

폴리에틸렌글리콜에 의한 몇가지 색감의 분산특성

강현심, 김정희

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《현실발전의 요구에 맞게 경공업제품의 질을 높여야 하겠습니다.》(《김정일선집》 증보판 제16권 453페이지)

여러가지 색감을 수지와 같은 고분자재료에 첨가하여 제품을 생산할 때 색감의 분산특성으로 하여 제품의 색과 질이 떨어지는 문제가 제기된다. 특히 비용매법으로 색연필심을 제조하는 경우 색감의 분산성문제가 중요하게 제기된다.

지금까지 색감을 분산시키기 위하여 여러가지 분산제들을 리용한 자료[1, 2]들이 발표되었지만 고분자물질을 리용하여 색감의 분산특성을 개선한 연구결과는 발표되지 않았다.

우리는 폴리에틸렌글리콜(PEG)을 리용하여 몇가지 유기색감의 분산특성을 개선하여 색연필심의 질을 높이기 위한 연구를 하였다.

실험 방법

시료로는 공업용유기색감들인 프탈로시아닌청, 프탈로시아닌록, 발칸견로황, 영구적색과 분자량이 각이한 PEG(시약용)를 리용하였다.

색감의 계면장력과 색감과 PEG사이의 계면장력은 원자단기여법[3]으로 결정하였다.

색감의 분산성은 계면이동법[2]으로 수용액과 PEG용액에서 유기색감의 ζ -포텐셜을 측정하여 검토하였다.

색심의 색도는 규정된 종이에 일정한 필압으로 선긋기한 필적을 컴퓨터로 처리하여 평가한 값으로 결정하였으며 필기성은 빈종이의 점개수중 필기된 점의 수를 백분율로 계산한 필적량으로 평가하였다.

실험결과 및 해석

색감과 PEG의 특성량들은 표 1과 같다.

표 1. 색감과 PEG의 응집에너르기 및 계면장력

구분	응집에너르기 /(J·mol ⁻¹)	물체적 /(cm ³ ·mol ⁻¹)	응집에너르기밀도 /(J·cm ⁻³)	계면장력 /(mJ·m ⁻²)
발칸견로황	493 840	430.9	1 146.2	82.1
프탈로시아닌청	47 761	401.8	118.9	18.1
프탈로시아닌록	659 470	601.8	1 095.9	79.7
영구적색	175 027	192.6	600.3	53.4
PEG	14 670	41.4	354.3	37.6

응집에너지를 원자단기여력과 물체적의 원자단기여력을 가산하는 방법으로 색감과 PEG의 응집에너지를 계산하고 응집에너지와 계면장력사이의 관계식(식 (1))[3]으로부터 개별적물질들의 계면장력을 계산하였다.

$$\gamma = 0.75e^{2/3} \quad (1)$$

물질 1과 2사이의 계면장력은 오웬스-린트의 이론[3]에 의하면 다음과 같다.

$$\gamma_{12} = \gamma_1 + \gamma_2 - 2\phi(\gamma_1 \cdot \gamma_2)^{1/2} \quad (2)$$

여기서

$$\phi = \frac{4(\tilde{V}_1 \cdot \tilde{V}_2)^{1/2}}{(\tilde{V}_1^{1/2} + \tilde{V}_2^{1/3})^2} \quad (3)$$

유기색감과 PEG사이의 계면장력을 표 1의 자료를 리용하여 식 (2), (3)으로 계산한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 유기색감과 PEG사이의 계면장력

색감	계면장력/(mJ · m ⁻²)
발칸견로황	8.6
프탈로시아닌청	3.5
프탈로시아닌록	7.6
영구적색	2.0

표 2에서 보는바와 같이 색감과 PEG사이의 계면장력은 색감의 계면장력보다 작다는것을 알수 있다. 일반적으로 전색제와 색감사이의 계면장력이 색감의 계면장력보다 작으면 잘 분산된다. 즉 선택한 유기색감들은 모두 PEG에 의하여 잘 분산된다.

수용액에서 PEG(분자량 1 500)의 농도에 따르

는 색감의 ζ-포텐셜을 측정한 결과는 표 3과 같다.

표 3에서 보는바와 같이 색감의 유전률이 물보다 작으므로 수용액에서 모든 색감의 ζ-포텐셜은 부의 값이다. DLVO이론[2]에 의하면 응결립계전기운동학적포텐셜(ζ_합)은 ±(25~30m)V이다. 수용액에서 색감의 ζ-포텐셜값이 모

표 3. PEG의 농도에 따르는 색감의 ζ-포텐셜변화(mV)

PEG농도/%	0	0.001	0.005	0.010
발칸견로황	-27.1	-31.3	-36.7	-41.9
프탈로시아닌청	-29.4	-37.6	-39.9	-49.1
프탈로시아닌록	-28.4	-35.5	-39.5	-43.2
영구적색	-25.5	-32.6	-38.4	-39.3

두 ζ_합보다 작으므로 불안정한 상태이다. PEG용액에서는 ζ-포텐셜값들이 모두 ζ_합보다 크며 PEG농도가 짙어짐에 따라 더욱 커진다. 이것은 PEG를 첨가할 때 사슬말단의 -OH기들이 색감립자의 극성기들과 호상작용하여 전기2중층을 형성하기때문이다. 즉 PEG는 색감립자들이 서로 응집되는것을 억제하며 PEG의 농도가 증가할수록 그 역할이 더 세진다.

PEG를 0.005% 첨가한 경우 분자량에 따르는 색감의 ζ-포텐셜변화는 표 4와 같다.

표 4. PEG분자량에 따르는 색감의 ζ-포텐셜변화(mV)

PEG분자량	600	1 500	2 000	4 000	6 000
발칸견로황	-42.7	-36.7	-35.1	-33.9	-32.5
프탈로시아닌청	-49.6	-39.9	-38.7	-37.8	-36.4
프탈로시아닌록	-48.2	-39.5	-38.2	-37.6	-36.0
영구적색	-40.1	-38.4	-36.5	-35.8	-34.4

표 4에서 보는바와 같이 PEG 분자량이 커짐에 따라 ζ-포텐셜은 감소한다. 이것은 PEG의 사슬말단에 -OH기가 있는것으로 하여 분자량이 클수록 극성기함량이 감소하므로 색감의 극성기능단들과의 작용이 약해지기때문이다.

그러므로 색감의 분산효과는 PEG의 분자량이 작을수록 커진다는것을 알수 있다.

PEG의 분자량에 따르는 청색연필심의 특성은 표 5와 같다.

표 5에서 보는바와 같이 분자량이 600인 PEG를 첨가한 심의 색도가 제일 높지만 필기성은 나쁘다. 분자량이 작은 PEG를 첨가하면 색감의 분산성이 좋아져 색도는 높아지지만 고분자효과가 약화되므로 필기성은 나빠진다. 반대로 분자량이 6 000인 경우 필기성은 크게 나빠지지 않지만 색도가 낮아진다. 즉 PEG의 분자량이 1 500~2 000일 때 색연필심의 특성이 좋아진다.

분자량이 각이한 PEG를 첨가하였을 때 PEG첨가량에 따르는 청색심의 구부림세기변화는 그림과 같다.

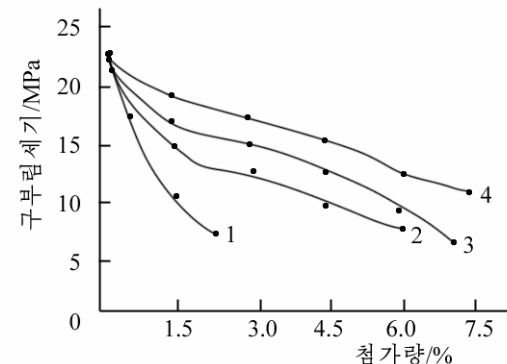


그림. PEG첨가량에 따르는 청색심의 구부림세기변화
1-4는 PEG의 분자량이 각각 600, 1 500, 2 000, 6 000인 경우

그림에서 보는바와 같이 PEG첨가량이 많아질수록 심의 구부림세기는 약해진다. 이것은 PEG가 색감분산제적역할을 하면서 체면장력을 낮추는 동시에 가소제적역할을 하기때문이라고 볼수 있다. 따라서 심에 PEG를 1.5%정도 첨가하는것이 좋다.

맺 는 말

PEG는 색감의 분산성을 높여주며 분자량이 작을수록 그 작용이 세진다. 분자량이 1 500~2 000인 PEG를 심에 1.5%정도 첨가할 때 색심의 색도와 필기성이 좋아지면서도 구부림세기에 큰 영향을 미치지 않는다.

참 고 문 헌

- [1] T. Cosgrove; Colloid Science, Blackwell Publishing, 178, 2009.
- [2] S. A. Dayis et al.; Chem. Mater., 23, 2381, 2011.
- [3] D. W. Vakrevelen; Properties of Polymers, Elsevier, 162~171, 1976.

주체105(2016)년 4월 5일 원고접수

Dispersion Characteristics of Several Pigments by Polyethylene Glycol

Kang Hyon Sim, Kim Jong Hui

PEG functions as dispersant of pigment and its effect increase as its molecular weight decreases. When PEG having the molecular weight ranging from 1 500 to 2 000 is added to lead as 1.5%, the chromaticity and the writing properties increase and its bending strength is not effected.

Key words: pigment, dispersion, polyethylene glycol