

우수한 특성의 액상 에폭시 수지

대일본잉크화학공업 (DIC)는 세계 최초로 elastomer 및 고무 재료와 같은 유연성과 반복 굴곡 내성, 강인성을 겸비한 새로운 액상 에폭시 수지의 개발에 성공했다. 내열성 및 성형성, 밀착성을 가지는 에폭시 수지는 뛰어난 특성을 가지고 있는 반면, 경화 후에 딱딱해져서 부서지기 쉽다는 문제점이 있었다. 이에 대응해 elastomer 등 유연기재의 충전 및 수지 중에 에스테르기 도입 등의 개량법이 개발되었지만, 크랙에 의한 급속한 인성 파괴의 근본적인 개량에 이르지 못했다. 개발된 새로운 에폭시 수지는 수지 단독으로 유연한 강인성을 지니고, 범용 에폭시의 2~5배 이상의 높은 접착력, 거의 체로에 가까운 경화 열수축 등 뛰어난 특징을 가지고 있다. 범용의 고체형 에폭시와 동일한 정도의 분자량으로, 기존의 액상 에폭시와 같은 점도를 가지는 독특한 특성이 있어, 성형물은 180°의 반복 굴곡에도 크랙이나 인성 파괴가 일어나지 않는다. 지금까지 전기 절연성, 내열성이 뛰어난 범용 에폭시 수지는 반도체 봉지재나 기판 재료, 코팅 관련 등 광범위한 용도로 사용되고 있다. 그러나 강인한 경화재료지만, 열이나 마이크로 크랙 등 응력에 의한 인성 파괴를 일으키는 것이 단점이었다. 따라서 개발된 액상 에폭시 수지는 우선 반도체 및 플렉서블 기판, 도전성 접착제 등 일렉트로닉스 관련 분야에 쓰임새가 확대될 전망이다.

(화학공업일보, September 3, 2003)

유/무기 혼성물질 개발

토론토 대학의 과학자들은 컴퓨터 칩의 개선을 비롯해 많은 응용성을 가진 새로운 유/무기 혼성물질을 개발했다. 그 물질은 분자수준에서 자기 조립되고 실리카보다 더 뛰어난 절연 특성을 보여주는 다공성 고체 물질이다. 그것은 벌집모양의 구조물에 있는 공동의 지름이 수십억 분의 1 미터로 아주 작고 유기물과 무기물이 하나의 구조체에 통합되어 있기 때문에 나노복합체로 분류된다. “이 물질로 박막을 만들려고 한다. 예를 들어 그것은 포장재료와 같은 마이크로전자공학용으로 사용될 것이다.”라고 연구진의 오진 교수가 말한다. 10월 10일자

사이언스에 실린 논문은 메틸렌 (methylene)을 유기물로 실리콘을 무기물로 하여 1:1의 비율로 화학 결합시킨 삼환형(three-ring) PMO(periodic mesoporous organosilica)라고 부르는 물질이 어떻게 개발되어 졌지를 설명했다. 그 물질은 이전의 나노복합체에서는 볼 수 없었던 유례없는 많은 양의 유기물이 혼합되어 있다. 이전의 무기물과 유기물의 비율은 단지 3:1이었다. 유기물 조성의 양이 많아지면 그 유기물이 가지고 있는 절연특성과 같은 기능을 여러 곳에 활용할 수 있다. 유기물과 무기물의 비율이 1:1이면서 크기가 동일한 공동이 규칙적으로 배열하고 있는 다공성 유/무기 혼성 물질로는 이것이 최초이다. 유기물 조성을 높여주면 혼성 물질의 기계적인 특성 (그 물질이 응력과 변형에 반응하는 방법과 그것이 단단해지거나 유연해지는 정도를 제어하는 능력)에 있어서 과학자들은 더 많은 수단을 갖게 된다. 무기물 조성은 그 분자 구조물을 사용하는데 반드시 필요한 강도를 준다. 이 연구는 유기물의 함유량이 증가되면 삼환형 PMO 구조물이 분자 회합의 안정성을 유지하기에 충분한 탄성을 가진다는 것을 보여준다.

(Brightsurf, October 10, 2003)

레이저로 고분자막을 조절

동경 기술원 (Tokyo Institute of Technology) 소속의 세 일본인 과학자가 액정을 함유한 고분자 필름에 선험 편광을 조사하여 필름을 휘게 만드는데 성공했다. 이러한 특성은 레이저에 의한 마이크로 기계의 동력으로 배터리를 대신할 수 있음을 의미한다 (Nature, 425, 145 (2003)).

“이 인상적인 사진제판법의 효과 (photomechanical effect)는 광선택적으로 부피를 축소하는 기술로 이어질 것이다. 예를 들어, 의학용 혹은 광학식 마이크로 핀셋용 마이크로 로봇에 사용되는 고속 작동기의 개발에 유용할 수 있다.”고 토미키 이케다는 말한다. 이 필름에는 두 개의 분자가 함유된다. 액정 단량체와 디아크릴레이트 (diacrylate) 가교제. 아주 중요한 것은, 이 두 분자가 아조벤젠 (azobenzene) 기를 함유하고 있다는 것이다. 그들은 필름을 휘게 만드는 조성으로 그 기능기를 선택했다. 필름을 휘게 하기 위해서 연구원들은 3.5 mW/cm²의 강도를

가지는 366 nm의 선형 편광 레이저를 필름 위에 쏘았다. 이 빛은 필름의 모서리를 광원 쪽으로 오그라들게 만들었다. “필름은 빛을 조사하는 방향으로 휘고 빛이 편광된 방향과 평행하게 휘었다.”고 이케다는 말한다. 이 필름에 540 nm 이상의 파장을 가지는 가시광선 레이저를 쏘여주면 원래의 평평한 형태로 복원된다. 저자들에 따르면, 그 필름은 10초 내에 오그라들고 퍼지며 반복적인 형태의 변화에도 손상되지 않았다. 레이저 빛이 그 필름을 때리면 액정에 있는 아조벤젠 기에 의해서 빛이 선택적으로 흡수된다. 그 다음 이러한 기능기는 그 자체가 편광 빛의 방향에 따라 정렬한다. “마이크로 크기의 미세한 축소와 액정 성분의 정렬로 필름 표면은 아주 미세한 부피 축소가 일어난다.”라고 이케다는 말한다.

(*Nanotechweb*, September 13, 2003)

다층 고분자로 코팅된 탄소 나노튜브

미국 Rensselaer Polytechnic Institute(RPI)의 연구자들이 고분자 다층구조를 탄소 나노튜브에 결합시켰다. “탄소 나노튜브는 그 뛰어난 기계적 전기적 특성들의 결과로 수많은 잠재적 응용의 가능성을 가지고 있다. 탄소 나노튜브에 작용기를 부여하는 전략들은 그러한 응용들을 추구에 결정적으로 중요하다. 그리고 탄소 나노튜브의 매력적인 전자적 기계적 특성들을 유지할 수 있기 위해서는 탄소 나노튜브에 작용기를 부여하되 공유결합이 아닌 방법을 개발하는 것은 특히 바람직하다.”고 연구자인 케인은 말한다. 이러한 비공유성 결합에 의한 작용기 부착을 성공시키기 위해서 케인과 그의 연구팀은 hydrolyzed-poly(styrene-alt-maleic anhydride) (h-PSMA) 고분자 수용액에 탄소 나노튜브를 넣었다. 소수성 상호 작용들은 이 고분자가 나노튜브 표면에 비공유성 결합에 의해 흡착하게 하였다. 연구팀은 그리고 나서 h-PSMA 속의 카르복실산 그룹들을 이용하여 폴리에틸렌이민 (poly-ethyleneimine-PEI)에 공유결합을 형성하게 해주었다. 케인에 따르면, 이 cross-linking은 고분자 층의 안정성을 증대시켰다고 한다. 이 과정을 반복하면 폴리 음이온들과 폴리 양이온들의 층이 교대로 반복하면서 하나의 다층 고분자 박막이 형성된다. 마지막으로 이 연구팀은 그 고분자 코팅 위에 한 층의 폴리악릴산 (poly(acrylic acid), PAA)을 입

혔다. “각 개별 층의 두께는 고분자의 선택에 따라 달라지며 pH와 코팅에 이용되는 용액의 이온 세기를 조절하여서도 조절이 가능하다.”고 케인은 설명했다. “탄소 나노튜브들을 고분자 고분자 다층 소재로 작용기를 부여하는 것은 나노튜브 표면에 반응성이 큰 그룹 (예를 들어 카르복실산 또는 아민 그룹)들을 나노튜브 표면에 도입할 수 있게 해준다. 이 반응성이 큰 그룹들은 생체 분자들의 비선택적 흡착에 대한 저항과 바이오 센서로서의 응용뿐만 아니라 바이오 선택성 리간드들을 부착하는 데에 쓰일 수 있을 것이다. 이 고분자 다층 구조들은 단일벽 및 다중벽 탄소 나노튜브들에 나노 입자들을 부착시키는 매개체 역할을 하여 혼성 나노 구조들의 제작도 가능하게 할 것.”이라고 케인은 말한다. 그러한 혼성 나노 구조 (hybrid nanostructure)들은 전자 소자, 자기 소자, 촉매로의 응용이 가능할 것이다. 예를 들어 과학자들은 금속이나 반도체 나노 입자들을 도입하여 나노튜브의 전자적 특성들을 변화시킬 수 있을 것이다.

(*Nanotechweb*, September 25, 2003)

스마트 블렌딩 기술

클래멘슨 대학의 연구원들에 의해서 개발된 스마트 블렌딩 공정으로 플라스틱의 제조 및 성능을 개선하는 방법이 변화될 것이다. 클래멘슨 연구팀을 이끄는 줌브러넨은 스마트 블렌딩으로 제조된 플라스틱이 금세기 내에 선보이게 될 것이라고 말했다. “많은 플라스틱이 현재의 제조 장치의 한계 때문에 의도된 용도를 최적으로 맞추지 못한다는 것을 알면 대부분의 사람들이 놀랄 것이다.”라고 그는 말했다. 그러나 스마트 블렌딩 기계를 사용한다면, 엔지니어들은 컴퓨터 키보드 단추 몇 개를 눌러 물질이 최대 효과를 낼 수 있도록 할 수 있다. 많은 플라스틱이 두개 혹은 그 이상의 플라스틱이나 첨가제와 혼합된다. 스마트 블렌딩 공정을 통해 플라스틱의 내부는 사람의 머리카락보다 10만분의 1 더 가는 기능적인 형태로 배열된다. 그것은 중요하다. 왜냐하면 그러한 미세 구조가 플라스틱이나 복합물의 특성과 물성을 결정하기 때문이다. 결국, 플라스틱은 더 단단해지고 전기 전도성이 좋아지며 가공성을 갖게 된다. “스마트 블렌딩 공정을 통해 내부의 미세한 구조가 이전의 어떤 공정보다 잘 제어될 수 있다.”고 줌브러넨은 말했다. 바로 적용 가능

한 분야에는 개량된 식품 포장용 필름, 개인 위생용품, 광-상호작용 플라스틱 그리고 자동차용 고강도 플라스틱 등이 있다. 장치 제조업자들은 그 기술의 상업화에 관심이 많다. 줌브러넨은 스마트 블렌딩으로 만들어진 최초의 플라스틱이 몇 년 안에 시장에 선보이게 될 것으로 예상한다. 줌브러넨의 연구는 1980년대 아레프가 발표한 ‘The theory of chaotic advection’인 “유체 내의 입자들이 단순 교반에

의해서 무질서하게 움직일 수 있으며, 그 무질서한 움직임으로 유체 영역이 늘어나고 중첩되어 여러 층이 형성된다.”에 기반을 두고 있다. “이 기술은 섬유, 필름, 그리고 심지어 사출성형 제품 등 모든 고분자를 생산하는 방법을 변화시킬 수 있다.”라고 그 연구센터 소장인 단 에디는 말했다.

(Eurekalert, September 21, 2003)