

열분석장치를 적용한 PTFE 전기절연재의 수명 예측 연구

윤성호*

Lifetime Prediction of PTFE Electrical Insulation Material Using Thermal Analysis Technique

Sung Ho Yoon*

ABSTRACT

A series of thermogravimetric analysis tests were conducted to predict the lifetime of the PTFE electrical insulation material. The prepared PTFE samples were heated from 25°C to 700°C at different heating rates. The kinetic energy of the PTFE was calculated from the logarithmic heating rate versus reciprocal temperature curves at constant conversion levels. Also, the lifetime of the PTFE for a given operating temperature can be predicted using the relationship between the activation energy and the estimated lifetime proposed by Toop.

초 록

본 연구에서는 PTFE 전기절연재의 수명예측을 위해 일련의 열중량 분석시험을 수행하였다. PTFE 시료는 온도상승률을 달리하며 상온에서 700°C까지 온도를 가하였다. PTFE의 활성화에너지는 일정한 중량감소가 발생할 때의 로그 형태 온도상승률에 대한 변환온도 역수 선도에서 계산하였다. 또한 Toop에 의해 제안된 활성화 에너지와 추정 수명과의 관계식을 이용하면 주어진 운용온도 하에서의 PTFE 수명시간도 예측할 수 있다.

Key Words: Lifetime Prediction(수명예측), Electrical Insulation Material(전기절연재), Activation Energy(활성화 에너지), Thermogravimetric Analysis(열중량 분석)

1. 서 론

전기절연재의 중요한 역할은 규정된 전자기장의 범위 내에서 연속적이고 특정한 유전율을 갖게 하여 전류가 흐르는 도선 사이에 전하의 흐

름을 방지한다. 전기절연재로 사용되는 폴리머 중의 하나인 PTFE(Polytetrafluoroethylene)는 열적 안정성과 화학적 저항성이 우수하고 절연성이 매우 높은 특성을 가지고 있다.

열중량 분석(Thermogravimetric analysis)을 통해 얻어지는 활성화 에너지를 이용하여 전기절연재의 수명을 예측하기 시도가 행해져 왔다. 본 연구에서는 테프론으로 널리 알려진 PTFE에 대해

* 금오공대 기계공학과
교신저자, E-mail: shyoon@kumoh.ac.kr

일련의 열중량 분석시험을 수행하고 얻어진 실험 결과를 이용하여 PTFE의 수명시간을 예측한다.

2. 열중량 분석

열중량 분석에는 Q50 TGA(TA Instruments)을 적용하여 다섯 단계(2, 5, 10, 20, 30°C/min)의 온도상승률에 대해 상온에서 700°C까지 온도를 높이며 PTFE의 중량감소를 측정하였다.

PTFE의 수명예측을 위해 온도상승률을 달리한 중량감소 선도에서 규정된 중량감소(1, 2.5, 5, 10, 15, 20, 30 wt%)가 발생할 때의 변환온도를 결정하고 변환온도의 역수에 대한 로그 형태의 온도상승률 선도를 그리면 Eq. 1에 의해 활성화 에너지 E 를 구할 수 있다. 또한 주어진 운용온도 하에서의 추정수명 t_f 도 Eq. 2에 의해 예측할 수 있다[1,2].

$$E = -\frac{R}{b} \left[\frac{d \log \beta}{d(1/T)} \right] \quad (1)$$

$$\ln t_f = \frac{E}{RT_f} + \ln \left[\frac{E}{\beta R} P(X_f) \right] \quad (2)$$

이때 R 은 기체상수, T 는 규정된 중량감소가 발생할 때의 절대온도, β 는 온도상승률, b 는 상수 (0.457), T_f 는 최대운용온도, $P(X_f)$ 는 최대운용온도에서의 활성화 에너지 E 에 의존하는 함수이다.

3. 결과 및 분석

Figure 1은 온도상승률을 달리한 경우의 중량감소 선도로 PTFE는 온도가 상승되어도 중량감소가 거의 없다가 녹는점보다 훨씬 높은 온도에서 급격한 중량감소를 보인다. 여기에서 보면 1 wt%의 중량감소가 발생할 때의 온도는 2°C/min인 경우 509°C이고 30°C/min인 경우 560°C로 공기 중인 경우에도 열안정성은 매우 우수함을 알 수 있다.

Figure 2는 변환온도의 역수에 대한 로그 형태의 온도상승률 선도로서 기울기는 선형적으로 나타난다. 특히 중량감소가 1 wt%인 경우 기울기는 -14.734, 2.5 wt%인 경우 -13.599, 5 wt%인 경우 -13.798, 10 wt%인 경우 -14.388로서 활성화 에너지 E 는 1 wt%인 경우 268 KJ/mol, 2.5 wt%인 경우 247 KJ/mol, 5 wt%인 경우 251 KJ/mol, 10 wt%인 경우 270 KJ/mol 이다.

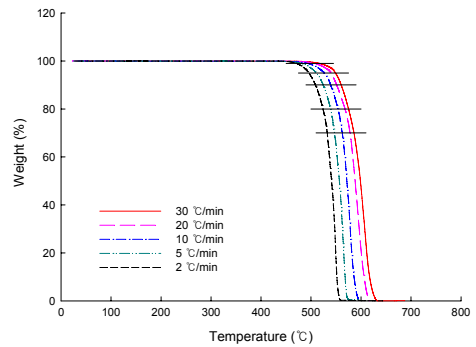


Fig. 1 Weight loss versus temperature curves by varying heating rates

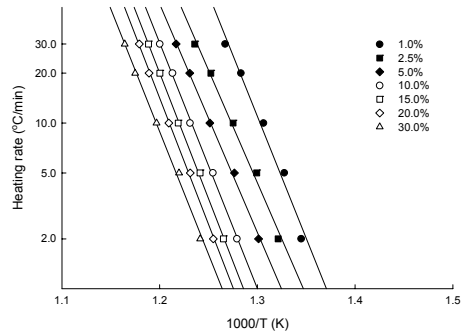


Fig. 2 Logarithmic heating rate versus reciprocal temperature

참고 문헌

1. Toop, D. J., IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. EI-6, No. 1, 1971, pp.2-14.
2. Flynn, J. H. and Wall, L. A., Polymer Letters, Vol. 4, 1966, pp.323-328.