

DGEBA/MDA/HQ-PGE 계의 기계적 성질

송영욱 · 심미자* · 김상욱

서울시립대학교 공과대학 화학공학과, *문리과대학 생명과학과

Mechanical Properties of DGEBA/MDA/HQ-PGE System

Young-Wook Song, Mi-Ja Shim* and Sang-Wook Kim

Dept. of Chem. Eng., Seoul City Univ., *Dept. of Life Sci., Seoul City Univ.

서 론

열경화성 수지의 대표적인 수지로, 산업적으로 유용하게 쓰이는 에폭시 수지는 그 구조상 가교밀도가 전체적인 물리적 성질에 끼치는 영향이 매우 크다. 예로써, 가교밀도가 높아질수록 인장강도는 커지게 되고, 충격 강도와 굴곡 강도는 작아지게 된다. 에폭시 수지중 특히, 아민계 경화제로 경화된 순수한 에폭시 수지는 쉽게 깨지는 단점을 가지고 있는데, 이는 가교밀도가 높기 때문에 인장 강도는 크지만, 충격 강도는 작기 때문이다. 그러므로, 에폭시 수지의 가교밀도를 조절함으로써 이러한 단점을 보완하고자 하는 노력들이 많은 연구자들에 의해서 행해져 왔다.

본 연구에서는 이와 같은 에폭시 수지의 개질 연구의 일환으로, 수산기를 가진 hydroquinone(HQ)과 에폭시기를 가진 phenyl glycidyl ether(PGE)를 새롭게 합성시킨 hydroquinone-phenyl glycidyl ether(HQ-PGE)를 반응성 첨가제로 diglycidyl ether of bisphenol A(DGEBA)/4,4'-methylene dianiline(MDA) 계에 각각 다른 양을 넣어 경화시키고, 인장 강도 및 충격 강도 등의 기계적 성질을 시험하여 HQ-PGE가 에폭시 수지의 기계적 성질에 미치는 영향을 살펴보았다. 그리고, 이를 통해 가교밀도의 조절로 인한 기계적 성질의 변화를 고찰하였다.

실 험

본 실험에 사용된 에폭시 수지는 상업적으로 널리 사용되는 Shell사의 DGEBA Epon 828 이었고, 경화제로는 아민계 경화제의 하나인 Fluka Chemie AG사의 MDA를 사용하였다. 반응성 첨가제로 사용된 HQ-PGE의 합성을 위해 Osaka Hayashi Pure Chemical Ind.의 HQ와 Fluka Chemie AG사의 PGE를 사용하였다. HQ와 PGE는 일정한 조건으로 합성하였으며, 합성된 HQ-PGE는 저온에서 보관하였다.

DGEBA/MDA(30phr) 계에 HQ-PGE를 각각 다르게 혼합하여 특수 제작한 몰드를 이용하여 80°C에서 1.5시간, 150°C에서 1시간 경화시키고, 인장 강도와

충격 강도 실험을 행하였다. 인장 강도 실험용 시편은 ASTM D-638에 의하여 제작하였으며, Shimatzu사의 만능시험기인 AGS-1000D autograph를 이용하여 측정하였다. 그리고, 충격 강도 실험용 시편은 ASTM D-256에 근거하여 제작하였고, Izod 시험기를 이용하여 시험하였다.

결과 및 고찰

충격 강도와 인장 강도의 개선은, 특히 깨지기 쉬운 에폭시 수지와 같은 매트릭스에서는, 기계적 성질의 개질 측면에서 매우 중요한 목적이 되고 있다. 일반적으로 에폭시같은 열경화성 수지는 가교 밀도가 높으며, 구조속 각각의 세그먼트 사이의 거리가 짧아서, 약간의 충격에도 잘 깨지게 된다. 그러므로, 3차원의 망상구조를 가진 열경화성 수지의 대표적인 에폭시 수지는, 보통 인장 강도는 매우 큰 반면에, 충격 강도는 매우 작다.^{1,2)}

Izod 충격 시험기를 이용하여 반응성 첨가제로 사용된 HQ-PGE의 함량에 따른 DGEBA/MDA계의 충격 강도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다.

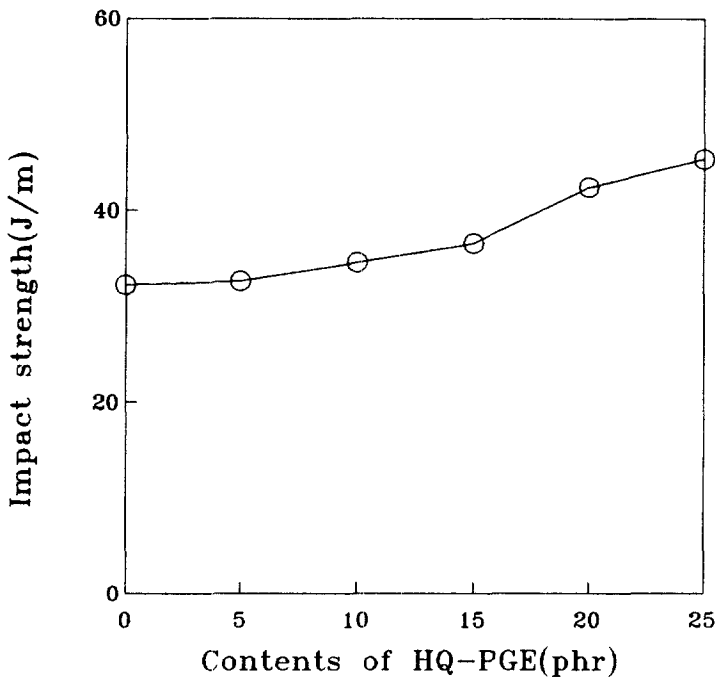


Fig. 1 Impact strength of DGEBA/MDA system with various HQ-PGE contents

HQ-PGE의 함량이 증가함에 따라 충격 강도는 조금씩 증가하고 있음을 볼 수 있으며, 이로써 첨가된 HQ-PGE의 양이 많으면 많을수록 가교밀도가 감소함을 알 수 있다. 즉, 에폭시 수지에 첨가되는 HQ-PGE는 각각의 세그먼트사이의 거리를 증가시키고, 이로 인해 일정 충격이 가해질 때 대항하는 저항력이 커졌음을 알 수 있다.

반응성 첨가제의 도입으로 인한 화학 구조의 변화를 확인하기 위해서 물질의 유리전이온도(T_g)를 측정한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. HQ-PGE의 함량이 증가함에 따라 일정하게 T_g 가 감소함을 볼 수 있다. 이것은 분자내의 사슬이 풀어지면서 마이크로 운동을 하여 전이를 일으키는 시작점에서의 온도의 감소라는 의미를 지니는데, 사슬 길이가 증가하고 가지수가 증가하여, 최종적으로 가교밀도의 감소로 인한 결과이다.³⁾

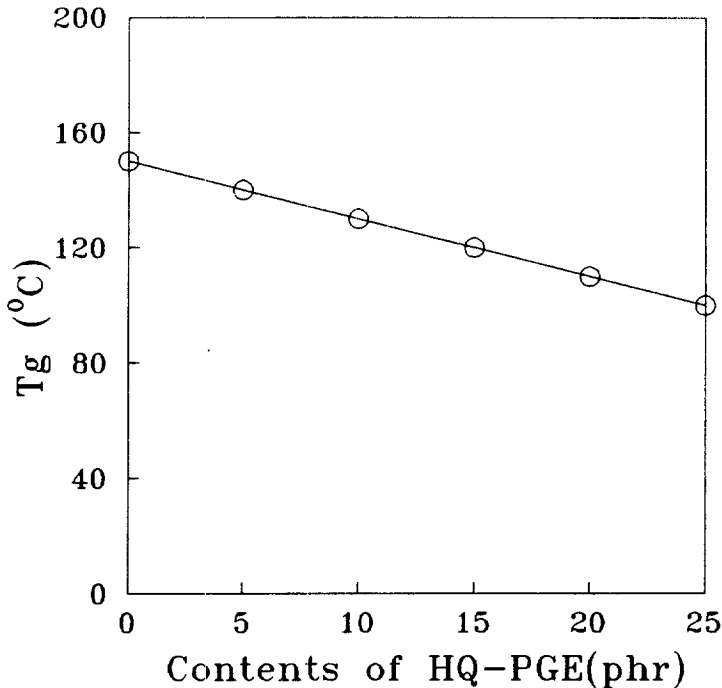


Fig. 2 T_g of DGEBA/MDA system with various HQ-PGE contents

일반적으로, 가교 밀도가 감소할 때, 즉 사슬의 길이가 증가할 때, 이들 사슬 간의 결합은 약해지고 이로 인해 인장 강도는 감소하게 된다. 즉, 충분히 느린, 일정한 헤드 속도로 시편을 잡아당기면 가교 밀도가 낮은 것이 더 빨리 파단이 일어나게 된다.⁴⁾ 그러나, 이런 예상과는 달리 본 계에서는 인장 강도는 다르게 측정되었다. 이 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 그림을 통해 알 수 있는 바와 같이 DGEBA/MDA 계의 인장 강도는 HQ-PGE의 함량이 20phr에 이를 때까지 지속적으로 증가하다가, 그 후에 감소하였다.

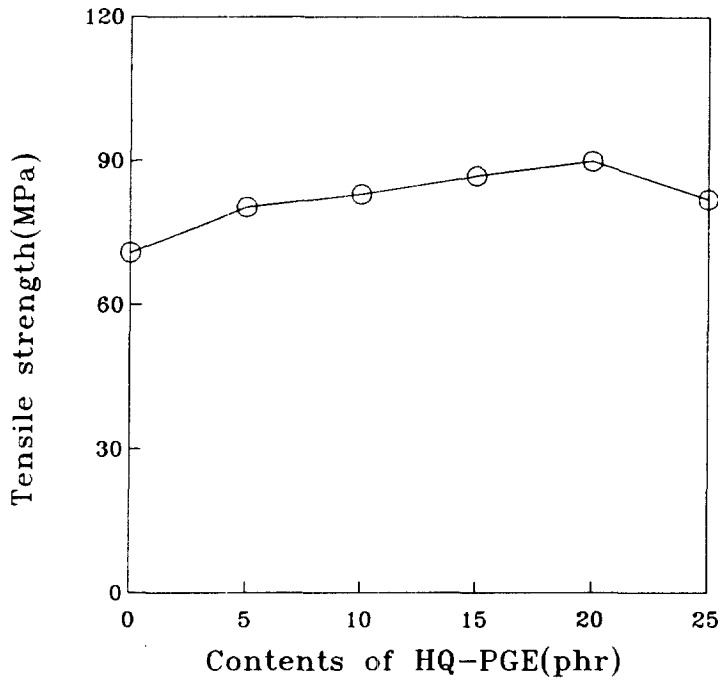


Fig. 3 Tensile strength of DGEBA/MDA system with various HQ-PGE contents

이와 같은 결과는 반응성 첨가제로 사용된 HQ-PGE가 에폭시와 반응을 할 때, 사슬 길이를 연장시키기는 하지만, 자체적으로 사슬간의 강한 결합을 유지하고 있음을 나타낸다. 즉, 가교밀도의 감소에도 불구하고, HQ-PGE의 자축매 반응으로 인하여 생성되는 수산기와 에폭시 수지의 미반응된 에폭시기 사이의 결합으로 인해 인장 강도의 증가가 나타나는 것으로 생각된다. 이와 같은 결과를 통해 HQ-PGE의 함량이 20phr일 때 충격 강도와 인장 강도 등 기계적 성질이 가장 향상된 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. S. W. Cho, M. J. Shim and S. W. Kim, *Korean J. Mater. Res.*, **2**, 191 (1992)
2. S. S. Lim, S. W. Cho, H. Y. Yoo, M. J. Shim and S. W. Kim, *ibid.*, **3**, 215 (1993)
3. S. K. Jeoung, I. S. Chun, M. J. Shim and S. W. Kim, *ibid.*, **4**, 915 (1994)
4. J. Y. Lee, M. J. Shim and S. W. Kim, *J. Korean Ind. & Eng. Chem.*, **6**, 288 (1995)