

## 제 8 장 고방열 필름용 폴리이미드 기반 탄화 소재

김윤호

- 최근, TV, LCD, Cell-Phone, PC (Notebook) 등 휴대용 또는 생활 가전 등의 전자기기들이 초박화 및 고성능화함에 따라, 단위부피당 발열량은 증가하는 추세임. 시장은 발열체 (CPU, Power Device, LED 등)의 효율을 높이는 쪽으로 요구하는데 반해, 이를 소화해낼 수 있는 기구 설계 및 디자인 마진은 급격히 줄고 있음.

- LED TV의 경우, Slim화 및 Cost issue화 때문에 Edge type의 LED 백라이트 제품으로 Shift하고 있어서, 직하형 Type과 동등 수준 이상의 성능을 달성하기 위해서는 상대적으로 발열량이 많은 고효율의 LED를 사용해야 하므로 열원과 방열부품을 고정시킴과 동시에 열원에서 발생하는 열을 방열부품으로 효과적으로 전달시킬 수 있는 고효율 방열 소재의 개발이 시급한 실정임.

- 디스플레이 set maker 업계에서는 신기술 도입 초기 시 수반되는 발열 문제를 해결하기 위해 방열비용이 급증하는 추세로 고성능의 방열대책이 필수적임.

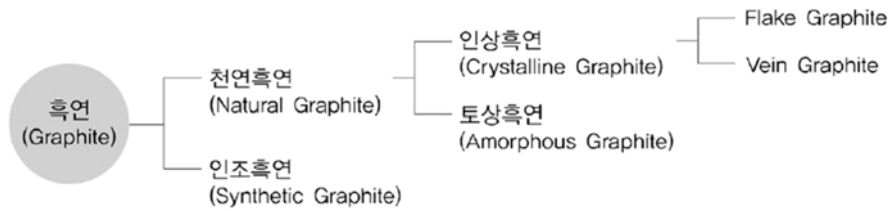


그림 1. 그래파이트 시트 기반 고방열 필름의 필요성 및 실제 전자소자 적용 예

- 그래파이트 시트는 내열성, 내화학성이 뛰어나고 우수한 열전도 특성을 가지고 있어 전자제품의 방열용 소재로 많이 사용되는 재료로 알려져 있음.

- 그래파이트 소재는 소재의 특성과 제조방법에 따라 천연그래파이트와 인조그래파이트

로 나누어 볼 수 있는데, 천연그라파이트 시트는 팽창흑연을 통해 제작하며 팽창흑연은 천연흑연을 산처리하여 얻어진 흑연층간화합물에 에너지를 가하여 팽창시킨 것으로 층과 층이 미끄러지는 일이 없이 성형이 가능하여 일반적으로 프레스이나 롤링 과정을 거쳐서 제품화하고 있으나 낮은 소재 밀도로 인해 특성을 높이는 데는 한계가 있는 것으로 알려져 있음.



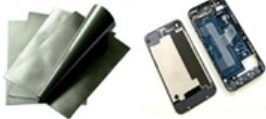
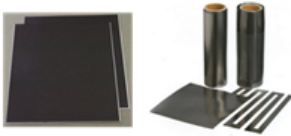
그라파이트 시트의 종류		
구분	인공흑연 시트	천연흑연 시트
장단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>장점: 방열 성능이 좋고 80미크론 이하의 막 제조 가능</li> <li>단점: 소결로 제조/양산이 어렵고, 고가격</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장점: 양산성 좋음 (Roll 형상가능), 가격저렴</li> <li>단점: 방열특성이 인공흑연 시트에 비해 떨어지며, 분말을 굳혀 만들기 때문에 분진이 발생할 가능성이 있음</li> </ul>
제품사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>PGS(Pyrolytic Graphite Sheet)</li> <li>- PI 폴리머를 원재료로 제작된 인조 흑연으로 열확산율 -1,000W/mK 이상이며 전자파 차폐 기능도 보유</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>고순도 천연 흑연을 시트에 가공해서 제조함</li> <li>- 도전성과 분진 발생 가능성 때문에 보호막 붙여 사용</li> </ul> 

그림 2. 흑연(그라파이트)의 종류 및 특징 비교

- 일반적으로 그라파이트 시트(>1,000W/mK)는 면방향의 열전도성이 은(400), 동(390), 알루미늄(230) 보다 뛰어난 것으로 알려져 있으며, 특히 면방향(In plane)의 열확산성은 동의 3배에 달하며 두께 방향에서도 10~20 W/mK으로 일반 실리콘계 방열소재의 3~6배에 이르는 것으로 알려져 있음.

- 인조그라파이트 시트는 2,700도 이상의 고온에서 고분자필름을 열분해하여 얻은 C-소재로서 거의 단결정에 가까운 구조를 가지게 됨으로서 천연소재가 취하기 어려운 높은

열전도성을 가지는 특성을 보임

- 인조그라파이트 시트는 시트 소재의 우수한 유연성으로 인해 유연성이 필요한 분야에서 타 고열전도성 제품이 취하기 어려운 높은 경쟁력을 갖고 있음.
- 1970년대 초 폴리이미드 필름으로 2800-3200도 까지 가열하여 인조그라파이트를 만드는 방법이 개발됨으로써 상업적 적용이 가능한 형태의 제품 제조 공정이 확립되었음.

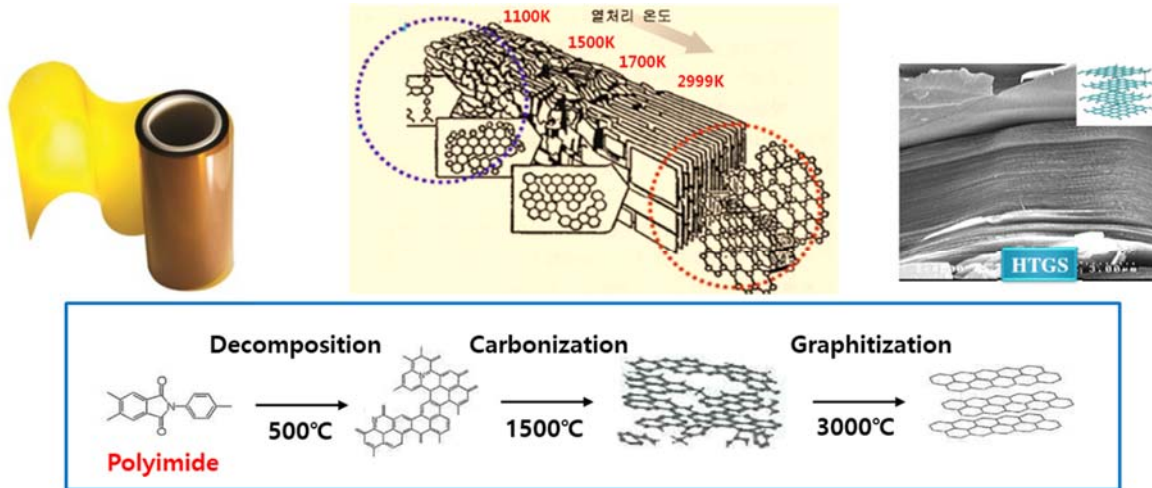


그림 3. 폴리이미드 필름 탄화를 통한 인조그라파이트 제조 과정

- 인조그라파이트 시트는 시트 소재의 우수한 유연성으로 인해 유연성이 필요한 분야에서 타 고열전도성 제품이 취하기 어려운 높은 경쟁력을 갖고 있음.

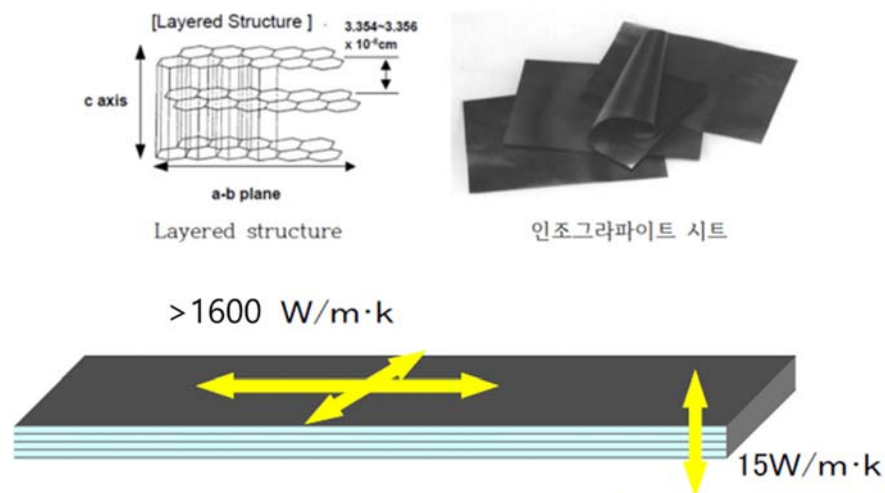


그림 4. 2차원 평면 구조 및 유연성을 가지는 인조그라파이트 시트

- 인조그래피이트 시트는 2차원 구조를 가지고 있기 때문에 면방향의 열전도도가 두께 방향에 비해 훨씬 높음.
- 미국의 Graftech, 일본 Kaneka, Panasonic, 중국의 Tanyuan 등의 회사에서 평면 열전도율이 1,700 W/mK 급의 인조그래피이트를 양산하고 있으며 국내에서는 가드넥도 인조그래피이트 시트를 소량 생산하고 있음
- 고온 탄화 공정을 통해 제조되는 인조그래피이트의 기본 원료 소재인 폴리이미드 필름은 미국의 DuPont 과 한국의 PI첨단소재(구, SKCKOLONPI)의 제품이 가장 많이 사용되고 있음.
- Graftech사는 미국에 자사 광산을 가지고 있으며, 원료 조달에서 생산까지 일관생산체제를 구축하고 있음. 원래는 천연 그래피이트 시트의 점유율이 높았으나, 현재는 천연, 인조 그래피이트를 모두 판매하고 있음. Panasonic은 기능이 복합화된 고부가가치 제품에 주력하고 있으며, 신제품 "Soft-PGS"는 인조그래피이트 시트이면서 수직 방향으로 열을 전달하는 TIM 재료로도 사용할 수 있는 제품으로 방열 그리스 대체를 목표로 하고 있음. 중국계 기업인 Tanyuan은 성능은 조금 떨어지지만 저렴한 가격을 무기로 최근 급격히 점유율을 확대하고 있음. "TGS Sheet"라는 제품으로 판매하며 12um 의 얇은 TGS-12는 1600 W/mK를 실현하고 있음. 카네카는 말레이시아에 생산 거점을 설립하고, Apple, 삼성전자, Sony, Kyocera와 같은 전자회사에 공급을 하고 있음.
- 아래 그림에서 보는 바와 같이 인조그래피이트 적용 시 방열특성이 현저히 개선되는 것을 볼 수 있음.

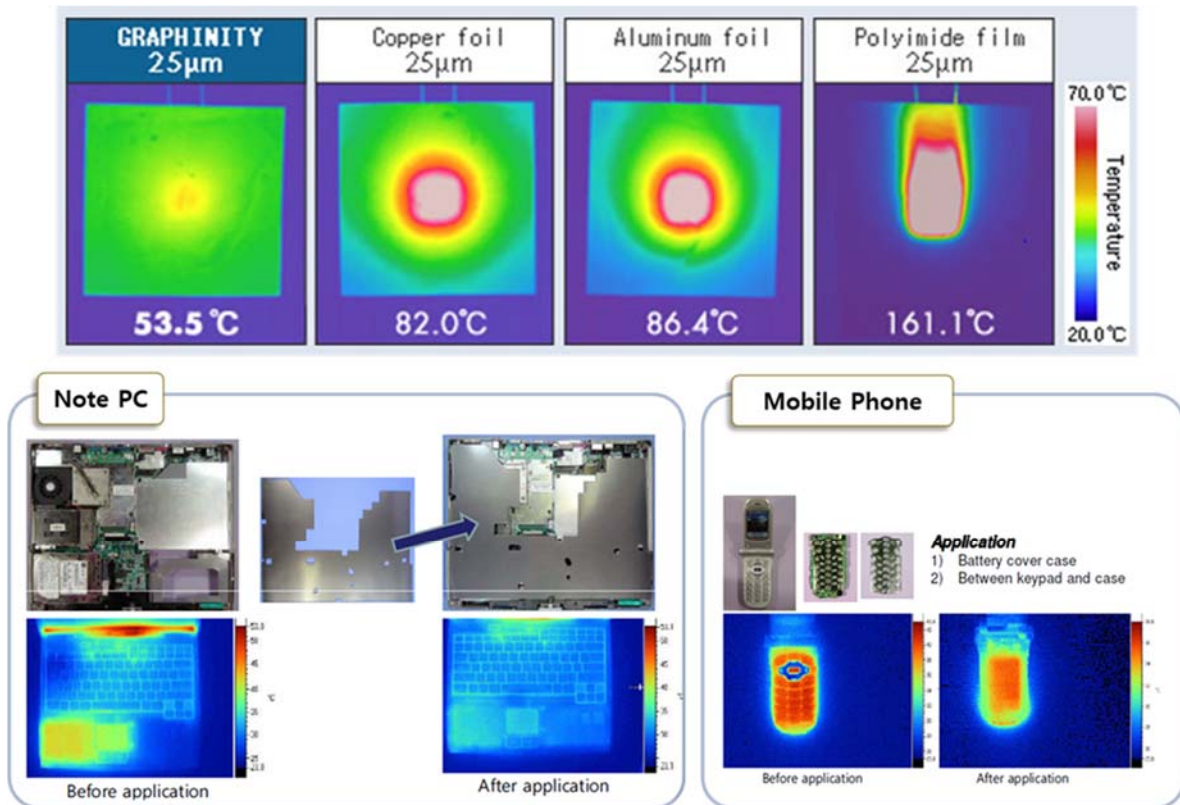


그림 5. 인조그래파이트 적용 시 방열특성 결과(제품: Kaneka, Graphinity)

- 2016년 그래파이트 시트의 세계 시장 규모는 면적 기준으로 116만m<sup>2</sup>, 금액 기준으로 4,540만 달러를 기록했다. 전자소자의 고성능화 및 경박단소화가 진행됨에 따라 고강도의 방열 대책이 필요하여 기존 1장만 사용하던 그래파이트 시트를 2-4장 적층하여 사용하는 쪽으로 기술이 변화하고 있음. 향후, 고방열 인조그래파이트 시트의 적용범위는 더욱 넓어질 것으로 예상됨.

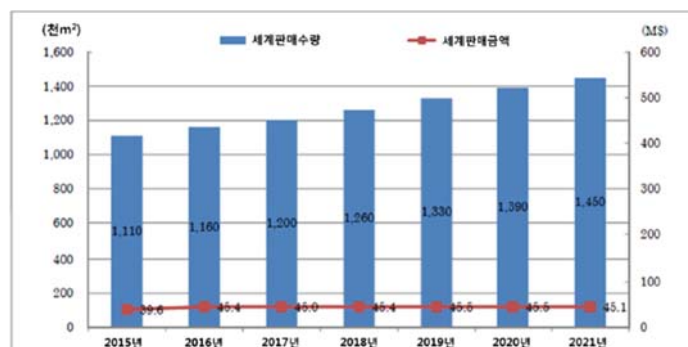


그림 6. 인조그래파이트 세계 시장 규모 및 동향

## References

- 1) 정보전자재료용 폴리이미드 필름 기술 동향, (화학소재정보은행 심층보고서, 2019.01), 원종찬
- 2) JMC 시장보고서 (2014.05)
- 3) PI첨단소재, [http://www.pimaterials.com/business/pi\\_film.jsp.html](http://www.pimaterials.com/business/pi_film.jsp.html)
- 4) "Display/Mobile용 Graphitthe 방열시트 특허동향", INI Research & Consulting (2015.04)
- 5) 고열 전도도를 갖는 흑연시트의 제조방법, KR 10-2007-0039240A