

유기용제를 이용한 페스티로폼 감용에 관한 연구

이기범, 김남희, 김성현*¹
고려대학교 공과대학 환경시스템공학과
¹고려대학교 공과대학 화공생명공학과
(kimsh@korea.ac.kr*)

Study on Volume Reduction of Polystyrene Foam Using Organic Solvents

Ki Bum Lee, Nam Hee Kim, Sung Hyun Kim*¹
Dept. of Environmental System Eng., Korea University
¹Dept. of Chemical and Biological Eng., Korea University
(kimsh@korea.ac.kr*)

서론

산업의 발전과 함께 플라스틱 소비가 매우 증가함에 따라 사용 후 폐기되는 폐플라스틱의 양이 크게 증가되고 있다. 대량의 폐플라스틱을 재활용한다는 것은 매립지와 자원이 부족한 우리나라에서는 매우 중요하고 이에 따른 현재의 재활용기술방법이 매우 다양해졌다. 그 기술은 재생원료화법과 화학적 재활용, 연료화로 분류할 수 있다. 재생 원료화 방법은 생산 및 가공공장에서 가장 많이 응용되어지는 분야고 제품 생산 현장에서 주로 발생하는 규격에서 벗어나는 품질 불량품, 불량시제품 등으로 비교적 단일재질의 제품으로 다른 이물질이 혼합되지 않는 폐플라스틱이다. 이는 통상의 압출기로 펠렛화하여 성형품의 원료로 사용할 수 있다. 화학적 재활용방법은 고분자의 해중합을 이용하여 스티렌, 테레프탈산디메틸, 에틸렌글리콜, 카르로락탐, 폴리올, 비스페놀 A 등의 부가가치가 큰 모노머를 회수하는 방법과 일반적인 열분해에 의한 오일과 가스로 만들어 모노머 합성이거나 다른 석유화학제품의 원료 및 연료유로 사용할 수 있는 방법이다. 마지막으로 연료화 방법은 혼합폐플라스틱을 재생 펠렛으로 제조하여 직접 연료원으로 하는 방법이다. 위의 재활용법에서 최종 제품의 부가가치를 고려했을때 화학적 재활용방법에 의한 고부가가치화는 원료유화보다 모노머 회수방법이 더 좋다. 범용 폐플라스틱 (LDPE, HDPE, PVC, PET, PS, PU)중 국내에서 모노머 회수가 가장 보편적인 대상은 PET, PS이다. 또한 PS는 상대적으로 낮은 활성화 에너지로 열분해에 의해서 모노머 회수가 용이하다. 이들 중에 PS는 단일종목으로 광범위하게 사용되는 열가소성 재료이다. 폐 PS는 국내는 물론 PS합성과 연관되어 회사의 노력으로 미국과 캐나다에서 상업적으로 재활용되고 있다. 또한 실제산업에 적용될 수 있는 재활용 PS에 대한 시장이 전개되고 있다. 본 실험에서는 PS중에 분리수거 체계가 잘 갖추어진 것 중 하나인 EPS를 주실험 재료로 선택하여 단일용제 및 혼합용제를 사용하여 용해도를 알아보았고, 단일용제와 혼합용제를 노즐로 분사시켰을때의 g당 용해시간 및 용제소모량을 측정하였다.

이론

열분해 과정에서 발생하는 탄소 침적체 형성의 메커니즘은 그림 1과 같다. 열분해 과정에서는 반드시 탈수화 과정을 거치게 되며 이는 올레핀과 방향족 화합물을 생성시킨다. 이러한 물질들은 탄소 침적체의 전도체라고 하는 데 이 물질들은 응축과 탈수소화 과정의 연속적인 반복으로 인하여 탄소 침적체가 형성된다.

탄소 침적체 형성의 반응경로는 크게 두 가지로 나뉘어진다. 첫 번째 반응 경로는 acetylene 을 경유하는 경로로 ethylene 으로부터 탈수소화 과정을 거쳐 탄소 성분끼리의 반응으로 인하여 생성되며 이는 900-1000°C 에서 이루어진다. 두 번째 반응 경로는 방향족 화합물의 탈수소화로 인한 라디칼들의 결합으로 polyaromatics 가 형성된 후 연속적인 탈수소화로 인하여 발생하며 이는 400-600°C 에서 발생한다.

실험 방법

EPS의 용제에 대한 용해도를 알아보기 위해 EPS 1g에 최대한 용해되는 용제의 부피를 파악했다. 용제는 경제적인 가격 우수성과 EPS에 대한 이론적 용해도에 근거해서 결정하였다. 사용한 단일 용제는 Styrene($C_6H_5CH=CH_2$), Toluene($C_6H_5CH_3$), dichloromethane(CH_2Cl_2), Isopropyl Alcohol($(CH_3)_2CHOH$), Benzene(C_6H_6) 이다. 혼합용제의 경우는 위의 5가지 용제를 1: 1: 1로 혼합하여 사용하였다. 위의 용제들을 이용하여 용해도를 측정하였고, 또한 노즐로 분사 시켰을 때의 용해시간 및 용제 소모량을 측정하였다.

결론

용제에 따른 EPS에 용해도는 Methylene Chloride를 사용한 경우가 가장 높았고, 혼합용제에서는 Methylene Chloride, Styrene, Isopropyl Alcohol를 혼합 하였을 때가 가장 용해도가 높았다. 또한 노즐을 이용하여 분사시켰을 때도 위와 같은 결과를 얻어내었다.

감사

이 연구는 과학기술부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 사업(산업폐기물 재활용 기술 개발 사업)의 일환으로 수행되었습니다.

Reference

1. Levent Ballice, "Classification of Volatile Products from the Temperature - Programmed Pyrolysis of Low- and High-Density Polyethylene ", *Energy & Fuel*, 12, 925-928 (1998)
2. Lyle F. Albright & James C. Mark, "Coke Formation During Pyrolysis : Roles of Residence Time, Reactor Geometry and Time of Operation", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 27, 743-751 (1988)
3. Poutsma, M. L., "Fundamental Reactions of Free Radical relevant to Pyrolysis Reactions", *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 54, 5 (2000)
4. Yuri V. Kissin, "Primary Products in Catalytic Cracking of Alkanes: Quantitative Analysis", *J. Cat.* 132, 409-421 (1991)
5. Valerio, C., "Characterization of Coke Formed in the Pyrolysis of Polyethylene", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36, 5090-5095 (1997)

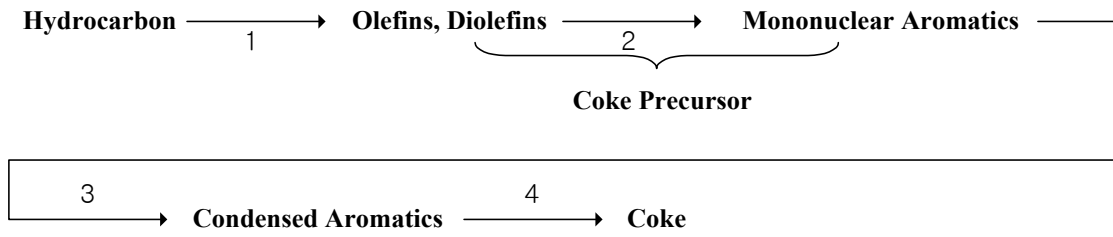


그림 1. 탄소 침적체 형성 모식도

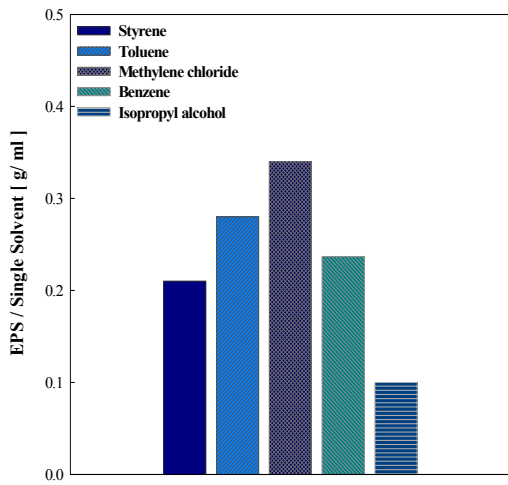


그림 2. 단일 용제에 대한 EPS의 용해도

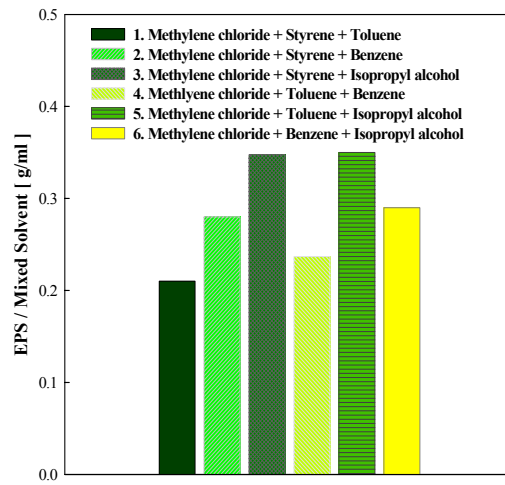


그림 3. 혼합용제에 대한 EPS의 용해도

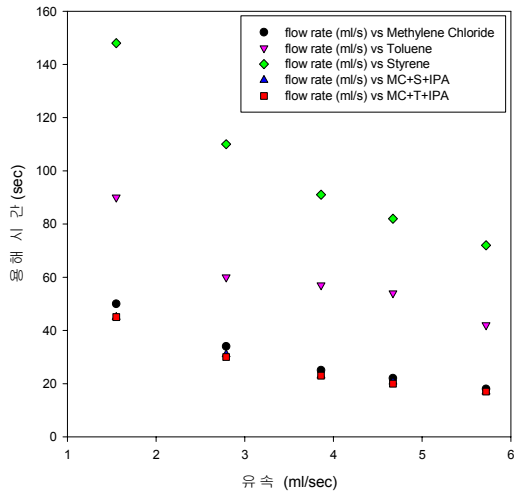


그림 4. 노즐로 분사시켰을 때의 용해시간