

폴리머 애자의 열분해 특성에 관한 연구

박철배, 천성남, 이병성, 민동예
한국전력공사 전력연구원

The Study on the Character of Pyrolysis of Polymeric Insulators

Park Chul-bae, Chun Sung-nam, Lee Byung-sung, Min Dong-ye

Abstract - 전력기술의 발전함에 따라 절연소재 또한 급속한 발전을 가져왔다. 특히, 오랫동안 사용해온 자기재 절연물에서 시공의 용이성, 경량성, 내오염성 등과 같은 장점을 가진 폴리머 절연물로 대체 되어 사용되어져 왔다. 폴리머 애자는 1980년대 말에 최초로 사용되기 시작 하여 2007년 한 해 동안 약 100만여개의 폴리머 애자가 배전선로에 사용되고 있다. 이러한 폴리머 절연재료는 그 수명이 20년 으로 보고되어지지만, 그 수명이 종기인 현재 폐기되는 폴리머양은 점차적으로 증가할 것으로 보여진다. 본 논문에서는 이러한 폴리머 폐기물의 처리를 위한 열분해 특성에 관한 것으로 향후에 효율적인 폴리머 절연폐기물의 처리를 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

1. 서 론

최근 들어 환경문제에 대한 하나의 해결책으로 자원 재활용에 대한 관심이 높아지면서 폐기물 처리에 있어서도 재활용 및 자원 재순환의 개념을 도입하여 폐기물의 재이용 방법을 강구하거나 폐기물을 단순히 소각하는 처리 방법을 넘어 열분해에 의한 에너지 회수기술에 관심을 가지기 시작하였다. 이에 폴리머 절연폐기물의 열분해 처리와 관련하여 부딪히는 문제들 중 주요한 것으로는 폴리머 절연 폐기물의 성상이 대체로 일정하며 고열량을 가지는 잠재 에너지가 높은 재료임에도 불구하고 발생량이 그다지 많지 않고 폐기물이 전국에 걸쳐 발생하므로 이들을 한곳으로 모으는데 비용이 소요되는 것과 관련된 것이었다. 이는 지금까지 대부분의 폐기물 처리공정이 일정정도 이상의 규모가 되어야만 경제성을 확보할 수 있게 되기 때문에 절연폐기물이 그다지 매력적인 처리대상이 되지 못해왔다. 하지만 환경문제에 대한 관심이 높아지고 자원의 재이용에 대한 요구가 급증할 뿐 아니라 그 결과로 오염물질의 배출이 최소화되는 점에서 소량의 자원도 효율적으로 재이용하는데 관심을 두고 있다.

이에 본 연구에서는 우리나라 배전계통에서 사용되고 있는 폴리머 애자를 대상으로 열분해 특성에 관한 연구로써 향후에 발생할 폴리머 절연폐기물의 처리방안을 강구하는 기초적인 자료로 활용하고자 한다.

2. 본 론

1. 원소분석

배전분야에서 배출되는 폴리머 폐 기자재의 처리 및 자

원화 공정에서의 적용 가능성을 평가하기 위해 폴리머 폐기물 중 대표적인 재료인 애자를 대상으로 Fisons社의 EA1108를 사용하여 원소분석을 실시하였다. 본 장비는 유기화합물의 주성분인 C, H, N, S와 O를 정량하는 장비로서 1,800℃에서 연소시킨 시료의 연소기체를 고순도로 Cu로 환원시킨 후 GC에 통과시켜 각 성분의 양을 측정하는 장비로써 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 폴리머 애자 원소성분 분석 결과

소재명	Nitrogen %	Carbon %	Hydrogen %	Sulfur %	Oxygen %	Chloride %
Silicon 애자	0.01 이하	12.55	5.61	0.01 이하	11.73	0.0012
EPDM 애자	0.08	32.46	7.99	0.01 이하	18.90	0.0023
애자 rod (FRP)	0.07	20.91	2.33	0.01 이하	6.53	0.0009

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 폴리머 애자의 폐기물은 대부분 탄소와 수소로 구성되어 있으며, 열분해 공정시 많은 양의 수소와 탄소 그리고 메탄등과 같은 조성의 분해 가스가 발생될 것으로 추정할 수 있다. 폴리머 애자의 경우 문헌에 나와있는 다른 폴리머 즉 케이블, 중단 및 직선 접속재 등에 비해 탄소와 수소의 조성비가 낮게 나타나고 있는데 이는 폴리머 애자의 구성성분에는 과량의 Filler나 첨가제(ATH, Clay, 유리섬유 등) 때문 인 것으로 알려져 있다.

2. 열분석

폴리머 폐기물의 열분해 특성을 확인하기 위해 열중량분석계(Thermal Gravity Analysis : TGA)와 시차주사열량계(Differential Scanning Calorimeter : DSC)를 이용하여 열분해 특성을 조사하였다.

가. FRP(Fiber glass reinforced plastics)

폴리머애자의 rod로 사용되는 FRP에 대해서 TGA와 DSC를 이용하여 열분해 특성 시험을 수행하여 그림 1과 같은 결과를 얻었다.

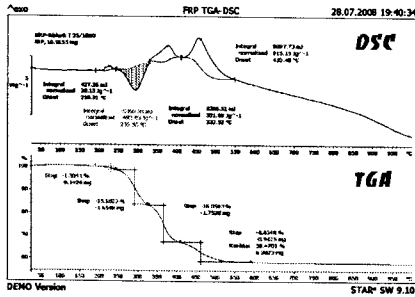


Fig. 1. FRP의 TGA-DSC curve

FRP 시편은 4단계의 분해 패턴을 보였으며 250°C에서 330°C 영역에서 흡열과정이 나타났다. 흡열과정은 재료의 용융 및 환원성분해, 증발 등의 특성이며 본 측정에서는 환원성분해인 것으로 여겨진다. 참고로 위의 다른 발열과정은 일반적인 산화분해인 것으로 보인다. 590°C 정도에서 분해 완료된 시료의 58%는 잔류물로 남는 것으로 나타남바 이는 주로 FRP에 첨가되는 유리섬유에 기인하는 것으로 보여진다.

나. 애자(EPDM, Silicone)

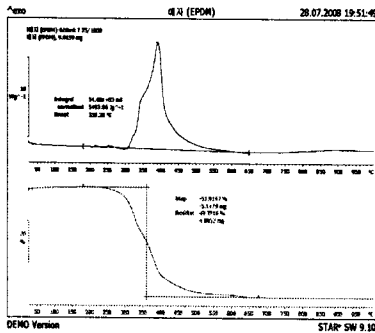


Fig. 2. EPDM의 TGA-DSC curve

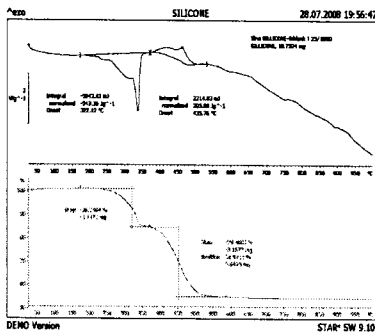


Fig. 3. Silicone의 TGA-DSC curve

Fig. 2.에 나타난 결과는 배전선로에서 사용 중인 폴리머 현수애자(EPDM)를 발해하여 측정된 TGA-DSC 분석 결과는 접속재에서 나타난 것과 다른 분해 온도가 측정되었다. 즉 시료의 열분석 peak과 다르게 작은 peak들이 230°C 부근에서 나타나기 시작해 650°C까지 분리하기 어려운 3~4개의 peak으로 이루어져 있는 것으로 나타

났다. 이는 열분석 결과로부터 EPDM 시료가 접속재 시료와는 다른 분해 특성을 나타내는 것으로 보여지므로 이들의 통합처리에 적절한 처리온도 및 공정을 감안할 필요가 있음을 암시하는 것으로 보여진다.

Fig. 3.에 나타난 실리콘 애자의 TGA-DSC 커브에서는 이 시료가 600°C 근방에서 열분해가 완료 되고 2단계 분해 특성을 보여주며 분해 완료후에도 55%정도의 높은 잔류물이 남는 특성을 보여준다. 이는 애자에 포함되는 ATH와 첨가제이도 실리콘의 구성성분에 규소가 포함된 때문으로 보여진다.

3. 폴리머 애자의 열분해 특성

이상의 폴리머 절연재료의 TGA-DSC 열분석 결과로부터 이들의 개별 및 혼합처리를 위한 열분해 조건 산정을 위한 열분해 온도 자료를 Table 2에 정리하였다.

Table 2. 재료별 열분해 조건 및 잔류량

Components	Phase 1		Phase 2		Phase 3		Phase 4		Final		
	T1 (°C)	Red. W (%)	T2 (°C)	Red. W (%)	T3 (°C)	Red. W (%)	T4 (°C)	Red. W (%)	Tf (°C)	Residue (%)	
FRP rod	240	1.3	330	15.2	410	16.1	590	8.6	590	41.2	58.8
EPDM (Insulator)	678	51.9							678	51.9	48.1
Silicone (Insulator)	380	16.2	590	29.5					590	45.7	54.3

Table 2는 폴리머 재료별 열분해 온도 및 잔류량을 표로 나타낸 것으로서 FRP rod의 경우에는 총 4단계의 걸쳐 열분해가 이루어짐을 알 수 있었다, 위의 시료의 최종 열분해 온도 및 진행과정에 차이가 있기는 하지만 적정 열분해 온도로서 약 700°C가 적정할 것으로 사료된다.

3. 결 론

다음은 우리나라 배전계통에서 사용되고 있는 폴리머 애자를 대상으로 열분해 특성에 관한 연구로서 향후에 발생될 폴리머 절연폐기물의 처리방안을 강구하고자 하는데 필요한 분석한 결과이다.

1. 폴리머 애자의 원소분석 결과 탄소의 함량은 약 10~30%, 수소의 함량은 약 5%으로 대부분 탄소, 수소 그리고 산소로 구성되어 있으며 또한 미량의 Chloride도 존재하는 것으로 나타났다.
2. 폴리머 애자의 처리시 열분해 온도는 약 700°C가 적정할 것으로 생각된다.
3. 향후 다른 폴리머 절연재료의 혼합처리를 위해 폴리머 기자재별로 열분해 연구가 진행 되어야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

1. 한국전력공사 : 2008 배전실무
2. 천성남, 정종만, 민동예, 박철배 : 절연폐기물의 가스화를 통한 처리 및 재이용 연구 보고서
3. 한국전력공사 : 2008 자재 실무편람
4. Paul T. Williams : Analysis of products from the pyrolysis and liquefaction of single plastics and waste plastic mixtures