

자외선 경화형 대전방지제의 합성 및 응용연구

김진향 · 하진욱

순천향대학교 신소재화학공학부

e-mail : ditto3067@hotmail.com, chejwh@sch.ac.kr

A Study on the Preparation and Application of UV-curing Anti-Static Agent

Jin-Hyang Kim · Jin-Wook Ha

Division of Material and Chemical Eng., College of Eng.,
Soonchunhyang University

요 약

본 연구에서는 4차 암모늄염의 대전방지 현상을 알아보기 위하여 아크릴기가 있는 2-(dimethyl amino)ethyl methacrylate(DMA)를 알킬화 시켜 대전방지제를 합성하고, 자외선 경화 반응을 통해 대전방지 기능이 지속적으로 유지되게 하였다. 여기에서 얻어진 대전방지제를 PMMA 판에 코팅하여 코팅 도막의 전기저항의 변화를 관찰한 결과, 대전방지제의 함량이 20part 이상으로 높아질 때 표면저항 값이 낮아지는 현상을 볼 수 있었다. 또한 대전방지제의 함량이 10part인 경우, 상대습도가 20% 증가할 때 저항 값은 $10^2 \Omega/\text{cm}^2$ 까지 감소하는 결과를 볼 수 있었다.

1. 서론

전기적 전도성이 낮은 두 물질을 마찰시키면 정전기가 발생하게 되는데, 그 전하의 종류와 양은 그 물질에 의존하게 된다. 많은 플라스틱 물질들은 낮은 전기전도도로 인해 쉽게 정전기를 띠게 된다. 따라서 플라스틱 물질 표면에 먼지가 많이 붙게 되어 플라스틱 필름 생산 시 어려움이 많고, 전기쇼크에 의한 위험성도 크다. 대전방지제는 이런 전하의 축적을 방지하고, 하전된 전하를 빠른 시간 내에 하전시킴으로써 정전기에 의한 부작용을 막게 된다.

본 실험에 사용된 대전방지제는 4차 암모늄염으로서 일종의 계면활성제 형태이다. 이것은 가격이 저렴하고, 고분자의 물성에 미치는 영향을 적게 할 수 있는 장점이 있다. 그런데 4차 암모늄염은 내부 계면활성제(internal surfactant)이므로 고분자 성형 이전에 물리적으로 고분자 수지와 섞여 사용하게 되므로 용융상태의 고분자에 용해성과 섞임성(compatibility)이 있어야 한다. 그리고 암모늄염의 고분자 수지와의 제한된 용해성 때문에 내부의 대전

방지제는 경화된 고분자의 표면으로 이동하여 공기 중의 수분을 흡수하게 된다.

고분자 반응은 자외선 라디칼 중합을 통해 이루어졌다. 실험에는 아크릴계의 모노머(monomer)를 사용하였고, 아크릴기를 포함하는 4차 암모늄염을 만들어 공중합 반응에 참여하게 된다.

자외선 경화형 수지는 경화속도가 매우 빠르므로 생산성이 우수하고 상온 중합이 가능하므로 열 경화 수지에 비해 에너지 소비를 줄일 수 있으며, 용매를 쓰지 않는 경우, 환경오염을 방지할 수 있다. 또한 고분자를 제조할 때에 여러가지 고기능성을 부여할 수 있으며 다양한 물성을 조절할 수 있는 장점이 있어 현재 그 사용이 점차 증대되고 있다.

본 실험에서는 대전방지제로 사용되는 4차 암모늄염을 아크릴레이트에 도입시켜 자외선 경화를 시켰다. 이 때 얻어진 공중합체는 삼차원적 그물구조를 형성하며 대전방지제는 공유결합을 이루므로, 공중합체의 표면에서 물에 의해 씻겨나가지 않게 되어 지속성을 갖게 된다. 또한 4차 암모늄염 형태의 대

전방지제는 열에 약하므로 열 경화방법으로는 내부 계면활성제로의 사용이 불가능하다. 그러나 본 실험에서는 자외선 경화 방법으로 고분자반응을 진행시킴으로써 4차 암모늄염을 내부 계면활성제로 사용할 수 있었다.

본 연구에서는 합성한 대전방지제를 PMMA 판에 코팅한 후, 경화된 도막에 대하여 4차 암모늄염의 함량과 상대습도에 따른 표면저항 값의 변화를 관찰하였다.

2. 실험

실험 장치에 장착된 3구 플라스크에 2-(dimethylamino)ethyl methacrylate(DMA)를 넣고 40℃까지 교반하며 승온 시킨 후 적가판넬을 통하여 diethyl sulfate를 적가하면서 1차 반응을 진행하였다. 적가가 완료되었을 때 6시간 추가교반 후 중합체의 수용성을 증가시키기 위하여 tetraethylene glycol diacrylate (TTEGDA)를 무게비 50wt%를 적가, 상온에서 2시간 2차 반응을 진행하였다.

여기에서 합성된 대전방지제를 사용하여 코팅액 배합을 하였다. 코팅액 배합을 위하여 대전방지제와 PMMA 표면에 코팅액을 부착시키기 위한 자외선 경화용 바인더, 그리고 약간의 용제를 사용하였다. 여기에 레벨링을 좋게 하기 위하여 BYK Chemie에서 제조한 BYK-306을 전체 코팅액의 0.1wt%정도 첨가하였다. 제조된 코팅액에 첨가한 대전방지제의 양은 10, 20, 그리고 30part(바인더 대비 대전방지제의 무게비)까지 변화시켰다.

PMMA 판 위의 자외선 코팅 과정은 다음과 같다. 투명한 PMMA 판을 15cm × 10cm 정도의 크기로 잘라서 그 위에 코팅두께를 조절할 수 있도록 제작된 #12(wet 두께 : 28μm)의 코팅 바(coating bar)를 사용하여 배합된 코팅액을 코팅하였으며 코팅된 필름에 주파장 365nm의 자외선을 광량이 800~1200mJ/cm²이 되도록 조사시간을 조절하였다. 위 과정으로 PMMA 판 위에 대전방지제가 도입된 투명한 도막을 얻을 수 있었으며 이 도막에 표면저항기로 전압을 걸어 대전방지제의 함량에 따른 PMMA의 표면저항과 상대 습도에 따른 표면저항의 변화를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 대전방지제의 함량별 표면저항

보통 대전방지제는 표면저항 값이 약 10¹²Ω/cm²

이하부터 대전방지효과가 있으며, 10¹¹Ω/cm²이하이면 그 효과가 우수한 것으로 분류되며 본 실험에서는 대전방지제의 첨가량이 증가 할수록 표면저항이 현저하게 감소하는 것을 볼 수 있었다.

Figure 1에 정리한 대전방지제 함량에 따른 저항의 변화를 보면 대전방지제의 함량이 10part 정도에서는 표면저항 값이 줄지 않다가 그 이상부터는 표면저항 값이 작아지고, 대전방지제 함량이 증가 할수록 기울기가 완만해지는 지수 함수적인 곡선을 보임을 알 수 있다.

Table 1. 대전방지제의 함량별 저항치의 변화 (습도 20%)

함량(part)	저항치(Ω/cm ²)	log Rs
1	-	-
10	3.35×10 ¹³	13.53
20	4.49×10 ¹⁰	10.65
30	6.72×10 ⁹	9.83

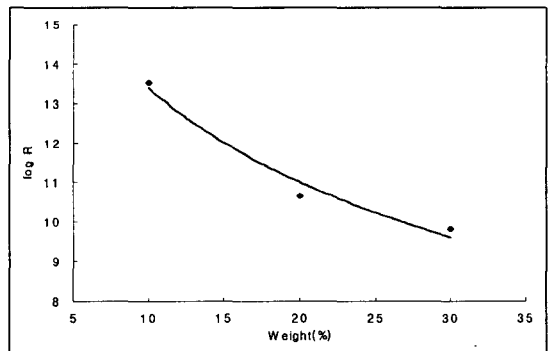


Figure 1. 대전방지제 함량에 따른 저항치의 변화 (습도 20%).

3.2. 상대습도와 표면저항

대전방지 작용은 공기 중의 수분 흡수를 통해 이루어지므로, 물체 표면의 저항은 공기 중의 상대습도에 의존하게 된다.

Table 1에 나타난 상대습도의 변화에 따른 대전방지제의 함량별 표면저항을 비교해 보면 상대습도가 20% 증가함에 따라 대전방지제의 함량이 10part 일 때 10²Ω/cm²정도, 그리고 30part 일 때 10Ω/cm² 정도 감소하는 모습을 볼 수 있다. 따라서 표면저항은 상대습도에 민감하게 반응하여 변화하는 것을 알

수 있다. 우리가 생활하는 일상에서의 상대습도는 약 20~90% 정도이므로, 본 실험에 사용된 대전방지 코팅 시스템에서는 대략 10part 이상의 대전방지제가 도입된 경우에 대전방지작용이 있다고 판단할 수 있다.

Table 2. 상대습도에 따른 대전방지제 함량별 저항치의 변화

함량(part)	10% R.H (Ω/cm^2)	20% R.H (Ω/cm^2)	40% R.H (Ω/cm^2)
1	-	-	8.26×10^{13}
10	8.97×10^{13}	3.35×10^{13}	1.56×10^{11}
20	8.10×10^{10}	4.49×10^{10}	6.17×10^9
30	7.43×10^9	6.72×10^9	4.52×10^8

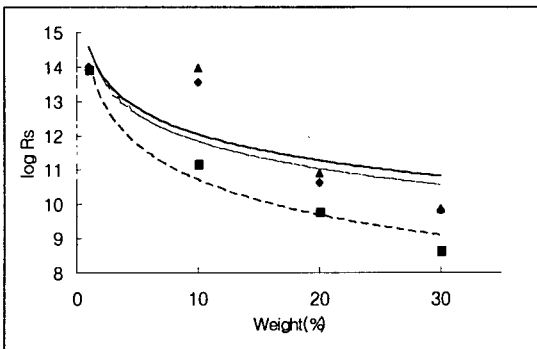


Figure 2. 상대습도에 따른 대전방지제 함량별 저항치의 변화.

4. 결론

본 연구를 통해 아크릴기가 있는 2-(dimethyl amino)ethyl methacrylate(DMA)으로 4차 암모늄염을 포함하는 대전방지제를 합성하였다. 합성한 대전방지제와 자외선 경화형 수지를 배합하여 코팅한 결과, 일반적으로 같은 상대습도 내에서 대전방지제의 첨가량이 증가 할수록 표면 저항은 현저히 감소하였다. 대전방지제의 함량이 10part일 때의 표면저항은 $10^{13}\Omega/\text{cm}^2$ 정도였으나, 함량을 30part로 높였을 경우 표면저항을 약 $10^9\Omega/\text{cm}^2$ 까지 감소시킬 수 있었다.

함량별 상대습도에 따른 표면저항을 비교하였을 때, 상대습도가 증가 할수록 대전방지제 코팅 표면의 표면저항이 감소하는 것을 볼 수 있었으며 대전방지제의 함량이 10part일 경우, 습도가 20%정도 증가함에 따라 표면저항은 $10^2\Omega/\text{cm}^2$ 까지 감소하는 것

을 볼 수 있었다. 이를 통해 표면저항이 상대습도에 민감하게 변화한다는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품연구센터(R12-2002-052-1005-0)의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] C.-H. Jung, H.-S. Park, and Y.-K. Kim, *J. of Korean Ind & Eng. Chemistry*, 4 (1), 54 (1993)
- [2] P. F. Soto, M. Herraiez, A. Gozales, and J. A. de Saja, *Polymer Testing*, 13, 77(1994)
- [3] J.-B. Ahn, H.-K. Cho, C.-N. Jeong, and S.-T. Noh, *J. of Korean Ind & Eng. Chemistry*, 8, (2), 230(1997)
- [4] D.-H. Lee, and J.-W. Ha, *Soonchunhyang J. of Inst. for Ind. Tech*, 6(1), in press(2002)