

과열수증기에 의한 폴리에틸렌의 열분해와 폴리에틸렌왁스의 제조

김용남, 전수영

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 과학기술로 경제발전의 길을 열고 과학기술로 경제를 이끌어 나가야 한다는 관점과 립장을 가지고 우리 경제의 자립성과 주체성을 강화하며 인민생활을 향상시키기 위한 과학기술적방안과 실행대책을 명확히 세우고 집행해나가야 합니다.》

분자량이 2 000~4 000인 폴리에틸렌왁스는 전자요소밀봉재료의 성분으로 쓰인다.

폴리에틸렌의 열분해에 의한 폴리에틸렌왁스의 제조와 관련한 연구자료들[1-3, 5]은 많이 발표되었으나 과열수증기로 폴리에틸렌을 열분해시켜 폴리에틸렌왁스를 제조하고 그것의 특성을 연구한 자료는 적다.

우리는 과열수증기로 폴리에틸렌을 열분해시켜 점도평균분자량이 2 000~4 000인 폴리에틸렌왁스를 제조하기 위한 연구를 하였다.

실 험 방 법

폴리에틸렌의 열분해 폴리에틸렌열분해장치(그림 1)의 반응기에 폴리에틸렌시료 150g을 넣고 발브 1을 닫은 다음 발브 2와 3을 열어놓는다. 증발기에 그 체적의 절반정도인 물을 넣은 다음 발브 3을 닫고 증발기를 가열한다. 발브 2를 통과하여 수증기가 배출되기 시작하면 수증기가열기를 가동시키면서 20min정도 지난 후에 발브 1을 열고 발브 2를 닫는다. 그리고 일정한 온도에서 주어진 시간동안 반응기를 유지한 다음 생성된 폴리에틸렌왁스를 반응기 밑으로 배출시켜 건조시킨다.

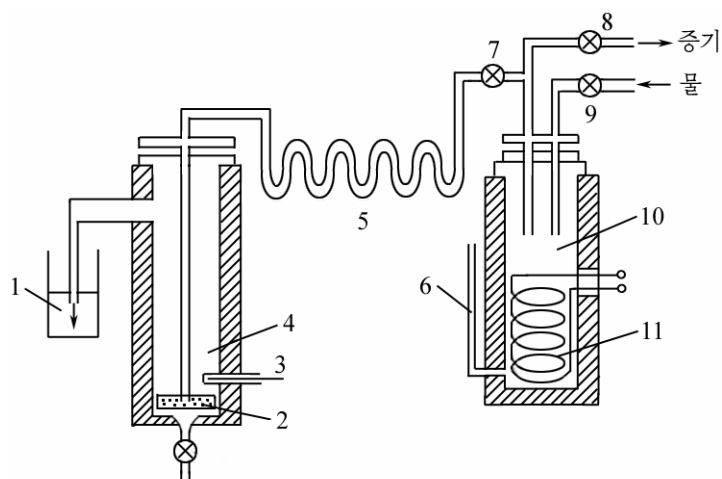


그림 1. 폴리에틸렌열분해장치

1-랭각수, 2-다공관, 3-열전대, 4-반응기, 5-수증기가열기, 6-준위제,
7-발브 1, 8-발브 2, 9-발브 3, 10-증발기, 11-가열선

폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량결정 0.125g의 폴리에틸렌왁스를 25mL의 *p*-크실톨에 용해시키고 얻어진 고분자용액의 상대점도(η_r)를 105°C에서 우벨로드점도계를 리용하여 측정한 다음 식[6]

$$\eta_{lim} = \sqrt{2(\eta_s - \ln \eta_r) / C}$$

로부터 극한점도(η_{lim})를 구하고 식

$$\overline{M}_\eta = \sqrt[\alpha]{\eta_{lim} / k}$$

에 따라 점도평균분자량(\overline{M}_η)을 결정하였다. 여기서 $\eta_s = \eta_r - 1$ 과 C 는 각각 얻어진 고분자용액의 비점도와 농도이며 $\alpha = 0.725$ 와 $k = 0.51$ 은 얻어진 고분자용액과 주어진 측정 온도(105°C)에서 상수이다.[4]

폴리에틸렌왁스의 적하점결정 폴리에틸렌왁스의 적하점은 용융된 폴리에틸렌왁스가 직경이 2mm인 출구에서 방울로 떨어지기 시작하는 온도로 결정하였다.

실험결과 및 고찰

폴리에틸렌열분해온도의 영향 폴리에틸렌의 열분해 온도에 따르는 폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량과 거둬물의 변화는 그림 2와 같다.

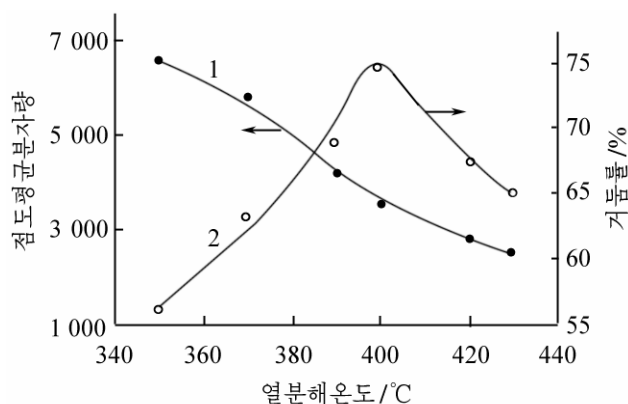


그림 2. 폴리에틸렌의 열분해 온도에 따르는 폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량(1)과 거둬물(2)의 변화
열분해 시간 8h

그림 2에서 보는바와 같이 폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량은 폴리에틸렌의 열분해 온도가 390°C이상일 때 4 000이하로 되며 거둬물은 400°C에서 최대로 된다. 폴리에틸렌의 열분해 온도가 400°C이상일 때 폴리에틸렌왁스의 거둬물이 감소하는것은 기체생성물들이 많이 생성되기때문이라고 본다. 그러므로 점도평균분자량이 2 000~4 000인 폴리에틸렌왁스를 높은 거둬물로 제조하는데 적합한 열분해 온도는 400°C이다.

폴리에틸렌열분해시간의 영향 폴리에틸렌의 열분해 시간에 따르는 폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량과 거둬물의 변화는 그림 3과 같다.

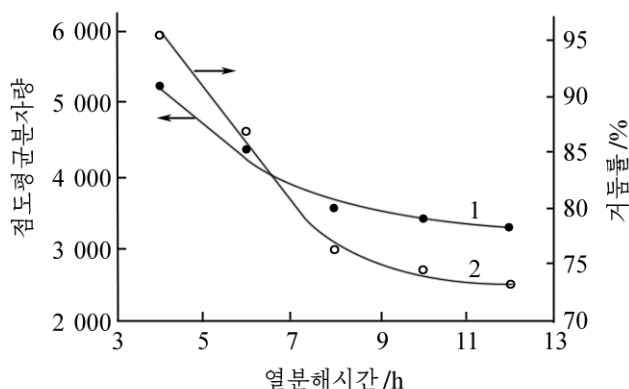


그림 3. 폴리에틸렌의 열분해시간에 따른 폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량(1)과 거둠률(2)의 변화
열분해온도 400°C

그림 3에서 보는바와 같이 폴리에틸렌왁스의 점도평균분자량은 폴리에틸렌의 열분해시간이 8h이상일 때 3 500에서 거의나 일정해진다. 그리고 열분해시간이 증가함에 따라 기체생성물들이 많이 생성되는것으로 하여 폴리에틸렌왁스의 거둠률은 감소하지만 8h이후부터는 75%에서 거의나 일정해진다. 그러므로 점도평균분자량이 3 500으로 일정한 폴리에틸렌왁스를 제조하는데 적합한 열분해시간은 8h이다.

한편 점도평균분자량이 3 500인 폴리에틸렌왁스의 적하점(출구직경 2mm)은 92°C이다.

맺 는 말

과열수증기를 리용하여 폴리에틸렌을 400°C에서 8h동안 열분해시키면 점도평균분자량이 3 500이고 적하점(출구직경 2mm)이 92°C인 폴리에틸렌왁스가 75%의 거둠률로 제조된다.

참 고 문 헌

- [1] A. Sanket et al.; J. Phy. Chem., 118, 9706, 2014.
- [2] Adil Kos et al.; J. Anal. Appl. Pyrolysis, 82, 178, 2008.
- [3] Supaphorn Thumsorn et al.; J. Applied Polymer Science, 124, 1605, 2012.
- [4] James E. Mark; Polymer Data Handbook, Oxford University Press, 365~366, 1998.
- [5] 徐仁良 等; 世界橡胶工业, 6, 12, 2011.
- [6] 张锦虹; 辽宁化工, 6, 49, 1993.

주체109(2020)년 10월 5일 원고접수

Pyrolysis of Polyethylene by Superheated Water Vapour and Preparation of Polyethylene Wax

Kim Yong Nam, Jon Su Yong

The temperature and the time reasonable for preparing polyethylene wax, pyrolyzing polyethylene by superheated water vapour, are 400°C and 8h respectively. The viscosity average molecular weight of polyethylene wax prepared under these conditions is 3 500.

Keywords: polyethylene wax, pyrolysis