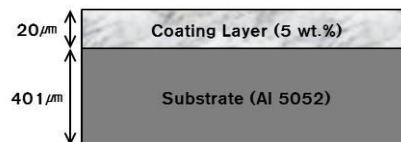


## 흑연과 탄소나노튜브를 함유한 아크릴 복합체 박막의 열전도도 Thermal conductivity of acrylic composite films containing graphite and carbon nanotube

김준영, 강찬형\*

한국산업기술대학교 신소재공학과(†E-mail: chkang@kpu.ac.kr)

**초 록 :** 아크릴계 수지(resin)에 인조 흑연과 탄소나노튜브(carbon nanotube)를 1:1 비율로 혼합한 충전제(filler)와 용제(solvent) 및 기타 첨가제(additives)를 혼합하여 방열도료를 제조하여 수직방향 열전도도를 상온에서 평가하였다. 충전제의 함량을 1, 2, 5 중량 %로 변화시키며 원료들을 준비하여 교반기로 혼합한 뒤 3단 롤 밀(three roll mill)로 분산공정을 진행하여 3 종류의 도료를 제조하였다. 제조한 도료를 가로 11 mm, 세로 11 mm, 두께 0.4 mm의 Al 5052 알루미늄 기판에 스프레이 코팅 방식으로 도포한 후 150°C에서 30분 동안 열경화 건조 과정을 거쳐 샘플을 제작하였다. 측정 시료의 형상은 대략적으로 Fig. 1과 같다. 열전도도는 식  $k = \alpha \cdot C_p \cdot \rho$ 를 사용해서 계산된다. 여기서  $k$ 는 열전도도(W/m · K),  $\alpha$ 는 열확산계수(mm<sup>2</sup>/s),  $C_p$ 는 비열(J/kg · K),  $\rho$ 는 밀도(g/cm<sup>3</sup>)를 나타낸다. 열확산계수는 독일 NETZSCH 사의 Laser Flash Analysis 장비(모델명 LFA 457)를 사용하여 측정하였는데, 기판 뒤쪽에서 레이저를 조사하고 도료층 전면에서 적외선 온도센서를 통해 시간에 따른 온도 상승곡선을 구한 후, 두 물체의 계면에서의 접촉 열저항(contact thermal resistance)을 감안하여 장비에 내장되어 있는 소프트웨어로 열확산계수가 계산된다. 비열은 같은 회사의 DSC(Differential Scanning Calorimetry) 200 F3 장비를 사용해 측정했으며, 밀도는 부피와 질량을 측정한 값을 이용하여 계산하였다. 도료를 도포하지 않은 bare Al plate에 대해서는 쉽게 열확산계수, 비열, 밀도를 측정하여 열전도도를 구할 수 있다. 도료가 코팅된 샘플에 대해서는 도료층을 일부 떼어내 비열을 측정하고, 밀도를 구한 후, 도료층의 열전도도가 2-layer 법으로 장비 내장 소프트웨어로 계산된다. 이때 Al 기판의 열확산계수, 비열, 밀도는 미리 측정한 bare Al plate의 값을 적용하였다. 실험 결과를 Table 1에 정리하였다. 흑연과 탄소나노튜브를 혼합한 충전제를 함유한 아크릴 복합체 박막에서 측정된 열전도도는 보통 고분자 재료의 열전도도 값의 상한 영역에 육박하는 값이며, 충전제 함량이 증가할수록 열전도도가 증가하는 경향을 보이고 있다.



**Fig. 1.** Schematics of specimen showing the thickness of substrate and coating layer.

**Table 1.** Data of thermal conductivity and related properties for Al 5052 plate and coating layer.

	Al 5052	Coating layer (1 wt.%)	Coating layer (2 wt.%)	Coating layer (5 wt.%)
Thickness [ $\mu\text{m}$ ]	401	33	37	20
Thermal diffusivity [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]	46.679	0.364	0.493	1.036
Specific heat [ $\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ]	0.927	1.522	1.522	0.958
Density [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	2.427	0.832	0.698	0.540
Thermal conductivity [ $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ ]	105.035	0.461	0.523	0.852