

## 고분자에 대한 산화아연(ZnO) 나노입자의 열안정화 효과

조광수, 홍정일\*, 정찬일\*, R. W. Siegel\*, L. S. Schadler\*  
경북대학교 고분자공학과, \*미국 Rensselaer Polytechnic Institute 재료공학과

### Effect of ZnO Nano Particles on Thermal Stabilization of Polymers

Kwang Soo Cho, Jung-il Hong, Chan I. Chung, R. W. Siegel  
and L. S. Schadler\*

*Department of Polymer Science, Kyungpook National University, Daegu, Korea*  
*\*Department of Materials Science and Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, NY, USA*

#### 1. 서론

나노미터 규모의 작은 충전제 입자는 마이크로 미터 규모의 일반적인 충전제 입자에 비해서 많은 다른 점이 발견되어 왔다. 이 연구에서는 최근에 알게된 입경이 100 nm 이하인 ZnO 입자가 radical 중합된 고분자의 열안정성을 향상시키는 현상을 보다 자세하게 연구한 것이다.

#### 2. 실험

HDPE, LDPE, LLDPE, PP 및 PS를 열분해가 아주 느리게 일어나는 낮은 RPM으로 Haake사의 Torque Rheometer의 internal mixer 안에서 녹인 후 평균입경 49nm인 ZnO 나노입자를 약 4분간 충분히 분산되도록 혼합하고 50 RPM으로 혼합속도를 높여서 시간에 따른 Torque의 변화를 측정하므로써 열안정성 효과를 관찰하였다. 열안정화 기구를 고찰하기 위하여 입경은 수 마이크로 정도이지만 비표면적이 나노입자보다 큰 Boronitride와 페놀계 산화방지제인 Irganox 1010을 상기 고분자와 앞에서와 같은 방식으로 혼합하면서 비교하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

래디칼 중합된 고분자는 종류에 상관없이 ZnO 나노입자에 의해서 Degradation 또는 Gelation이 함량증가에 따라 크게 지연되었으며 이는 산화방지제와는 전혀 다른 Mechanism에 의한 효과로 보여진다. 산화방지제의 경우 함량증가에 따라서 LDPE의

Gelation에 의한 Torque의 Peak의 형상이 넓어지며 함량에 따라 지수함수적으로 지연되어 나타나나 ZnO 나노입자를 LDPE에 적용할 경우 함량에 따라 Peak의 위치가 비지수함수적으로 지연되어 나타나며 Peak의 형상은 거의 변하지 않았다.

수 마이크로 미터 크기의 Boronitride는 거칠은 표면으로 비표면적이 ZnO 나노입자보다 더 넓었지만 형상이 나노입자와 같으며 입경이 수백 나노미터 이상인 ZnO와 마찬가지로 LDPE의 Gelation을 지연시키는 효과를 보여주지 못했다.

ZnO 나노입자가 LDPE에서 Torque Peak의 형상은 변화시키지 않으며 단지 위치만 더 늦은 시간으로 이동시키는 것으로 보아 잘 알려진 페놀계 산화방지제의 안정화 Mechanism과는 전혀 다른 방법으로 LDPE의 Gelation을 안정화시키는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

ZnO 나노입자의 고분자의 열안정화는 입경이 작아짐에 따라 표면특성이 바뀌어 고분자의 열분해 또는 Gelation을 유발하는 Radical Source들을 흡착하다가 흡착할 능력이 포화될 때부터 순수한 고분자와 같은 과정을 거쳐 열분해 또는 Gelation이 일어나는 것으로 판단된다. 이는 일반적인 산화방지제와는 전혀 다른 Mechanism에 의한 열안정화로 생각된다.