

멜라민 함량에 따른 폴리아세탈의 기계적 특성 변화

Variation of Mechanical Properties in Polyacetal with Melamine

박광석, 서광석

Kwang S. Park, Kwang S. Suh

고려대학교 재료공학과

Department of Materials Science, Korea University

Abstract

Polyacetals with melamine were investigated in terms of mechanical properties. It was found that tensile strength, impact strength and elongation were decreased with the increase of melamine content up to 30 phr, flexural strength had no remarkable changes. For master-batch using polyurethane as carrier resin, in which the ratio of polyurethane to melamine was 2:1, tensile strength and flexural strength were decreased and impact strength remained unchanged with melamine content.

Key Words (중요용어) : Polyacetal, Melamine, Mechanical properties, Polyurethane

1. 서론

폴리아세탈 (Polyacetal) 수지는 내열성, 용매 저항성, 내구성, 내수성 등 많은 물리적 특성이 좋은 재료로서 산업 전반에 널리 이용되어 오고 있다. 형태상으로는 호모폴리머 (Homopolymer)와 코폴리머 (Copolymer) 형태가 모두 이용되고 있으며 이들 두 형태를 결합시켜서 사용하기도 한다. Oxymethylene 단위로 이루어진 호모폴리머 형태는 낮은 온도에서도 포름알데히드 (Formaldehyde)로 쉽게 분해되기 때문에 oxymethylene의 말단 히드록실기 (Hydroxyl group)를 'capping' 하거나 또는 ethylene oxide (-OCH₂CH₂-)로 공중합하여 열안정성을 향상시켜 사용한다 [1-3]. 열안정성을 향상시키기 위해 첨가제를 사용하기도 하는데, 페놀 계통의 산화방지제나 amidine compound 등이 이용되며 소위 acid scavenger 기능을 하는 것들이 대개이다. 이 중에서

amidine 계통의 안정제로는 cyanoguanidine과 멜라민 (Melamine)이 대표적이다 [4]. 멜라민은 자체 내열성이 좋으므로 난연제로 많이 사용되며, 대개 폴리아세탈에 대해 10 wt% 미만으로 사용된다. 또한 멜라민은 열적 특성 뿐만 아니라 내아크성과 같은 전기적 특성도 매우 좋은 것으로 알려져 있다 [5]. 하지만 사용량이 많아질 경우 분산이 잘 되지 않는 문제가 발생할 수 있다.

본 실험에서는 폴리아세탈에 멜라민을 혼합한 재료에 대하여 전기적 특성을 향상시키기 위한 전단계 실험으로, 최고 30 phr (parts per hundred resin)까지 멜라민 함량을 증가시킬 경우 폴리아세탈 수지의 기계적 특성 변화를 관찰하고, 과량의 멜라민을 사용할 경우 예상되는 분산성의 문제를 폴리우레탄을 carrier resin으로 이용하는 master batch를 만들어 그 영향을 연구하였다.

2. 실험

2.1 시료 제조

폴리아세탈은 한국 엔지니어링 플라스틱 (KEP)에서 생산되는 일반 압출용 제품을 사용하였고, 멜라민은 결정성 분말 형태의 제품으로 삼성정밀화학에서 생산되는 것을 이용하였다. 이들을 건조상태에서 혼합하여 이축압출기를 이용하여 펠릿 (Pellet)상태로 제조하였다. 이 펠릿을 각 특성의 ASTM 규격에 맞도록 사출성형을 통해 시편을 만들어 특성 측정에 이용하였다. 폴리우레탄 수지는 SKC에서 생산되는 25 g/10min의 melt index를 갖는 것을 이용하였다.

2.2 실험 방법

실험은 크게 두 가지 경우로 진행하였다.

첫째는, 폴리아세탈에 멜라민을 단순 혼합하여 특성을 파악하였고, 둘째는, carrier resin으로 폴리우레탄을 사용하여 master batch를 먼저 만든 후 폴리아세탈에 섞어서 특성을 파악한 경우이다. 각각의 경우 모두에서 멜라민의 폴리아세탈에 대한 비는 10 phr 단위로 증가시켜서 0~30 phr 까지를 함량 범위로 하였다. Master batch의 경우는 폴리우레탄과 멜라민을 2:1의 비로 압출한 후 다시 이를 멜라민 함량이 폴리아세탈에 대해 10 phr 씩 변화하도록 함량을 정해 압출하였다. 각각의 경우에서 멜라민이 과량으로 사용되므로, 분산이 잘 일어나도록 하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 일차적으로는 멜라민이 응집되지 않도록 진공처리를 하여 수분을 제거한 후 사용하였으며, 폴리우레탄의 경우는 유동성이 좋은 제품을 사용하였다. 또한 폴리아세탈 수지와 건조상태에서 혼합시 약 5분간 계속 섞어주어 분산을 최대한 유도하였다. 기계적 특성은 인장강도, 굴곡강도, 충격강도, 연신율의 4가지 대표적인 특성들에 대해 5회를 측정하여 그 평균값을 이용하였으며 사용된 ASTM 방법은 표 1에 나타났다.

표 1. 각 특성 측정에 사용된 ASTM 방법

굴곡 강도	D-790
인장 강도	D-638
연신율	D-638
충격 강도	D-256

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 폴리아세탈과 멜라민의 단순혼합 경우

그림 1에 폴리아세탈과 멜라민을 단순 혼합한 경우의 기계적 특성 변화를 그래프로 나타냈다.

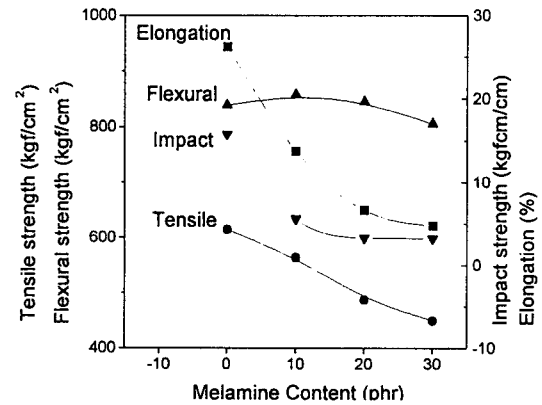


그림 1. 폴리아세탈과 멜라민을 단순 혼합한 경우 멜라민 함량에 따른 기계적 특성 변화

굴곡강도는 멜라민 함량이 증가함에 따라 약간 감소하지만 큰 영향을 받지 않는 것으로 보이며, 인장강도와 연신율, 충격강도의 경우는 급격히 낮아지는 것으로 나타났다. 멜라민은 3 개의 amine기를 가지고 있으며 포름알데히드와 반응하여 network 구조를 형성할 수 있지만 폴리아세탈의 주사슬이 분해하여 포름알데히드가 만들어지지 않으면 반응이 불가능하다. 따라서 단순 혼합한 경우는 폴리아세탈에 멜라민이 물리적으로 접촉되어 있는 상태로 생각되며, 따라서 멜라민의 함량이 증가하면 전체적인 기계적 특성의 저하가 유발되는 것으로 생각된다.

3.2 Master batch를 이용한 경우

그림 2에 폴리우레탄을 carrier resin으로 이용한 경우의 기계적 특성을 나타냈다. 인장강도와 굴곡강도는 모두 멜라민 함량이 증가함에 따라 급격히 감소하는 것으로 나타났고, 충격강도는 거의 영향받지 않는 것으로 보이며, 연신율은 20 phr에서 최대값을 나타냈다. 폴리우레탄은 폴리아세탈과 상용성이 있으므로 폴리아세탈의 인성 (Toughness) 및 충격강도의 향상을 예상했으나 결과에서 보면 충격강도의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 결국 멜라민에 의해 제공되는 계면 결합력이 없기 때문으로

생각된다. 인장강도와 굴곡강도의 급격한 감소 또한 마찬가지로 이유인 것으로 생각된다. 결국 폴리우레탄을 carrier resin으로 사용하여 master batch를 만드는 경우는 멜라민의 분산성은 확보할 수 있지만 기계적인 특성은 기대하기 어렵다고 생각된다.

참고문헌

- [1] Y. Ishida, H. Ohtani, and K. Abe, "Sequence Distributions of Polyacetals Studied by Reactive Pyrolysis-Gas Chromatography in the Presence of Cobalt Sulfate", *Macromolecules*, Vol.28, pp.6528-6532, 1995.
- [2] S. M. Sinker, ed. *Handbook of Plastic Materials and Technology*, John Wiley and Sons, pp.11-24, 1990
- [3] S. W. Shalaby, ed. *Thermal Characterization of Polymeric Materials*, Academic Press, pp. 282-283, 1983.
- [4] U.S. Pat. 4,731,397
- [5] J. R. Fried, *Polymer Science and Technology*, Prentice Hall Inc., pp.333-335, 1995.

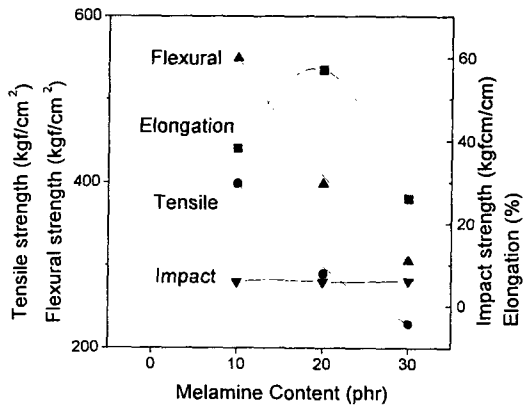


그림 2. Master batch를 이용한 경우 멜라민 함량에 따른 기계적 특성 변화

4. 결론

폴리아세탈에 대해 멜라민 함량을 증가시킬 경우 인장강도, 충격강도, 연신율 등의 기계적 특성이 크게 감소되며, 굴곡강도의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다. 폴리우레탄을 이용한 master batch를 사용할 경우에도 기계적 특성의 저하가 두드러지는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 결국 폴리아세탈과 멜라민의 상용성이 없기 때문에 계면결합력이 확보되지 않기 때문인 것으로 생각된다.