ 분말을 첨가함에 따라서 단파장에서의 광반사율은 감소하고 장파장에서의 광반사율은 증가하는 현상을 나타내었다. BN을 첨가한 PTFE 복합재료의 광반사율이 가장 높게 나타났다. PTFE 복합재료의 내아크성은 BN을 첨가하였을 경우 가장 높게 나타났다.

참고 문헌

- [1] K. Ibuki, "Key Technologies for Developing a 400 kV 50Ka GCB", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, No. 3, 1989.
- [2] W.D. Liu, J.W. Spencer, J.K. Wood, J.J. Chaaaraoui, G.R. Jones, "Effect of PTFE Dielectric Properties on High Voltage Reactor Load Switching", IEE Proc-Sci. Technol., Vol. 143, No. 3, pp. 195-200, May, 1996.
- [3] Japanese Patent, No. 1155281.
- [4] G. R. Jones, N. Y. Shammass, and A. N. Prasad, "Radiatively Induced Nozzle Ablation in High-Power Circuit Interrupters", IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. PS-14, No. 4, pp. 413-422, August, 1986.
- [5] R. W. Liebermann and J. J. Lowke, "Radiation Emission Coefficients for Sulfur Hexafluoride Arc Plasmas", J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer Vol. 16, pp. 253-264, Pergamon Press, 1976.
- [6] Japanese Patent, No. 2581606.
- [7] 梅田, 金岩, 横水, 松村, 鬼頭, "大電流 가스 아크의 파장別 放射 파워", 電氣學會研究會資料, 開閉保護研究會(SP-96-34), 高電壓研究會(HV-96-38), 合同研究會, pp. 73-82, 1996.
- [8] L. Müller, "Pressure Build-up and Ablation of Insulating Nozzles by Arcs", The Eleventh International Conference on Gas Discharges and Their Applications, pp. 366-369, September, 1995.
- [9] A. K. Pugachev, V. S. Chemeris, A. F. Tikhomirov and O. I. Ol'shevskii, "Composite Materials for the Nozzles of SF₆ Breakers with Increased Switching Wear Resistance", Elektrotehnika, Vol. 61, No. 12, pp. 72-74, 1990.
- [10] R. Meier, F. K. Kneubühl, and H. J. Schötzau, "Mass-Spectroscopic Study of the Influence of Nozzle Material on High Pressure SF₆ Arcs", Appl. Phys. B 48, pp. 187-211, 1989.