PU, PTMEG 생산 고부가 영역 도전

탄성섬유 이용 실생활 응용제품 인기 … TDI·MDI 독성문제 전혀 없어

폴리우레탄은 수산(OH) 기와 이소시아네이트기의 반응 생성물을 칭하는 것으로 DuPont의 Nylon66의 특허권을 피하기 위해 독일 화학자들에 의해 초기에 섬유 재료로 개발됐다.

이후 다양한 Polyol과 디이소시아네이트의 등장으로 물성영역이 매우 광범위한 제품이 개발됐으며, 고무 발포체, 경질 성형품으로 자동차, 가구, 신발, 냉장고, 냉동 컨테이너, 합성피혁, 의류 등에 널리 사용되고 있다.

폴리우레탄 수지 중 탄성섬유로서 스포츠 의류 등에 사용되는 PTMEG로 만드는 스판덱스(Spandex)와 합성피혁은 열가소성 수지이나 나머지 용도는 대부분 열경화성 수지로서 가교 구조를 이루고 있다. 폴리우레탄의 대표적인 반응은 삼관능성인 분자량 1000-6000의 고분자 포리올과 디이소시아네이트의 반응으로 고분자 포리올은 주로 Tg가 낮은 유연쇄를 형성하고 방향족 디이소시아네이트는 경직쇄를 형성해 탄성체의 기본을 이룬다.

폴리우레탄의 원료로 포리올은 크게 폴리에테르 포리올과 폴리에스테르 포리올로 나눌 수 있다. 폴리에테르 포리올은 주로 PPG(Polypropylene Glycol)로서 탄성은 약간 떨어지나 내가수 분해성(Hydrolytic Stability)이 우수해 단열체 등 발포제품에 널리 쓰인다. 주로 글리세린을 기재로 한 포리올로서 삼관능성을 가져 디이소시아네이트와 반응 후 가교 구조를 이루게 된다.

폴리우레탄은 수산기와 이소시아네이트기의 반응이 주 반응이나 이소시아네이트의 반응성이 매우 강하기 때문에 여러 가지 부반응이 동시에 수반된다. 특히, 부반응 중 물과의 반응은 탄산가스가 생성돼 발포체의 제조에 활용되며, 디이소시아네이트의 트라이머(Trimer)의 생성은 추가의 가교 구조로서 내열성을 높이기 때문에 폴리이소시아누레이트(Polyisocyanurate) 발포체의 주 반응으로 활용되고 있다.

TDI, MDI 등 디이소시아네이트는 독성이 있으나 대기 중의 수분과 격렬히 반응하기 때문에 잔류 이소시아네이트가 거의 없어 제품의 독성은 문제가 되지 않는다.

폴리우레탄 발포체에는 자동차, 가구 등에 사용되는 연질 발포체와 냉장고, 컨테이너, 건축단열재로 사용되는 경질 발포체로 대별된다. 연질 발포체는 이관능성인 이소시아네이트인 TDI가 주로 사용돼 가교 정도가 낮고 상온보다 낮은 유리전이온도를 가져 상온에서 유연한 물성을 보인다.

포리올로는 폴리에틸렌 아디페이트(Polyethyleneadipate)를 주로한 폴리에스테르 포리올과 PPG을 주로 한 폴리에테르 포리올이 사용되며, 발포는 프레온 같은 휘발성 발포제가 일부 사용되기도 하나 물과 이소시아네이트의 반응을 이용한 탄산가스에 의한 발포가 주로 사용된다.

제조공정은 분자량 2000 정도의 폴리에스테르 포리올과 삼관능성인 트리메틸올프로판(TMP)의 혼합물에 TDI, 물, 촉매, 유화제, 파라핀유 등을 연속적으로 혼합한 다음 혼합기 내부에서 나오는 혼합물을 움직이는 발포판(Trough)에 혼합기가 좌우로 움직이면서 뿌려주어 판이 이동하는 동안 발포와 가교반응이 일어나도록 한다.

폴리에테르 포리올은 반응성이 낮기 때문에 미리 과량의 디이소시아네이트와 반응시킨 프리폴리머 방식도 사용하고 프리폴리머의 점도가 높을 때에는 이소시아네이트를 더 추가한 Quasi Prepolymer 방식을 채용하기도 한다.

<화학저널 2004/05/11>

Copyright ⓒ 2003 by CMRI 화학경제연구원