

고분자의 자가 치료특성 연구

미국 해군의 재료공학자 크리스토퍼 코프린이 이끄는 팀은 상용 고분자(볼링 핀, 헬멧, 골프 공을 코팅 하는데 사용되는 고분자)가 탄환 구멍을 순간적으로 메우는 놀라운 특성이 있다는 것을 발견하고, 고분자의 자가치료 특성이 어떻게 진행되는지 규명하려고 하고 있다. 그 특성이 비행기 연료탱크가 적의 공격으로 구멍이 나더라도 다시 원상태로 빠르게 돌아오도록 하는데 도움을 줄 것으로 기대한다. 자가치료 거동을 시험하기 위해서 연구팀은 1.5 mm 두께의 고분자 시트에 여러 가지 형태의 탄환을 쏘았다. 사용된 고분자는 듀퐁의 Surlyn 제품이었다. 비교적 작은 5.6 mm 탄환, 매우 뾰족한 탄환, 크지만 끝이 뭉툭한 탄환으로 구멍이 났지만 그 구멍은 아주 깨끗하고 빠르게 메워졌는데 이것은 그 물질의 용융 특성으로 인해 자가치료가 일어난 것으로 설명된다. “만일 열을 송곳으로 그 물질에 구멍을 낸다면 자가치료는 일어나지 않을 것이다. 그것은 고분자를 용융시키기에 충분한 열을 주지 못하기 때문이다.”라고 코프린은 말했다. 탄환의 속도가 빨라야만 Surlyn을 용융 온도 근처까지 가열시키게 된다. “우리는 물질이 서로 엉겨 붙든 아니든 그것이 어떻게 영향을 주는지 알고자 한다.”라고 그는 말한다. 용융 특성은 Surlyn의 폴리에틸렌 사슬과 메타아크릴산에 의해 좌우된다. 이 물질들은 이온 영역과 비이온 영역의 무질서한 혼합형태를 하고 있다. 또한 각 영역의 고분자들은 자신의 성질을 유지하려고 한다. “서로 엉겨 붙는 부분에서는 스과게티와 같으며, 열을 받을 때는 특정한 흐름성을 갖는다.”라고 코프린은 말한다. 현재 Surlyn은 연료에 닿으면 분해되고 만다. 따라서 Surlyn을 연료탱크의 표면에 코팅하거나 보관용기를 성형할 때 사용하기 위하여 다른 해군 연구소 팀은 Surlyn을 우레탄과 같은 내연료 (fuel-resistant) 물질과 합치는 방법에 대해 연구하고 있다.

(Newscientist, August 24, 2004)

폴리에스테르 윤활제

컴퓨터 기술 업계에서 많이 거론되는 주제는 무어의 법칙과, 이에 따른 보다 작은 회로들에 대한 예측이다. 그러나 이보다 덜 알려진 것으로 차세대 하드

디스크 드라이버에 관한 것으로, 고속으로 동작하며 밀집된 데이터를 유지할 수 있는 윤활제 코팅에 관한 것이다. 퍼플루오로폴리에스테르 (perfluoropolyether: PFPE)는 현재의 업계 표준으로서 매일 사용함에 따라 발생하는 마모와 찢겨짐에 대항하기 위한 보호막으로 폴리머가 갖고 있는 한계를 대항하기 위해 그 중요도가 증가하고 있다. 일리노이 대학의 Xiao는 비싸지 않고 양이 풍부한 폴리에스테르를 이용하여 완전히 새로운 윤활제를 개발하였다. SHP라 불리는 이 윤활제는 “입체적으로 지연시키는 폴리에스테르”로 매우 얇은 막으로 주조되면 마치 고체처럼 동작하며 매우 뛰어난 부착력을 지니고 있다. 이러한 두 가지의 품질은 윤활제 설계에서 매우 중요하다. 컴퓨터의 하드 드라이버는 사용 수명 동안에 수 천시간의 데이터 기록과 지움 동작을 반복하는 데이터를 저장하는 표면을 가능한 한 완벽하게 만들기 위하여 거울에 대고 연마를 하게 된다. 이때 윤활제로 코팅하는 것은 디스크가 디스크를 가로질러 수 십 번 앞뒤로 옮겨 다니는 헤드와 접촉될 때 차폐 역할을 한다. 자기기록장치로서 헤드는 디스크에 데이터를 기록하고 지우기 위하여 물리적인 접촉보다는 자기장에 더 의존한다. 그러나, 동작을 쉬고 있는 동안에는 슬라이더라 불리는 작은 디스크 암이 디스크 위에 내려앉게 되어 헤드를 보호하게 된다. 그러므로 윤활제는 슬라이더들이 홈을 디스크 표면에 가라앉지 못하도록 충분히 강해야 한다. 그러나, 동시에 헤드와 표면 사이의 접촉으로 인하여 생긴 찌꺼기가 다시 가라앉도록 충분히 유동적이어야 한다. 때로 PFPE에는 슬라이더가 가라앉으며 이에 따라 마찰에 의한 인력, 즉 정지 마찰력이 디스크가 다시 돌기 시작하면 이것을 다시 끌어 당겨서 디스크에 손상을 미치거나 심지어 헤드를 물기도 한다. 또 다른 문제로는 디스크의 회전 속도 문제인데, 분당 1만 번 이상의 회전에서는 원심력이 윤활제를 빨래판처럼 잔물결이 생기게 하여 표면을 평평하지 않게 하는데, 이런 표면은 데이터를 읽고 기록하는 것을 방해하여 어떤 트랙들은 슬라이더가 부딪힐 때 보호가 잘 안 이루어지게 할 수 있다. 이와 같은 문제를 극복하기 위하여 Xiao가 개발한 방법에서는 폴리머 자체가 강한 극성을 갖고 있으므로 그 자체 표면에 결합되게 된다고 한다. 그 결과 구조가 간단하고 저렴한 해결책이 된다는 것이다. 윤활제를 더 안정화시키기 위하여 Xiao

는 폴리에스테르 빌딩 블록을 사용했는데, 이 블록은 부피가 큰 유기물 분자들의 파생적 결과를 이용한 것이다. 이러한 분자들이 폴리머 형태를 띠게 되면 부피가 큰 그룹은 에스테르 결합을 둘러싸게 되고, 이로 인하여 입체적인 장애물이 되어서 연구진이 추진 하던 고체와 유체라는 특성의 균형을 지닌 물체를 만드는 데 도움이 되었다. 또한 실험 데이터에 따르면 SHP 윤활제가 부식에 있어서는 PFPF 보다 더 견고함을 보여주었다.

(Eurekalert, August 25, 2004)

용매화 고분자를 이용한 정렬구조 제작기법

용매화된 고분자 방울 (solvated polymer drop-let)을 이용해서 미세한 고분자 섬유로 서로 연결된 정렬구조를 손쉽게 제작할 수 있는 새로운 제작기법이 미국 루이스빌대학의 Robert W. Cohn 교수 연구진에 의해 개발되었다. 새로운 제작기법은 용매화된 고분자 방울을 원자력 현미경 (AFM)의 캔틸레버 (cantilever)나 텅스텐 전선처럼 예리한 것을 이용해서 서로 연결하는 방법이다. 용매화된 고분자 방울은 유동성이 있기 때문에 예리한 것으로 찍어서 끌면 긴 섬유가 딸려 나오게 되는데, 이것을 이용해서 다른 용매화 고분자 방울을 연결시킬 수 있다. 이러한 작업은 용매화 고분자 방울이 머금고 있는 용매가 모두 증발될 때까지 반복적으로 수행할 수 있기 때문에 다양한 방법으로 연결할 수 있다. 고분자 방울을 미리 규칙적으로 배열해놓은 정렬에 이러한 작업을 반복적으로 하면 다양한 패턴을 만들어낼 수 있다. 이렇게 만들어진 정렬구조는 마이크로 유체역학 장치 (microfluidic device)나 마이크로 광학 장치 (microoptical device) 시제품을 만드는데 유용한 주형으로 사용될 수 있다. 고분자 섬유로 연결된 정렬 제작기법의 가장 큰 장점은 목적에 따라 다양한 연결양식을 구현할 수 있다는 것이다. 이러한 장점은 기존의 마이크로 유체역학 장치의 한계를 극복하는데 있어서도 큰 도움을 줄 것으로 예상된다. 2차원 평면구조에 국한된 모습을 보여주고 있는 기존 마이크로 유체역학 장치를 한 단계 더 끌어올려 마이크로 채널이 3차원적으로 연결된 마이크로 유체역학 장치의 개발이 가능해질 것이다. 이러한 마이크로 유체역학 장치의 제작은 고분자 섬유로 연결된 정렬을 주형으로 사용하지 않고는 굉장히 어려울 것이다. 개발된 새로운 정렬구조 제작기법은 기존의 제작기법으로

는 엄두조차 내기 힘든 구조를 쉽고 빠르게 제작할 수 있는 수단을 제공하며 새로운 기술개발에 대한 응용 가능성이 높다는 점에서 큰 의미를 부여할 수 있다.

(Nano Letters, September 3, 2004)

온도에 따라 다른 자기조립 거동을 나타내는 고분자물질

온도에 따라 “화학적 잡종 (chemical crossbreeding)” 이라고 부를 수 있는 독특한 성질의 고분자물질이 미국 코넬대학의 Ulrich Wiesner 교수 연구진에 의해 처음으로 합성되었다. 비스너 교수 연구진에 의해 합성된 새로운 고분자물질을 한마디로 표현하면 “덴드리머 (dendrimer) 구조를 나타내는 양쪽성 공중합체 (amphiphilic copolymer)”라고 할 수 있다. 새로운 고분자물질은 서로 대치되는 상이한 성질의 분자구조를 한 분자 내에 함께 가지고 있는 하이브리드 분자이다. 이 고분자물질은 온도에 따라 “메조상 (mesophase)” 이라고 부르는 다양한 형태의 “초분자구조 (supramolecular structure)”를 “자기조립 (self-assemble)” 과정을 통해 형성하는 것으로 밝혀졌다. 저명한 과학잡지 사이언스 [Science, **305**, 1598 (2004)]에 따르면 새로운 고분자물질은 자연계에 존재하는 세포막 같은 물질의 상거동과 유사한 상거동을 나타내는 물질로 태양전지나 연료전지 기술 뿐만 아니라 극소형 전자장치 기술발전에 큰 기여를 할 것으로 보인다. 비스너 교수 연구진이 합성한 새로운 고분자물질은 온도에 따라 자기조립을 통해 원통형구조, 이중샌드위치구조, 3차원 정육면체 구조 등을 형성할 수 있다. 이러한 상거동은 다른 어떤 물질에서 관찰된 바 없는 전혀 새로운 상거동이다. 연구진이 새로운 고분자물질에서 발견한 또 다른 재미있는 성질은 리튬이온으로 도핑을 하면 전하수송 능력에 갑작스러운 변화가 발생한다는 것이다. 이 고분자물질의 급격한 전도도 변화는 자기조립에 의한 메조상 구조가 변하기 때문으로 이 현상 역시 관찰된 예가 없는 것이다. 급격한 변화가 일어나는 온도는 60 °C 부근으로 밝혀졌다. 리튬이온을 도핑한 새로운 고분자물질의 이러한 성질은 온도센서나 스위치 개발에 활용이 가능할 것으로 예상된다.

(C&EN, September 13, 2004)

<강원대학교 화공과 이원규>