

최근의 가공기술에 대한 국내연구동향

김 광 응

한국과학기술연구원 고분자연구부

1. 서 론

고분자 물질로 된 제품이 우리의 일상생활이나 산업체의 여러 분야에서 이제 없어서는 안되는 필수품의 일부가 된지도 꽤 오래다. 이는 고분자 물질의 특성인 다양한 물성과 성능에 기인하고 있지만, 용이한 가공성으로 인해 요구되는 물성과 성능을 쉽게 부합시킬 수 있기 때문이다. 따라서 그간 가공기술의 발달은 괄목할 정도로 성장하여 이제는 제품의 신뢰성을 높이고 성능도 크게 향상되어 기존의 금속이나 세라믹 제품을 고분자 물질로 점차 대체해 가고 있다. 컴퓨터의 일반화로 가공기술의 제어에도 많은 발전을 이룩하여 물성의 예측, 설계, 제조에 큰 몫을 차지하고 있어, 가공기술의 발달은 향후 더욱 더 발전할 것이다.

국내 고분자 가공기술의 개략을 고성능 고분자와 기능성 고분자에 대해 살펴보고, 현재 진행중이거나 앞으로의 연구개발 방향에 대해 몇가지 예를 들어 토론하고자 한다.

2. 가공기술의 발달

사출, 압출, 섬유가공, 증공성형, 필름 블로우잉 등으로 대별되는 기존의 여러 가공공정은 이제 수치제어, 자동화의 단계를 거쳐, 요구되는 물성과 성능을 정확하게 예측, 설계하여 제조하는 단계에까지 와 있어, 일련의 제품생산공정을 거의 무인화하면서도, 성능의 향상과 제품의 신뢰도를 크게 높혀 고분자 제품의 활용도는 크게 높아졌고, 앞으로 더 넓은 분야에 적용될 것이 틀림없다.

한편, 새로운 가공기술의 개발로 지금까지 불가능하였던 성능과 기능을 부여할 수 있는 기틀을 마련하여 일부 실용화 단계에까지 이르고 있다. 기체 충전 사출성형공정, 미세하고 균일한 기공을 갖는 분리막제조기술, 고상압출법, nano scale 분자구조의 제어기술, 다성분계의 형태학 제어기술, 액정고분자의 in-situ 복합화 가공기술, 저유전율재료 제조기술, micron 크기 이상의 기능성 입자 제조기술 등이 예로서 물성, 기능, 성능을 정교하게 제어할 수 있는 기술이 속속 개발되고 있어, 고분자 제품의 새로운 물성구현으로 여러 분야에 활용될 수 있을 것이다.

3. 고성능 고분자 분야

엔지니어링 플라스틱, 복합재료, 고강도 섬유로 대변되고 있는 고성능 고분자 분야에서 현재 활발한 연구 개발은 폴리에틸렌(PE)이나 폴리프로필렌(PP)과 같은 범용성 폴리올레핀(PO)의 고성능화, 기능화로 물성을 크게 향상시키고 기능성을 부여하여, 폴리올레핀의 엔지니어링 수치화, 복합화, 기능의 다양화로 용도 개발과 시장의 다변화를 꾀하고 있다. 분자량, 분자량 분포, 가지화의 종류와 가지화 정도를 원하는 물성에 따라 정확하게 제어할 수 있는 합성법, 촉매의 종류와 양, 새로운 반응기구 등에 관한 연구가 진행되고 있다. 이는 구조-물성의 상관관계에 대한 자료의 축적으로 가능하게 되었으며, 독특한 기능을 지닌 새로운 구조의 제품개발에도 박차를 가하고 있다. Metathesis 반응이나 새로운 metallocene 촉매 등이 개발되어 PO의 고성능화, 기능화를 이루어 가고 있다.

고성능 고분자의 소위 ABC(alloys, blends, composites) 분야에서는 본질적인 비상용성을 극복하여 물성을 향상시키는 연구는 물론, 다성분계의 비상용성으로 야기되는 상분리, 형태학적인 구조를 역으로 물성향상에 이용하는 새로운 분야에 대한 연구가 진행되고 있다. 즉, 상용성을 향상시키는 연구개발에서는 적합한 상용화제의 개발과 상용으로 이미 많은 제품이 소개되어 있고, 요구되는 특성에 따라 기능성이 부여된 제품이 앞으로 가능할 것이다. Block 또는 graft 공중

합체가 상용화제로써 널리 활용되고 있는데, 혼합 구성성분의 활성기에 따라 약간의 화학적, 물리적 반응을 수반하도록 하여 상용성을 증대시키기도 한다. 후자를 이용하는 분야에서의 연구는 최근 관심을 갖고 활발하게 진행되고 있는데, 분산상과 연속상의 구조를 임의로 변화시켜 내열온도, 충격강도, 기능성 부여, 경제성 등을 크게 높이는 것이 목적이다. Polyester나 nylon을 연속상으로 폴리스티렌(PS)과 혼합하며 blend의 내열성을 크게 향상시킬 수 있다. 또한 탄성체 입자내에 다시 미세한 탄성체 입자를 분산시키는 occluded계는 같은 충전제 부피에서 충격강도를 최대로 할 수 있는 형태학적인 제어기술이다. 열방성 액정고분자를 강화제로 사용하여 in-situ 복합재료를 개발하는 가공기술에서는 미세 섬유상으로 분산된 액정고분자로 인해 물성을 크게 향상시킬 수 있지만, 미세섬유상 액정고분자의 분산 이방성 때문에 야기되는 두 축의 물성 차이를 극복하기 위한 새로운 가공기술이 시도되고 있다. 가공시 액정고분자의 섬유화는 피할 수 없지만 가공기기 및 다이의 설계로서 이방성을 최대한 감소시키는 연구가 진행되고 있다.

복합재료 분야에서도 새로운 경향을 보이고 있는데, 지금까지 가장 많이 사용되어 온 열경화성 수지 대신에 열가소성 수지의 응용 열가소성 수지는 사용후 재활용이 가능하고 또 제품의 설계, 제조에서도 요구되는 물성을 쉽게 얻을 수 있기 때문이다. 보강제로 지금까지 유리섬유를 주로 사용하여 왔으나, 탄소섬유, 고강도 유기섬유(예, Kevlar 섬유) 등을 포함한 복합재료에 대한 연구는 이미 많은 진전을 보고 있고, 이외에 특성에 따라 금속섬유, 무기섬유 등을 포함하는 연구에서도 좋은 결과를 내고 있다. 한편, 고분자-고분자, 고분자-무기물, 고분자-금속계의 경사형 복합재료에 대한 연구는 그 용도개발과 더불어 매우 흥미있는 분야의 하나이다.

4. 기능성 고분자 분야

다양한 기능성 고분자의 개발에 대한 연구는 꾸준히 해 왔고 앞으로도 한층 더 활발한 연구가 진행될 것이 틀림없다. 전기전도성, 광전도성, 기능성 섬유재료, 비선형 광학재료, 포토레지스트, 의료용 수지, 분리특성 수지 등은 상당한 부분 실용화되어 있는 기능성 수지들이고 이들의 응용에는 매우 정교한 가공기술이 필요하다. 예로써 분리막에서와 같이 매우 얇은 막을 이용하기 위해서는 얇은 막을 형성하는 가공기술과 균일한 크기의 기공을 만드는 기술이 필수적이고, 초극세 섬유의 제조에는 가공공정이 섬유의 형상, 크기, 표면상태 등 물성을 좌우하게 된다. 다양한 기능성 섬유 분야에서는 광학섬유, 플라스틱 광섬유, 건축·토목용 섬유, 의료용 섬유 등 특성이 기존의 섬유제품과 전혀 다른 새로운 기능이 부여된 섬유가 개발되어 일부 실용화에 이르고 있다. 또한 직물의 구조를 바꾸어 외관 및 물성을 향상시키는 신합섬 개념에 대한 연구도 활발하다.

새로운 기능이 부여된 의료용 수지, 자동차용 수지, 접착제, 광특성 및 분리기능 수지의 개발에도 가공기술이 그 핵심을 이루고 있다. 한편 최근에는 이온중합법을 이용하여 micron 크기의 기능성 입자제조도 가능하여 의료용이나 진단 시약 등으로의 응용이 기대되고 있고, 새로운 개념의 열가소성 탄성체는 용도개발에 따라 다양한 특성을 지닌 제품이 가능하게 될 것이다.

5. 결 론

단일수지의 고분자이전 다성분계의 고분자이전 간에 제품으로의 제조는 반드시 가공공정을 거쳐야 하기 때문에 향후 점차 다양해지고 있는 요구특성으로 볼 때 가공기술에 대한 연구개발은 필연적이다. 그러나 향후 요구되는 물성이 좀더 정교하고, 좀더 정확하고, 좀더 지능화해야 하기 때문에 이들 가공기술에 대한 연구는 활발해질 것이 틀림없다.

앞으로 가공기술의 발달은 틀림없는 사실이지만, 한가지 염두해 두어야 할 사항은 환경문제와의 관련이다. 고분자물질의 제품생산과 사용에서 환경에 악영향을 미치지 않아야 할 것이다. 이는 비단 생산과 사용뿐만 아니라 전주기적 평가(life cycle assessment)에 의해 이루어져야 한다. 다시 말해서 제품의 설계, 원료 합성, 구성, 중합방법, 가공방법의 선택, 용도 등 모든 단계에 걸쳐 환경문제를 고려하고 재사용 및 재활용이 용이하도록 해야 한다. 전세계적으로 볼 때 고분자 물질의 사용량이 부피로 이미 금속과 세라믹을 합한 양보다 더 많고, 우리나라의 수지 생산량은 미국, 일본, 독일 다음으로 세계 4위를 기록하고 있어, 고분자 물질의 재활용과 재사용은 매우 중요한 연구과제이다. 환경정화 측면뿐만 아니라 귀중한 자원보존이라는 측면에서도 이에 대한 연구가 꼭 이루어져야 한다. 아직 좋지 않은 경제성 때문에 산업체에서는 재활용에 대한 연구개발을 기피하는 경향이 있지만 지구정화 차원에서 범국가적인 연구개발 노력이 요구되고 있다.