

PE2) 무용제형 2단 경화형 형상기억 폴리우레탄의 합성 및 분석

임동혁 · 이원기 · 이승재 · 박찬영 · 이창한¹⁾

부경대학교 응용화학공학부, ¹⁾부산가톨릭대학교 환경행정학과

1. 서론

형상기억물질이란, 일정한 형태의 물질을 변형하였을 때, 열이나 빛 혹은 그 외의 자극을 가했을 때 외력의 작용 없이 물질 내부의 힘에 의해 다시 본래의 형태로 돌아오는 물질을 말한다. 폴리우레탄(polyurethane, PU)은 연질세그먼트와 경질세그먼트의 미세상분리 구조를 이뤄진 대표적인 고분자로 형상기억능력이 발현되기 쉬울 뿐 아니라, 각각의 세그먼트의 단위를 바꾸기 용이하여 폭넓은 물성 범위를 가지므로 본 연구에서 사용되었다. 본 연구에서는 형상기억능력의 향상을 위해 2단계 가교 구조, 물리적 가교와 화학적 가교를 형성할 수 있는 폴리우레탄고분자를 설계하였다. 먼저 그룹간의 물리적 가교인 수소결합을 형성할 수 있도록 설계하였고 말단에 아크릴 그룹을 도입하여 용제없는 환경 친화적인 UV경화가 가능하도록 고분자 구조를 설계하여 합성하였다. 얻어진 고분자를 UV경화 정도에 따른 형상기억능력의 변화를 측정하였다.

2. 실험 방법

폴리우레탄을 합성하기 위해 폴리올로 poly(ϵ -caprolactone) diol (MW = 1,000)을 90°C에서 감압-탈포하여 사용하였고, 디이소시아네이트로 4,4'-methylene dicyclohexyl diisocyanate, 쇠연장제로 ethylene diamine을 사용하였다. 반응의 촉매제로 dibutyltin dilaurate을 사용하였다. 2차 경화를 위한 아크릴레이트기의 도입을 위해 2-hydroxyethyl acrylate를 개핑제로 사용하였으며, 개시제로 methyl benzoylformate를 사용하였다. 반응열 제어와 점도를 낮추기 위한 목적으로 N,N-dimethylformamide를 용매로 사용하였다.

3. 결론 및 고찰

본 연구에서는 반결정성 고분자인 PCLD를 이용하고 PU를 합성하고, UV 경화를 통해 2차 가교를 형성함으로써 양방향성 회복능력을 가진 Multi-shape memory PU를 합성하고 경화 과정이 SMPU의 형상기억능력에 미치는 영향을 고찰하였다. FT-IR 분석 결과 PU의 합성 여부를 판단하였고, 또한 아크릴레이트기의 크기 변화를 관찰하여, UV경화가 이루어졌다는 것을 확인할 수 있었다. 경화진행 결과, 고상에서 2차 경화를 진행하게 되어, 사슬의 유동성이 떨어지기 때문에 가교의 형성시간이 오래 걸리며, 이를 이용하여 2차 가교의 형성시기와 위치를 선택적으로 사용할 수 있는 것으로 확인되었다. 따라서 2차 가교의 형성시기를 선택적으로 활용하여 시간을 분배하였고 이를 통해 나타난 SMPU의 형상기억능력은 고정능력 및 회복능력에서 각각의 경향성을 나타낸다. 연신 이전, 경화시간이 짧을수록, 연신 후인 두 번째 기억상에서 가교도가 더 높기 때문에, 연신 고정을 제거한 후 변화 정도를 나타낸 고정능력이 높게 나타났으며, 반대로 첫 번째 기억상에 대한 가교도가 상대적으로 낮기 때문에 하중에 의한 영향이 크게 나타나 점차 시편이 길어지는 것이 확인 되었다. 실험결과를 통해 기존의 단방향성 회복능력을 가진 SMPU의 개선방향을 확인하였으며, 양방향성 회복능력을 가진 기존 SMP보다 더욱 간단한 배합으로 합성할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 현재 SMA만이 활용되는 로봇이나 인공관절 등의 다양한 산업분야를 고분자로 대체할 수 있는 초석이 될 것으로 판단되며, 또한 고상에서의 UV 경화를 시간에 따라 선택적으로 활용하는 것은 SMP 뿐 아니라 UV경화시스템을 활용하는 다양한 소재의 산업에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.