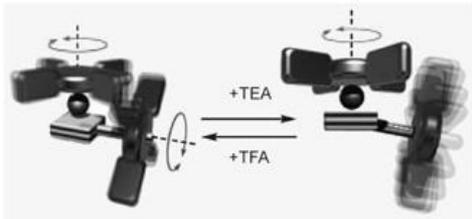


로서로 잘 맞물리고, 서로의 회전에 영향을 주는 것이 특히 인상적이었다고 했다. 그러나 Tour는 이런 종류의 기계로부터 유용한 일을 정말로 얻기 위해서는 그것을 표면에 부착시켜야 한다고 덧붙였다.



**그림 2.** TEA를 추가하여 사이드 로터의 작동을 멈췄지만, TFA를 추가하면 그것을 상부 로터와 다시 맞물리게 하여 속도를 늦출 수 있음을 보여주는 모식도.

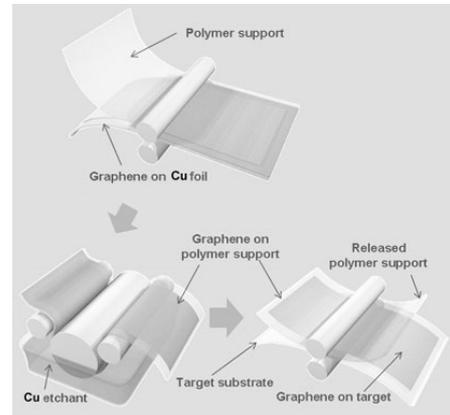
<출처: <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2010/June/25061001.asp>>

### 최초의 그래핀 터치스크린

한국과 일본의 연구자들이 수십 센티미터에 이르는 그래핀 막(graphene films) - 탄소 원자 하나 두께의 평평한 조각 - 을 만들었다(S. Bae *et al.*, *Nature Nanotech.*, 2010, DOI: 10.1038/NNANO.2010.132). 연구자들은 이 큰 그래핀 막들을 투명한 전극들로 만들었으며, 이것을 다시 터치스크린 판 장치(touchscreen panel devices)로 통합하였다. 이 새로운 연구는 겨우 수 년 전에 최초로 분리된 이래로 놀랍게 진보한 기술에서 또 하나의 이정표를 만든 것이다. 성균관대학교의 인종현, 홍병희 박사가 이끈 이 연구진은 이전에 증명된 기술을 이용하여 화학적 기상 증착법(chemical vapour deposition)을 사용하여 구리 박막 위에 그래핀 층을 키웠다. 돌림판(roller)을 사용하여, 그래핀 면은 접착 중합체 지지(adhesive polymer support)에 눌러서, 구리는 식각되어 제거되어 중합체에 부착된 그래핀 막을 남길 수 있다. 그런 다음 다시 돌림판을 이용하여 PET와 같은 최종 기질 위에 그래핀을 누르고, 중합체 접착제는 가열하여 제거할 수 있다. 그 다음에 유사한 방식으로 그래핀의 다음 층이 추가될 수 있다(**그림 3**).

연구자들은 이 기술을 사용하여 대각선 길이가 30인치(76 cm)에 이르는 직사각형의 그래핀 막을 만들었다. 그래핀은 질산으로 처리하였고, 이 형태에서 그래핀 조각은 크고 투명한 전극으로서 작용할 수 있고, 터치스크린 장치에서 작동하는 것을 증명하였다. 전형적으로, 이러한 응용에 사용되는 투명 전극들은 인듐 주석 산화물(indium tin oxides, ITO)로 제조할 수 있다. 이 연구자들은 그래핀 전극이 더 좋은 투명성을 가지고 더 강하다고 언급하였다. 인듐의 가격은 지난 수 십년 동안 몇 배 올랐으며, 이것은 디스플레이(display)와 태양 전지 시장이 확장됨에 따라 더욱 심각해질 것이라고 안박사는 지적하였다. 또한, ITO와 같은 산화물 재료들은 보통 부서지기 쉽고 약하며, 이 때문에 ITO를 기반으로 하는 터치스크린은 한정된 수명을 가지는 반면, 그래핀을 기반으로 하는 스크린은 영구적으로 쓰일 수 있다고 덧붙였다. 그래핀 생산은 어떤 다른 희귀 물질들 없이 극소량의 탄소원만 필요로 하고, 구리는 재생 가능하기 때문에 ITO 생산에 비해 훨씬 더 환경친화적이라고 덧붙였다. 약 5년 전에 분리된 그래핀을 발견하여 현대 그래핀 과학의 창시자로 널리 인정받고 있는, 영국의 맨체스터대학교(University of Manchester)에 있는 Andre

Geim은 그 새로운 연구가 그래핀 기술이 성취할 수 있는 놀라운 속도를 증명해 보여주었다고 말했다. Geim에 의하면 이것은 그래핀이 더 이상 산업적인 응용에 관해서 단지 희망사항이 아니라는 것을 명확하게 보여주며, 사람들은 실험실 규모에서 산업적 규모의 생산으로 믿을 수 없을 만큼 빠르게 전환시키기 때문에, 2년 이내에 소비재를 가질 수 있을 것이라고 예상했다.



**그림 3.** 그래핀을 이용한 터치스크린 제조과정 모식도.

<출처: <http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2010/June/20061001.asp>>

### 폴리카보네이트 지붕이 달린 세계에서 가장 빠른 자동차

독일 Bayer Material Science의 폴리카보네이트는 자동차의 경량 유리용도로 사용하기 위해 계속해서 생산되는 재료이다. 신형 부가티 베이론(Bugatti Veyron) 16.4 그랜드 스포츠 자동차는 일반자동차의 안전성 및 동적인 특성과 함께 오픈카의 지붕 로드스터(roadster)를 결합한 자동차로서 투명하며 파노라믹한 지붕이 포함된 천장을 가지고 있다(**그림 4**). 이 지붕은 간단하게 스위치를 이용하여 개폐할 수 있다. “우리는 천장을 쉽게 개폐할 수 있고 무게를 많이 줄이기 위해 자동차 디자인에 폴리카보네이트를 채택하였다. 독일 베이어 머티리얼사 이언스에서 생산하는 폴리카보네이트는 자동차의 경량화를 위해 유리 대신에 사용하기 위해 계속해서 개발되는 제품으로서 우리는 폴리카보네이트 유리를 제조하는 전체 공정 단계를 책임지는 Leverkusen 회사의 노하우에서도 혜택을 받고 있다.”고 부가티 외장 엔지니어링 부서의 유리 프로젝트 책임자인 Daniel Starmann는 말한다.

이 기술의 한 예는 부가티 상표를 포함하는 폭스바겐 그룹의 요구사항을 충족하기 위해 베이어 머티리얼사가 개발한 신세대 적외선 흡수 색이다. 이 기술은 처음으로 오픈카 지붕에 응용되었다. 선택된 회색 색상은 유리가 상응하는 적외선 부분을 여과시키는 정도와 같은 효율성으로 태양광의 적외선 부분을 여과시킨다. 그 결과로서 자동차 내부는 태양 아래에서와 같이 온도가 많이 올라가지 않는다.

파노라믹 지붕은 독일 Geesthacht에 기반을 두고 있는 독일 회사 KRD Sicherheitstechnik GmbH가 제조하였다. 이 회사는 이미 여러 해 동안 자동차에 적용하기 위해 폴리카보네이트 시트로 만들어진 경량이며 안전한 유리를 제조한 경험을 가지고 있으며 전체 공정을 담당하고 있다. 부가티 지붕은 5 밀리미터 두께를 가진 폴리카보네이트 Makrolon GP 회색 722의 단단한 시트로 만들어졌다. 베이어 시트 유럽 회사(Bayer Sheet Europe GmbH)는 자동차 유리용으로

특별하게 조성된 베이어 머티리얼사이언스의 폴리카보네이트 Makrolon AG2677를 사용하여 만든다. 베이어 시트 유럽 회사는 얼룩, 뒤틀림, 표면 흠집 및 불순물이 없는 시트를 제조하기 위한 매우 투명한 하이텍 재료를 만들기 위해서 압출공정을 사용한다. 이 방법으로 유리로 사용할 수 있는 우수한 광학 특성을 가진 재료를 만들게 된다.

엄격한 시험 규격 및 허용 범위 KRD는 열성형 및 Leverkusen에 기반을 둔 Momentive Performance Materials GmbH 회사의 AS4000 폴리실록산 습식 코팅시스템으로 코팅하기 전에 검정 경계선을 시트에 인쇄한다. 이는 파노라믹 지붕을 스크래치나 습기 혹은 추운 날씨에 잘 견딜 수 있게 해준다. 다음 단계로 모서리를 부드럽게 만드는 것이며, 마지막으로 Mindelheim에 있는 BBG GmbH 회사에서는 폴리우레탄 모서리에 스프레이를 한다. “우리에게 주어진 임무는 제조공정에 포함된 수많은 단계에도 불구하고 자동차 제조회사들의 엄격한 시험규격 및 허용범위에 만족하는 제품을 빨리 생산하는 것이다.” 라고 KRD의 관리책임자인 Korinna Brammer는 말한다.

1,230 mm 길이와 1,050 mm 이상의 폭에도 불구하고 파노라믹 지붕의 무게는 폴리우레탄 모서리를 포함하여 5.6 Kg 미만이다. 이에 의해 전체 지붕 무게는 단지 13.5 Kg으로 다루기가 매우 쉽다. “같은 무게를 가진 유리 대신에 폴리카보네이트를 사용함으로써 무게를 50%까지 줄일 수 있으며 이는 폴리카보네이트가 자동차의 경량화에 기여할 수 있다는 것을 보여준다.”라고 베이어 머티리얼사이언스의 자동차 유리 회계 담당자인 Sven Gester mann 박사는 말한다. 신형 적외선 흡수 색상은 유리 색상에 적용될 때 많은 용도를 제공해 준다. Makrolon AG2677로 만들어진 적당하게 처리된 유리는 어두운 색상과 함께 매우 낮은 에너지 변속기 값이 가능하게 해준다. 예를 들어, 부가티 지붕에 사용된 색상은 직접 태양 투과치가 약 5%가 되게 한다. 더 좋은 점은 폴리카보네이트 유리는 자외선을 효율적으로 차단시켜 자동차 내부 인테리어가 자외선에 의해 노화되는 것을 방지해 줄 수 있다.



**그림 4.** 지난 2일 열린 2010 제네바모터쇼의 언론행사에 전시된 ‘베이론 그랜드 스포츠’(Bugatti Veyron 16.4 Grand Sport) 사진.

<출처: <http://www.azom.com/news.asp?newsID=22791>>

### 플라스틱으로 제조된 자동차 보닛

고유가, 환경오염 및 변화하고 있는 정치적 상황에 의해 자동차의 효율성 향상에 대한 관심이 점점 더 커지고 있다. 경량구조, 즉 자동차 부품으로 금속을 대체할 수 있는 플라스틱은 이 점에서 중요한 역할을 하고 있다. 반면에, 필요분야의 수요가 급속하게 증가하고 있는 데에 대응하기 위해서는 금속 대체용도의 플라스틱 부품은 고온에 약하기 때문에 응용분야에 있어서 많은 제약을 가진다. 고성능 플라스틱은 시스템의 높은 가격 때문에 빈번히 고려 대상에서 제외되고 있다. 한편 고성능이 아닌 다른 일반 플라스틱 재료들은 최신 자동차에서 필요로 하는 조건을 만족시키지 못하는 상황이다.

BASF의 연구원들은 신형 폴리아미드(polyamide, PA)를 사용하여 고온에 적용할 수 있는 자동차용 부품을 개발하는데 성공하였다 (**그림 5**). 재료는 유리섬유 보강 폴리아미드로서 표준 PA66 급 Ultramid A3WG7에 비해 PA 66의 우수한 성형성을 가지면서 높은 열노화 저항 특성도 가진다. 이러한 특성들의 조합에 의해 무게를 현저하게 감소시키면서 매우 뜨거운 공기에 노출되어도 안전한, 경제성이 있는 언더후드 부품을 개발하는 것이 가능하였다. 새로운 울트라미드는 섭씨 240도까지 올라가는 스파이크뿐만 아니라 220도 이상의 온도에서 계속적으로 노출되는 조건에서 우수한 특성을 가진다. 이러한 특성에 의해 응용영역에도 폴리아미드의 사용영역이 고온까지 확대되고 있다. 같은 함량의 유리섬유를 보강재로 포함하는 울트라미드 A3WG7는 섭씨 170도에서 내구성을 가지는 반면에 열저항 특성을 가진 울트라미드 A3W2G6와 같은 울트라미드 W2 라인(PA 66/6) 제품들은 섭씨 190도에서 계속적으로 사용할 수 있다. 열적 노화에 견딜 수 있는 아주 우수한 특성은 혁신적인 안정화 기술개발에 의해 가능하였다. 섭씨 220도 이상의 온도에서도 견딜 수 있는 보호 표면막의 형성은 산소에 대한 공격에도 보호를 해줄 수 있는 역할을 한다. 이 기술의 영향은 특히 노후된 표면에서도 잘 볼 수 있다. 기존 PA 66에서 산소는 섭씨 220도에서 1000시간이 경과하면 산소가 보다 깊게 침투하여 산화반응에 의한 퇴화반응으로 채널이 붕괴되지만 울트라미드에서는 표면이 새로운 안정화 및 밀봉 공정에 의해 매우 빠르게 밀봉되기 때문에 재료는 퇴화반응에서 보호될 수 있다. 섭씨 220도에서 3달이 경과한 후에도 단지 표면에 탄소블랙의 얇은 층만이 생성된다. 언더후드 부품은 용접을 통해 매우 강하게 결합되어 있다. 보다 적은 유리섬유 보강재를 넣으면 용접라인은 새로운 약한 부분이 되어 결국 노화되게 된다. 새로운 안정 메커니즘은 고분자 자체를 보호하기도 하지만 이러한 약한 지점도 보호해 준다. 결합 부위에서의 어떠한 갈라진 틈도 섭씨 220도에서 1000시간 지난 후에도 발견되지 않는다. 이는 용접라인 부분도 매우 강화되었다는 증거가 된다. 안정화 덕분에 울트라미드는 섭씨 220도의 매우 높은 온도에서의 피로시험에서 우수한 강도를 나타내지만 PA 66/6은 상대적으로 매우 짧은 시간에서, PPA와 같은 보다 강한 열가소성 재료조차도 강도의 감소현상이 생긴다.

노화에 대한 영향 이외에도 계속적인 가동온도에서 재료의 특성은 부품을 디자인하는 데에 있어 결정적인 역할을 한다. 탄성 및 강도는 매우 중요하다. 만약 재료들이 충분히 우수한 특성을 가지고 있으면 벽 두께는 부품의 통합체를 제조하는데 있어 아무 문제가 없이 줄어들 수 있다. 울트라미드는 이점에서도 매우 우수한 특성을 가진다. 섭씨 200도에서 파손 강도는 다른 재료들에 비해 상당히 우수하다. 부품의 특성 이외에도 시스템의 가격도 개발자에게는 중요한 요소이다. 이는 사용되는 재료의 제조공정이 용이한가에 많이 의존한다. 새로운 플라스틱은 석유가 필요 없는 공정으로 다른 고강도 플라스틱보다 훨씬 공정 면에서 넓은 영역의 적용이 가능하다. 현대 엔진 개념의 재료보다 우수한 에너지 효율을 가지는 자동차를 개발하고자 하는 점에서 엔진 부품의 온도는 계속 증가하게 된다. 예를 들면, 자동차 제조업체는 오늘날 다른 접근방법보다는 터보차징(turbocharging)을 통해 에너지효율을 높이고자 한다. 터보차징은 흡수되는 공기를 증가시켜서 엔진이 보다 우수한 연료소비에 의해 특징을 가지는 작동점으로 엔진의 성능을 이동시켜 준다. 이는 특히 공기를 보충하는 덕트에 엔진 부품에 보다 높은 압력과 온도를 발생시키는 터보과급기(turbocharger)를 필요로 한다. 예를 들면, 터보차지 디젤 엔진에서 터보 과급기와 중