

## PE19) PTFE/Glass composite filter의 표면자유에너지 산정 Surface Free Energy Calculation of PTFE/Glass Composite Filter

박병현<sup>1,2)</sup> · 김상범<sup>1)</sup> · 조영민<sup>2)</sup> · 이명화<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>한국생산기술연구원 그린공정연구부, <sup>2)</sup>경희대학교 환경응용과학과

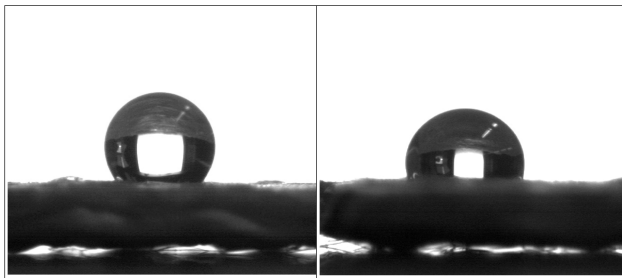
### 1. 서 론

필터표면의 접촉각 측정을 통해 필터표면의 자유에너지를 구할 수 있으며, 이는 필터의 특성을 파악할 수 있는 중요한 척도이다. 고체의 표면에너지를 측정하는 방법 중 가장 간단하면서도 널리 쓰이고 있는 방법이 접촉각을 이용하는 방법이다. 액체 표면에너지 성분에 입각한 표면에너지 해석하는 방법에는 한 개의 측정용액을 사용하는 Girifalco-Good-Fowkes-Young 모델, 두 개의 측정용액을 사용하는 Owens-Wendt-geometric mean과 Wh-harmonic mean, 그리고 세 개의 측정용액을 사용하는 Lewis Acid/Base 모델이 있다.

본 연구에서는 실측치와의 비교를 위해 Owens-Wendt-geometric mean을 적용하여 PTFE/Glass 거품 코팅필터 표면의 자유에너지를 산정하였다. 이는 액체의 표면에너지가 분산항과 극성항으로 분리된다고 보고 제안된 모델식이다.

### 2. 실험 재료 및 방법

본 연구에서는 접촉각 측정장치(DSA100; KRÜSS®, Germany)를 이용하여 PTFE/Glass composite filter에 대한 접촉각을 측정하였다. 준비된 필터 샘플을 X-Y stage 위에 올려놓은 후 2  $\mu$ l의 수용액 및



(a) Contact angle of water droplet on filter surface: 133.5° (b) Contact angle of oil droplet on filter surface: 101°

Fig. 1. Evaluation of surface affinity between a liquid droplet and a filter surface.

기름용액(D-diiodomethane (CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>, 99%, Sigma-Aldrich GmbH, Germany))을 대상 필터 위에 떨어뜨리고, 필터표면과의 각도로부터 접촉각을 측정하였다. 이를 통해 필터 표면의 소수성(Hydrophobic), 소유성(Oleophobic) 및 표면자유에너지(Surface free energy)를 확인할 수 있다. 이때, 접촉각의 측정 및 지속적인 표면 관찰은 접촉각 측정 장치에 장착된 고성능 카메라를 이용하여 수행하였다. 그림 1은 PTFE/Glass composite filter의 수용액 및 기름용액에 대한 접촉각 측정결과를 나타낸다.

### 3. 결과 및 고찰

아래의 식에서 위첨자 d는 고체와 액체사이의 쌍극자-쌍극자, 쌍극자-유도쌍극자, 수소결합 등 확증된 모든 상호작용을 포함한 분산(비극성)성분과 관계있으며, p는 극성(비분산)성분과 관계가 있다. 따라서 액체의 표면에너지( $\gamma_s$ )는 분산항( $\gamma_s^d$ )과 극성항( $\gamma_s^p$ )의 합으로 정리할 수 있으며, 다음의 식을 이용하여 계산할 수 있다(표면에너지의 단위: mJ/m<sup>2</sup>).

$$(\gamma_s^d \times \gamma_w^d)^{0.5} + (\gamma_s^p \times \gamma_w^p)^{0.5} = 0.5 \times \gamma_w \times (1 + \cos\theta_w) \quad (1)$$

$$(\gamma_S^d \times \gamma_D^d)^{0.5} + (\gamma_S^p \times \gamma_D^p)^{0.5} = 0.5 \times \gamma_D \times (1 + \cos \Theta_D) \quad (2)$$

$$\gamma_S = \gamma_S^d + \gamma_S^p \quad (3)$$

여기서,  $\Theta$ 는 접촉각, 아래첨자 W는 물, 아래첨자 D는 Diiodomethane을 나타낸다. 분산항과 극성항을 알고있는 두 용액의 접촉각 측정값을 이용하면 식 (3)에 의하여 표면에너지를 구할 수 있다. Water에 대한  $\gamma_W$ ,  $\gamma_W^d$  그리고  $\gamma_W^p$ 는 각각 72.8 mJ/m<sup>2</sup>, 21.8 mJ/m<sup>2</sup>, 51.0 mJ/m<sup>2</sup>이며 diiodomethane에 대한  $\gamma_D$ ,  $\gamma_D^d$  그리고  $\gamma_D^p$ 는 각각 50.8 mJ/m<sup>2</sup>, 48.5 mJ/m<sup>2</sup>, 2.3 mJ/m<sup>2</sup>이다(Zenkiewicz, 2000). 이로부터 아래의 식을 얻을 수 있다.

$$(\gamma_S^d)^{0.5} + 1.53 \times (\gamma_S^p)^{0.5} = 7.80 \times (1 + \cos \Theta_W) \quad (4)$$

$$(\gamma_S^d)^{0.5} + 0.22 \times (\gamma_S^p)^{0.5} = 3.65 \times (1 + \cos \Theta_D) \quad (5)$$

식 (4)와 식 (5)를 연립하여 계산하면 식 (3)으로부터  $\gamma_S$ ,  $\gamma_S^d$  그리고  $\gamma_S^p$ 를 구할 수 있다. 위의 방법으로 Water-proofed NOMEX ( $\Theta_W=126.6^\circ$ ,  $\Theta_D=84.7^\circ$ )와 PTFE/Glass foam coated filter ( $\Theta_W=133.5^\circ$ ,  $\Theta_D=101.5^\circ$ )의 표면에너지를 구하면 각각 5.12 mJ/m<sup>2</sup>, 3.58 mJ/m<sup>2</sup>임을 알 수 있으며 결과를 아래의 표 1에 정리하였다.

Table 1. Calculation of the surface free energy of test filters.

(Unit: mJ/m<sup>2</sup>)

Component	Water ( $\gamma_W$ )	diiodomethane ( $\gamma_D$ )	Surface of tested filters( $\gamma_S$ )	
			Water-proofed NOMEX	PTFE/Glass composite filter
Surface free energy	72.8	50.8	5.12	3.58
Dispersive	21.8	48.5	4.71	3.44
Polar	51.0	2.3	0.41	0.14

위의 결과로부터 PTFE/Glass foam coated filter의 접촉각으로부터 도출된 표면에너지는 Teflon B에 의해 deep coating된 Water-proofed NOMEX보다 낮게 형성된다는 것을 알 수 있으며, 이를 통해 거품 코팅을 통해 표면소수화 처리된 필터는 표면이 매우 안정적인 뿐만 아니라 낮은 표면에너지로 인해 여과시 필터 표면으로부터 입자가 유리되는 탈진효율 역시 매우 높을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

Zenkiewicz, M., Adhesion and Modification of the Surface Layer of Macromolecular Materials, WNT, Warsaw 2000 (in Polish).