



◀ 최첨단 고성능 에폭시 수지 경화특성을 고찰한 연구로 제6회 과학기술우수논문상을 수상한 김상욱교수.

이달의 과학자

서울시립대 공대 화학공학과
金 商 郁 교수

최첨단 고성능 에폭시 수지 개발 연구

최첨단 고성능 재료로 사용하는 에폭시수지 개발 연구로 큰 성과를 올린 서울시립대 공대 화공과 김상욱교수.

김교수는 이 연구로 반응성 첨가제에 의한 에폭시 수지의 내충격성을 향상시키는 연구방법을 개발하였다. 왕성한 연구활동으로 약 2백50편의 논문을 발표한 김교수는 93년 재료학회 학술상, 96년 서울시 문화상을 수상하기도 했다.

김상욱교수(46·서울시립대 공대 화학공학과)는 특수 목적용으로 최첨단 고성능 고분자 신소재를 개발하기 위해 많은 연구를 수행해 오고 있다.

특히 우주항공용 재료로 사용되는 섬유 강화 에폭시 수지를 개발하기 위해 심혈을 기울이고 있으며 많은 연구성과를 국내외 학술지 및 학술회의를 통해 발표해 오고 있다.

김교수는 nitrile 계통의 화합물들 중 glutaronitrile(GN)로 개질된 에폭시 수지 경화특성을 고찰한 연구로 과총에서 수여하는 제6회 과학기술우수논문상을 수상했다. 이 논문은 방법론적인 측면에

있어서는 비교적 쉽게 자료를 분석할 수 있는 DSC를 이용하여 경화반응 속도론과 경화반응 메커니즘을 연구하였고 기계적 물성에 대한 체계적인 실험을 행하였다고 한다.

경화특성, 물성에 관한 체계적 연구

경화반응 속도론적인 측면에서 반응열과 잔여 엔탈피에 의한 반응의 정도를 정량화시켜 해석하였고 반응성 첨가제로 사용된 GN은 사슬확장제의 역할을 하여 전체 경화반응 중에 있어서 가교밀도를 감소시키며, 이로 인해 에폭시 수지계의 내충격성이 강화되었다고 전한

다. 이와 같이 GN이 첨가되었을 때, 사슬확장의 결과로 인한 가교밀도의 감소를 메커니즘적인 관점에서 파악하였으며, 유리전이온도(Tg)의 감소로부터 확인할 수 있었다고. 또한, 후기경화 조건에 따른 에폭시 수지의 가능성을 체계적이고 과학적으로 제시하였다고 한다.

또한 이를 바탕으로 초고압용으로 사용될 수 있는 우수한 고분자 절연재료를 개발하기 위해 에폭시 수지를 이용한 절연재료에 관한 연구를 수행하고 있다.

또한 국내에서 대량으로 산출되는 천연 제올라이트 및 벤토나이트를 활용하여 고부가가치의 제올라이트 개발 연구를 수행하여 왔으며, 또한 에폭시 수지 및 ABS수지와 같은 고분자 재료에 천연 제올라이트 및 벤토나이트를 첨가제로 도입하여 새로운 복합재료의 개발 연구가 상당히 진전된 상태라고 한다.

이와 함께 플라스틱 폐기물을 리사이클링하여 환경문제를 해결함과 동시에 자원을 효율적으로 재활용하려는 연구를 수행하고 있으며, 관련 연구논문 2백50여편 이상을 국내 및 국제 학술지를

통해 보고하고 있다.

학술논문 2백50여편 발표

김교수는 최첨단 고성능 에폭시 수지 복합재료를 개발하기 위해 두가지 측면에서 연구를 수행하고 있다고 한다. 하나는 우수한 물리적·기계적·열적 성질을 나타내는 매트릭스를 개발하는 것이고, 또 다른 하나는 개발된 매트릭스에 탄소섬유, 유리섬유 등을 강화시킨 후 파괴메커니즘 개념을 도입하여 우수한 물성을 갖는 섬유강화 복합재료를 개발하는 것이다.

기존에 개발된 에폭시 수지 매트릭스가 인장강도, 영(Young)률, 굴곡강도 등 기계적 성질이 매우 우수하나 내충격성이 약한 단점을 나타내고 있다고 한다. 이를 보완하기 위해 여러 가지 종류의 반응성 첨가제를 도입하는 방법, 액상 고무화합물을 도입하는 방법, 무기 필러(filler)를 도입하는 방법 등에 관한 연구를 진행하고 있다.

특히, 에폭시 수지의 가교밀도가 너무 높아 내충격성이 너무 약한 점에 착안하여 반응성 첨가제를 도입하여 시슬의 길이를 확장시킴에 의해 가교밀도를 감소시킴으로써 내충격성을 향상시키고자 하는 연구를 진행하였다.

기존의 내충격성 향상 방법인 액상 고무화합물을 도입하는 방법은 에폭시 수지내에 형성된 고무입자 도메인(domain)들이 충격을 효과적으로 흡수하나 인장강도, 영(Young)률, 굴곡강도 등 기타의 물성들이 크게 감소하는 단점이 있다고. 반면에, 반응성 첨가제를 도입하는 방

법은 에폭시 수지의 시슬 내에 소프트 세그먼트(soft segment)들을 화학적으로 연결시켜 주는 방법이기 때문에 다른 물성들을 유지하면서 내충격성을 개선한 방법이므로 매우 탁월한 연구성과라고 한다.

반응성 첨가제로는 MN(malononitrile), SN(succinonitrile), GN(glutaronitrile), HQ(hydroquinone), PGE(phenyl glycidyl ether), HQ-PGE, PGE-AcAm(acetamide) 등 다양한 종류의 반응성 첨가제를 사용하였으며, 이들 매트릭스의 경화반응 속도론, 경화반응 메커니즘, 물리적·기계적·열적 성질 등에 관한 연구를 수행하고 있다.

또한 기존의 복합재료 연구방법이 거시적인 방법을 통해 인장강도, 충격강도, 영(Young)률 등을 측정하는 방법을 채택하고 있으나, 김교수는 매트릭스와 섬유계면에서 일어나는 미시적인 현상을 열역학적인 측면에서 파괴메커니즘을 통하여 연구하고 있다. 파괴메커니즘은 크게 debonding energy, post debond friction energy, 그리고 pull-out energy로 이루어져 있으며, 이들 각각의 에너지를 구하여 최대 파괴에너

지를 예측함으로써 에폭시 수지 복합재료의 설계시 유용한 데이터를 얻을 수 있었다고 한다.

이상의 연구결과들을 Materials Chemistry & Physics 등과 같은 국제 학술지, 국제 학술회의 프로시딩, 국내 학술지 및 국내 학술회의, 연구보고서 등을 통해 5백여편 이상의 논문을 발표하였다.

국제학술회의 좌장으로 활동

김교수는 이러한 학문적 업적을 인정받아 1993년에 제1회 한국재료학회 학술상, 1996년 10월에는 서울특별시 문화상을 수상하는 영예를 안기도 하였다.

김교수는 현재 한국공업화학회 전무이사, 한국재료학회 편집이사, 한국청정기술학회 감사, 한국자동차공학회 리사이클링기술위원회 위원장, 고분자 물성 및 리사이클링 관계 학술회의 각종 국제 학술회의의 좌장으로 활동하고 있으며 여러 정부기관과 기업체의 자문역을 수행하고 있다.

과학기술 패권주의 속에서 과학기술을 발전시키기 위해서는 획기적인 뒷받침 가운데 결과를 기대하는 정책이 필요하다고 생각되며 소위 '3D'에 속하는 화학계통의 학문일지라도 최선을 다하여 능동적으로 극복하는 것이 화학관련분야의 학문을 꽃피우게 할 수 있는 방법이라고 강조한다.

부인 안미숙(45)씨와의 사이에 보성(서울대 의예과·19), 형준(잠실중·15) 2남을 두고 있는 김교수는 현실에 최선을 다하는 자세로 모든 일에 임했으면 한다고.



▲ 학생들의 실험을 지도하고 있는 김상욱교수

〈배은영〉