폴리머 애자의 트래킹 열화 평가방법 연구

Study of test method of tracking degradation for polymer insulation

심 대 섭, 박 병 락, 박 성 균, 소진중

한국전기연구소 전기시험연구센타

(Dae Sup Shim, Byung Rak Park, Sung Gyun Park and Jin Jung Soh)

Korea Electrotechnology Research Institute, Electrical Testing Division and Research Center

Abstract

EPDM/silicone blend was prepared with polyorganosiloxane compatibilizer for out-door polymer insulation used to shed. Each blend had various weight ratios, 100/0, 90/10, 70/30, 50/50, 30/70, 10/90, and 0/100 as EPDM to silicone, and electrical and tracking characteristics were studied with the method of IEC 60587. And also, tracking properties and contact angle related to UV-weathering period were studied to understand the degree of degradation of blend after 1000 h UV-weathering.

Key Wards : EPDM/silicone blend, tracking, weathering, contact angle

1. 서 론

고분자 재료는 절연저항 및 절연파괴강도가 크며 유전손실이 낮고 압축강도를 제외한 대부분의 기계적 강도가 우수할 뿐만 아니라 대량생산이 가능하여 절연물로 광범위하게 이용할 수가 있다. 이중 고무 절연재료는 탄소를 골격으로 하는 유기재료 이므로 대체로 열에 약하고, 내후성과 내트리킹성이 좋지 않지만 고무에 여러 종류의 첨가제를 혼합하여 물성을 개량하고 있다[1-3]. 최근 제조기술의 발달로 옥외에서도 내후성이 좋은 EPDM, 실리콘 고무, EVA 등의 재료가 복합화되어 옥외용의 절연물 소재로 이용되고 있다. 또한, 고분자 절연물의 경우 장기적으로 송, 배전 계통에 적용되는 경우에 나타날 수 있는 열화 및 수명 진단을 위한 평가기술이 용이하지 않아 이에 대한 적용이 어려웠으나 최근 일부 복합소재의 열화 평가기술의 꾸준한 연구결과들로 매우 유용한 실험방법 등이 제시되고 있다[4-6].

본 연구에서는 EPDM과 실리콘고무 개질제로서 효과가 크고, 높은 가교도, 내화학성, 내열성, 내용제성이 좋고, silicone고무의 특성을 개량하기 위한 첨가제로 사용되고 있는 1,2 LPB 중합체를 상용화제로 이용하여 EPDM/실리콘 고무 블렌드를 제조한 후 이에 여러 가지 배합제를 혼합하여 성형하고, 실리콘 고무의 함량에 따른 내트랙킹성을 고찰하고, 열화정도에 따른 표면특성 및 그에 따른 내트랙킹성을 측정하였다.

2. 실 험

2.1 재료

실리콘고무는 독일 Bayer사의 제품인 Siloprene (V.M.Q type; vinyl methyl based silicone)을 사용하였고, EPDM은 금호화학의 VISTALON 2504로 ethylene/propylene/ENB의 함량이 57.5/37.8/4.7이고 비중이 0.86, Mooney viscosity(ML 1+4, 125℃)가 26인 것을 구입하여 사용하였다. 상용화제는 Ricon131(Ricon Resins Inc. UAS)를 구입하여 사용

하였다. 가황제로 미국 Hercules사의 dicumyl peroxide(DCP) 특급시약을 그대로 사용하였으며, 보강성 충진제는 영국 Microfine Minerals사의 수산화 알루미늄 $Al(OH)_3$를 사용하였으며 이의 평균입도는 1~3㎛이하이다. Stearic acid 및 Zinc oxide는 국산 천광유지사와 한일화학 제품을 사용하였으며, P6 oil은 미창석유공업의 process oil을 사용하였다.

2.2 내트랙킹성 측정

내트랙킹성은 IEC 60587의 경사평면법으로 상부 및 하부전극을 시료에 부착하고, 상부전극과 시료 사이에 오손액이 균일하게 흐르도록 8매의 여과지(filter paper)를 겹쳐 상부전극과 시료사이에 끼워 정량펌프로 오손액을 공급한다. 상부전극과 하부전극의 거리는 50±0.5mm이며, 수평으로부터 45° 로 유지하여 실험하였다. 트래킹파괴는 고압회로에 60 ㎃ 이상의 전류가 2초간 연속적으로 흐를 때의 시간을 평가하였다.

2.3. 발수특성 측정

고분자 재료의 가장 중요한 특성중의 하나인 발수성(젖음성)을 평가하기 위한 측정은 고체표면에 물방울이 부착한 사이에 형성되는 접촉각을 말한다. EPDM/ Silicone 블렌드 시료는 1000시간동안 촉진내후 시킨 후 23 ℃의 실온에서 Cahn사의 dynamic contact angle meter인 DCA 315를 사용하여 접촉각을 측정하였다. 용액은 탈이온 증류수 6 ㎕를 sessile drop 형태로 시료 표면에 적하하여 시료 표면과 물방울 계면이 확대되어 나타난 모니터를 통해 접촉각을 측정하고, 이를 10회 연속 측정을 하여 평균값을 나타내였다.

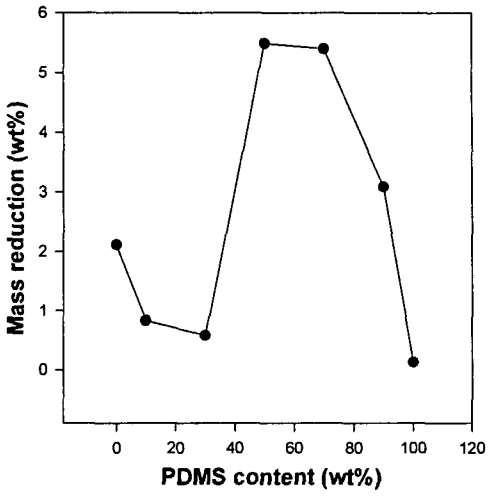

Figure 1. Mass reduction of EPDM/silicone rubber blend according to silicone(PDMS) content.

3. 결과 및 고찰

3.1 내트래킹 시험

Table 1은 EPDM에 silicone 고무의 첨가량에 따른 블렌드의 내트래킹 시험을 나타낸 것으로 silicone의 함량이 10%와 30%일 때가 EPDM과 silicone 고무와 같은 트래킹 시간을 나타내었다. 이는 상용화제를 사용해서 silicone의 함량이 30% 이상이 되면 EPDM/silicone 블렌드는 상분리 현상이 일어나 두 상간의 계면접착력이 약해져 트래킹에 이르는 것으로 보인다. 또한 erosion은 트래킹 열화하는 동안 침식의 최대 깊이를 나타낸 것으로 silicone의 함량이 30% 이상인 시료인 ES-50, ES-70, 그리고 ES-90등의 시료가 침식이 빠르게 진전되는 경향을 나타내는 것이 관찰되는데, 이는 상분리 현상 및

Table 1. Inclined plane test at 4.5kV : Influence of the PDMS content

Type	unit	ES-0	ES-10	ES-30	ES-50	ES-70	ES-90	ES-100
PDMS content	wt%	0	10	30	50	70	90	100
mass reduction	wt%	2.11	0.83	0.58	5.49	5.40	3.08	0.13
time at failure	min	>360	>360	>360	>250	>190	>310	>360
erosion	mm	2.55	1.24	1.09	3.95	3.98	3.05	0.31
passed the test	Y/N	Y	Y	Y	N	N	N	Y

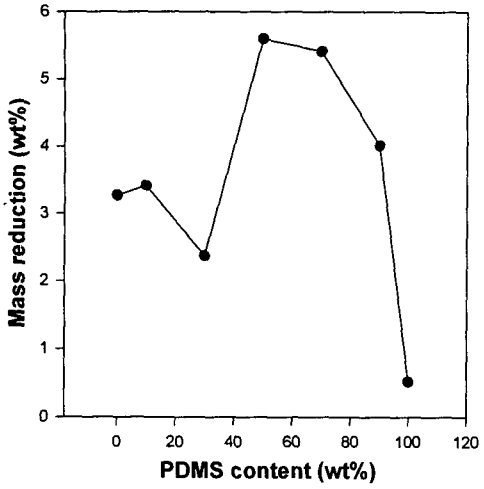

Figure 2. Mass reduction of EPDM/silicone rubber blend according to silicone content after 1000 h weathering.

가교밀도가 낮아 표면 방전열에 약하기 때문으로 생각된다. Silicone의 함량이 10%, 그리고 30%인 경우에 중량감소가 적은 것은, 표면에너지가 적은 silicone의 methyl기가 표면으로 배향하기 때문에 발수성이 좋아 나타난 결과로 보여진다. Table 2와 Figure 2에 모든 시료를 1000시간동안 촉진내후시험 후의 내트래킹 결과를 나타내었다. EPDM과 ES-10 블렌드 고무는 내트래킹 시험에서 질량감소가 자외선 열화 이전보다 크게 변화된 결과를 나타낸 것은 이들 시료가 순수한 silicone 고무보다 표면의 열화가 진행되어 발수성이 저하되었기 때문으로 사료된다. 이러한 현상은 Figure 4-6의 EPDM, ES-30, 그리고 silicone 고무의 표면관찰로 확인된다. 즉 EPDM고무는 표면균열 정도가 많고, ES-30은 약간의 표면균열을, 그리고 silicone 고무는 거의 열화 정도가 적은 것으로 나타났다.

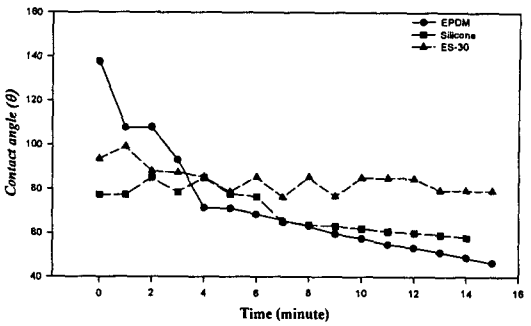

Figure 3. Contact angle of EPDM, silicone and ES-30 after 1000 h weathering.

2.3. 발수특성 측정

Figure 3은 1000시간동안 자외선 촉진시험 후 시간에 따른 접촉각을 측정하고 그 결과를 나타낸 것이다. EPDM고무는 초기에 큰 접촉각을 보이다가 점차 낮게 나타나는데, 이는 내후열화됨에 따라 표면이 부식되고, 미세균열의 발생으로 접촉각이 낮아지기 시작하는데, 이는 트래킹의 결과와 일치한다. 열화정도가 낮은 실리콘고무의 경우 가장 우수한 접촉각을 유지하였고, ES-30의 경우에는 EPDM과 silicone의 중간정도의 접촉각을 유지하였다.

4. 결 론

EPDM/Silicone 이 성분계에 1,2-LPB를 도입하여 제조한 절연물에서 내트랙킹성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 트랙킹 열화시험 결과 실리콘 첨가량이 각각 10%, 30% 일때 EPDM 시료 보다 비교적 중량감소가 적은 것으로 보아 침식진전이 적고 30%이상에서는 내트랙킹성이 없거나 침식이 빠르게 진전되는 것

Table 2. Inclined plane test at 4.5kV : Influence of the PDMS content after 1000 h weathering

Type	unit	ES-0	ES-10	ES-30	ES-50	ES-70	ES-90	ES-100
PDMS content	wt%	0	10	30	50	70	90	100
mass reduction	wt%	3.27	3.41	2.37	5.60	5.41	4.01	0.12
time at failure	min	>360	>360	>360	>270	>190	>340	>360
erosion	mm	2.61	2.47	2.11	4.15	4.35	4.93	0.37
passed the test	Y/N	Y	Y	Y	N	N	N	Y

Figure 4. Surface degradation of EPDM after 1000 h wehatering.(×100)

Figure 5. Surface degradation of ES-30 after 1000 h weathering.(×500)

을 알 수 있었다.

2. 1000시간 촉진 내후시험 후의 트랙킹, 접촉각 측정, 광학현미경 관찰 결과로 보아 EPDM/silicone 블렌드계는 EPDM보다 표면 에너지가 낮기 때문에 침식에의한 중량감소가 적은 것으로 생각된다.

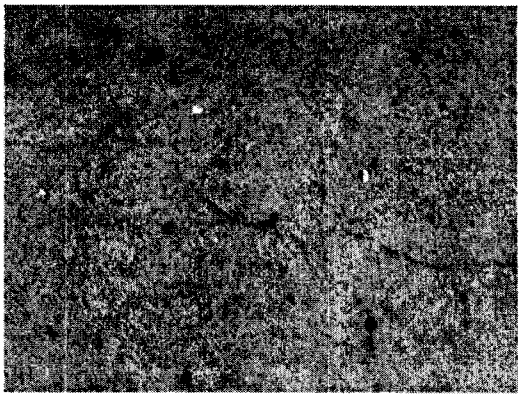

Figure 6. Surface degradation of silicone after 1000 h weathering.(×500)

참고 문헌

[1]. F. F. Hanna, A. A. Yehia and A. Abou Bakr, Ind. J. Phys., 44, 514, 1970.

[2]. A. F. Younan, s. L. ABD-EL-MESSIEH, A. A. Gasser, J. Appl. Polym. Sci., 70, 2601-2608, 1988.

[3]. Swapan Kole, Ashiis Bhattacharya, D. K. Tripathy, and Anil K. Bhowmick, J. Appl. Polym. Sci., 48, 529-545, 1993.

[4]. Hermann C. Karner, Proc. Symp. on Non-Ceramic Insulator Tech., 12-14, 1966, June.

[5] R. S. Hattori, J. F. Conclaves, Conf. Rec. of 1992 IEEE Inter. Symp. on Electrical Insulation, Baltimore, June 7-10, 1992

[6] Torbjorn Sorqvist, Antonios E. Vlastos, Conf. Rec. of 1996 IEEE Inter. Symp. on Electrical Insulation, Quebec, June 16-19, 1996.