

고속항공기용 복합재료의 Matrix 물질

통신, 정보산업의 발달에 따라 세계가 좁아지고 있으며 이러한 추세는 수송의 분야에도 영향을 미치고 있다. 현재보다 훨씬 빠르게 전세계에 걸쳐 승객이나 화물을 수송해야하는 필요성에 발맞추어 미국, EC 등은 초고속 민간항공기의 개발을 서두르고 있는 실정이다. 그러한 항공기의 미국측 시안을 보면 미국의 서해안에서 극동지방을 승객 250내지 300명을 싣고 2시간에 운항할 수 있는 비행기를 기준으로 하고 있다. 이러한 기준에 의하면 비행기의 속도는 음속의 2.4배, 비행기의 무게는 150,000lb, 총이륙중량 750,000lb, 항속거리 5,000-6,500 해리에 이르는데 이중 중량 부분은 비행기 구조재중 50%를 복합재료로 대체한다는 전제하의 수치이다. 이와 같은 성능의 비행기를 제조하기 위해서는 비행기 대 당 복합재료의 비용이 대략 7,500,000달러 정도 소요될 것으로 예측하고 있는데, 미국 NASA의 계획은 2005년에 시제품을 만들고 향후 5년 사이에 500대 정도의 비행기를 제조할 것으로 되어있다. 이러한 예정이라면 미국 시장만 2100년까지 3,750,000,000달러 어치의 복합재료가 소요될 것으로 보인다. 한편 궁극적으로는 이러한 비행기가 15,000대 정도 필요할 것으로 보이므로 향후의 복합재료 시장은 무한하다고 할 수 있다.

이 고속민간항공기의 구조재로 사용될 물질은 당연히 고성능이 요구되는데 비행기가 음속의 2.4배로 비행하게 되면 비행기의 외부 표면온도는 섭씨 177도에 이르고, 비행기는 영하 54도부터 177도까지의 환경을 넘나들게 된다. 더구나 이 항공기는 총 72,000시간 이상을 비행할 수 있어야 하고 그 중의 60,000시간은 초음속으로 운항할 수 있어야 한다. 이러한 기준에서 보면 현재 많이 사용하고 있는 에폭시 계의 matrix 물질은 부적당한데, 에폭시는 고온에서의 장시간 사용, 더구나 항공기의 실제 운항조건인 습윤상태에서는 성능을 발휘할 수 없기 때문이다. 실제로 현재 운항중인 초음속항공기 Concorde는 Mach 2.0의 속도로 비행하며 이때 비행기의 표면온도는 섭씨 110도 정도인데, 이 항공기에 주로 사용된 물질도 에폭시가 아닌 폴리우레탄이다. 이러한 필요에 의하여 현재까지의 matrix 물질 중에는 폴리이미드가 가장 유망한 물질로 지목되고 있으며, 실제로 미국 NASA에서는 열경화성 폴리이미드를 집중 연구하고 있다. 또한 이 열경화성 폴리이미드는 구조재로 쓰일 복합재료의 matrix 뿐만 아니라, 복합재료와 honeycomb과의 접착재료, 비행기의 경량화를 위하여 리벳이나 볼트-넛트를 대신할 각종 접착재료에 폭넓게 쓰일 수 있어 더욱 수요가 늘어날 것으로 보인다.

기술적으로 경화시 휘발물질이 없으며 열에도 매우 강한 구조의 반응성 경화 작용기를 갖는 단량체의 개발이 가장 중요하며, 또한 경화시의 결합을 없애기 위한 성형방법의 개발 또한 시급하다. 현재는 올리고며 수준의 단량체 등을 이용하여 성형이 용이한 좋은 유동성을 확보하는 연구가 주를 이루고 있다.

(NASA Langley Research Center 자료를 중심으로)

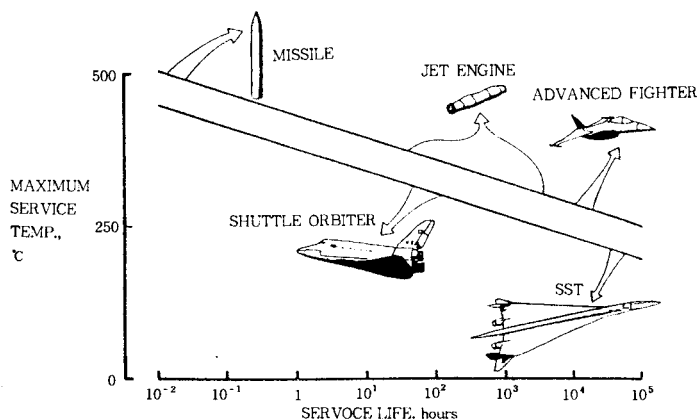


그림 1. Time and temperature needs of advanced materials.

(한국과학기술연구원 고분자연구부 이철주)

유기염료를 기초로한 광차단 소자의 개발

최근 미국 Pasadena에 위치한 Caltech의 Jet Propulsion Laboratory (JPL)의 Perry교수 연구팀은 chloroindium phthalocyanine 염료를 이용한 광차단 소자 (optical limiting device)의 개발 가능성에 대해 보고하였다. 이상적인 optical limiting 소자는 일상 빛의 세기에서는 투명하고, 레이저 빔과 같이 강한 세기의 빛을 잘 흡수하여 인간의 눈이나 광센서를 보호하는데 그 목적이 있다고 보고하였다. 이 chloroindium phthalocyanine 염료를 이용하여 제작한 소자는 강한 레이저 빔에 노출시켰을 때에 5나노초컨드 이내 레이저 빔을 완전히 흡수하여 출력부분이 어두워진다고 보고하였다. JPL의 Perry교수 연구팀은 이 결과가 "BREAKTHROUGH"를 일으키기에는 충분하다고 흥분되어 있는 상태라고 한다. 이 소자의 구조는 metallophthalocyanine dye를 PMMA의 주인계 매트릭스에 분산하여 만든 disk의 세개와 각 disk들을 분리하기 위한 spacer로 구성되어 있다고 한다. 이러한 개념의 광차단 소자는 보호용 안경, 선글래스, 실험용 안경 등의 응용 가능성을 연구하고 있으며, 앞으로는 군사상에서의 특수 파장의 빛을 차단하는 소자의 응용 가능성에 대해 고찰하고 있다고 한다.

(Chemical & Engineering News, January 1, 1996) □

새로운 블록형 Aliphatic Polyketone 고성능 고분자의 개발

최근에 미국의 Shell Chemicals에서 다단계 촉매공정을 이용하여 ethylene, propylene과 carbon monoxide로 구성된 새로운 블록형태의 aliphatic polyketones인 Carilon polymers를 소개하였다. 개발한 고분자들은 넓은 온도 범위에서 물성의 변화가 거의 없을 정도로 성능면에서 아주 우수하며, 물에 대한 sensitivity가 낮으며, 높은 녹는 점을 가지며, 또한 stiffness, mechanical strength나 충격 저항성이 뛰어나며 마모와 마찰에 대한 저항도 우수하다. 이런 고분자 재료들을 가지고 사출성형된 제품들은 우수한 mold definition과 표면결합에 대한 저항성을 가지며, warping이나 distortion이 또한 없다. 이런 새로운 블록형 aliphatic polyketone 고성능 고분자 재료들은 연료와 자동차용 fluids, 즉 산업계에서 사용하는 용매와 부식성이 있는 화학품 등에도 저항성을 가져서 응용면이 광범위하다. Carilon polymers들은 사출성형 외에도 extrusion하여 pipes, sheet, films의 제작과 blow molding, rotation molding 등을 이용하여 여러 형태의 금형이 가능하고, coatings와 fibers 등을 만드는 공정에 도 적합하다. Shell사는 Carilon polymer를 보강제와

filler 등의 첨가제들을 사용하여 광범위하게 쓰일 수 있는 고성능 고분자 제품을 선보일 계획이다.

(Plastics Engineering, January, 1996) □

Self-assembling Peptide Nanotubes

California La Jolla의 Scripps Research Institute에서 M. Reza Ghadiri 연구팀은 의약으로부터 재료 응용 범위를 찾을 수 있는 self-assembling peptide nanotubes에 대해 보고하였다. Scripps 팀의 분자 설계는 cyclic peptide를 구성하는 building blocks에 기초를 두고 있다. L-아미노산으로 구성된 고리 화합물들은 아미드의 카르보닐 산소와 또 다른 아미드 질소에 붙어 있는 수소간의 분자내 수소결합을 형성하려는 경향이 있다. 분자간의 수소결합을 이용하여 nanotubes의 고리 화합물을 쌓아올림으로써 서로 linked되어서 self-assembling peptide nanotubes가 형성된다. Self-assembling peptide nanotubes는 분자간의 수소결합에 의한 비공유 상호작용에 의해서 이루어져 있어서 cyclic peptide를 쌓아올림으로써 쉽게 거대분자를 만들수 있고, 또한 비교적 쉽게 따로 떼어낼 수 있다. 이 nanotube들은 아미드 그룹으로 이루어져 있기 때문에 친수성이 강하고, 이온이나 분자를 포집할 수 있다. 또한 nanotube내의 지름은 고리 화합물을 구성하는 아미노산의 수로 조절이 가능하다. Ghadiri와 대학원생 Thomas D. Clark는 현재 cyclic peptide의 적층의 운동 안정성을 증가시키기 위해서 개개의 고리 화합물들을 묶는 방법을 연구하는 중이다. 또한 이러한 self-assembling peptide nanotubes를 이용하여 제약 및 재료분야의 응용성을 앞으로 밝힐 예정이다.

(Chemical & Engineering News, January 15, 1996) □

Electro-optic Polymer로 구성된 광소자의 상업화 시도

최근에 전기광학 고분자 재료를 이용한 광소자의 상업화 시도란 제목으로 여러 미국 연구팀들의 연구결과와 동향에 대해서 상세히 보고하였다. 차세대 정보통신을 위한 광소자에서는 LiNbO₃를 이용한 광소자로서는 대역폭이 10 GHz-cm이하여서 한계에 부딪칠 것으로 예상되고 있고, 현재 LiNbO₃의 한계점을 해결하고자 고분자 물질을 이용한 광교환 소자의 제작 연구가 활발히 진행되어 왔다. 전기광학 고분자 물질은 특히 비선형 광학 성질이 아주 뛰어나 LiNbO₃와 반도체 물질에 비하여 switching 속도가 아주 빠르고 (50 picosec. vs. 2 nanosec.), 광대역 폭이 아주 높고 (400 GHz vs. 10 GHz), 기존 광섬유

어레이 접속 등이 용이하다. 또한 유기고분자 물질은 가공성이 좋기 때문에 여러가지의 광소자 즉 직선 광도파로 배선, 위상변조기, Mach-Zender 간섭계, beam splitter, directional coupler, X-switch 등의 집적화가 훨씬 용이하여 차세대에 필요한 광소자에 매우 유리한 장점을 지니고 있다.

유기 고분자 물질로 만든 광소자가 현재 상용되고 있는 LiNbO_3 의 광소자보다 월등함에도 불구하고 지금까지 실용화되지 않은 이유는 고분자 물질의 전기광학적 성질이 열적으로 안정하지 못한 것과 광전송 손실이 크기 때문이었다.

지금까지 연구된 유기 고분자 물질들은 고분자 매질에 비선형 광전자 유기물을 주입하여 poling (극화)시킨 host-guest계, 비선형 광전자 유기물을 고분자 매질에 공유결합시킨 side chain계 고분자, 고분자를 가교시킨 가교고분자 (crosslinked polymer) 등의 전기광학 고분자 재료가 개발되었다. 최근에는 아주 강한 electron-donating과 electron-withdrawing group들을 가지는 dicyanomethylidene과 sulfone을 기초로한 전기광학 소재들을 유리전이 온도가 아주 높고, 열적으로 매우 안정하고 광전송 손실이 낮은 폴리이미드에 공유결합시켜 side chain계 2차 비선형광학 고분자 재료를 합성하여 유리전이온도(T_g)를 향상시켜 전기광학 성질 및 고분자 재료의 열적 안정도를 향상시키고, 또한 비선형 광학 유기물 밀도를 높여 전기 광학 계수를 증가시켰다고 보고하였다. 이러한 유기고분자 물질을 이용하여 Mach-Zender 변조기와 스위칭 소자를 개발하여 현재 상용화를 시도 중이라고 보고 하였다.

(*Chemical & Engineering News*, March 4, 1996) □

UV Resistant Acetal

Delrin 527 UV 아세탈 수지는 이미 알려진 수지와 비교해서 대체로 자외선 저항과 금형 안정성이 향상되었다. 그리고 이것은 다른 자외선 resistant 물질보다 나은 물리적 성질과 색깔을 보유하고 있다. 이 물질은 표준 UV-stabilized 아세탈의 단기간 열적 안정성을 제공한다. 성형은 더 넓은 process, 더 높은 regrind rates를 가능하게 한다. 이 물질이 사용되는 용도는 자동차 내부의 구성요소 (손잡이, 햇빛가리개, 안전벨트 등)와 스포츠용

품, 창틀 금속제품이 있다.

(*Plastics Engineering*, January, 1996) □

Enpla-like 특성의 Styrene/olefin Alloys

미국의 Montell회사는 styrene/propylene 공중합체로 Hivalloy G 시리즈를 시판했다. 이와 함께 유리강화, 강화/보강 등으로 적용범위를 넓혔다. 이것은 주로 자동차의 의관 및 장식, 그외 자동차용 부품과 소비재로도 쓰인다. 기존 PP의 충격강도와 강성도를 개선한 것으로 어느 면에서 ABS, PC/ABS, nylon 66, PPO 무정형 열가소성 플라스틱과 견줄만 하다. 특히 비용과 경량의 잇점이 있다 ($d=0.950 \text{ g/cc}$, 무정형 EPT에 대해 20-30% 경량화 가능).

Melt-flow, stiffness, impact strength 등을 겨냥한 비강화 G 시리즈와 함께, 강화 G 시리즈 (ethylene/propylene, SEBS 고무 보강재 등), glass 강화 그룹과 고무-glass 강화 그룹이 있는데, 치수 안정성, 저온강도, 휨과 표면특성 등을 개선한 것으로 기존의 Enpla 수지들을 능가한다고 한다.

(*Modern Plastic*, March, 1996) □

압출용 초유연성 메탈로센 TPE수지

미국의 GLS 회사에서는 열가소성 수지 탄성체의 첫세대인 메탈로센계 폴리올레핀 탄성체를 가진 스티렌 블락 공중합체를 소개했다. 이것은 super soft 물질로 의학, 개인용품, 스포츠와 레저용품으로 압출과 튜빙에 적합하다. EX 215 TPE는 15 shore A의 경도를 가지고 파단 신율이 400% 이상이며, 이것은 기존 폼(form)의 유연도 정도로, 폼에 비해 투명성, 산율, 인열강도가 월등하다. 이외에 melt 강도는 압출에 적합할 뿐 아니라, 간편한 프로세싱이 가능하다. 그리고 발포도 가능하며 복잡한 프로파일과 얇은 튜빙도 가능하다고 한다.

(*Plastic Technology*, April, 1996) □

(한남대학교 고분자학과 김환규)