

OF1) LDPE로부터 PVC 제거를 위한 Scale-Up 마찰하전형정전선별 기술개발

전호석*, 백상호, Delgermaa¹, 박철현²
한국지질자원연구원, ¹수원대학교, ²한양대학교

1. 서 론

현재 우리나라는 년 간 약 950만 톤의 플라스틱을 생산하고 있으며, 이로 인하여 매년 약 350만 톤의 폐플라스틱이 발생하고 있으나 재활용률이 20~30% 정도로 낮아 많은 양의 폐플라스틱이 매립이나 소각에 의해 처리되고 있다. 그러나 폐플라스틱은 경량성으로 쉽게 비산되어 주변의 미관을 해치고 난분해성으로 미생물에 의해 쉽게 분해되지 않으며, 오랫동안 환경 중에 존재하여 토양에 묻히는 경우 공기와 수분의 흐름을 차단하는 등 환경오염의 거시적인 원인이 되고 있다. 또한 PVC 재질이 혼합되어 있는 경우, 소각할 때 다이옥신과 염화수소 등 2차 환경오염물질을 발생시키는 등 여러 가지 문제를 일으키고 있다. 따라서 폐플라스틱을 재질별로 분리하고 재활용할 수 있는 선별기술이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 연속처리가 가능한 scale-up 마찰하전형정전선별 장치를 제작하여, PVC와 LDPE를 대상으로 재질분리 연구를 수행하였다. 본 연구는 bench-scale 마찰하전형정전선별기를 이용한 혼합 플라스틱의 재질분리 연구에서 확립된 기초 자료를 토대로 진행되었으며, 전극의 세기, 분리대의 위치, 혼합비, 습도 등의 실험조건을 변화하며 최적 분리조건 및 분리효율을 규명하고자 하였다.

2. 원리 및 실험방법

본 연구의 선별원리는 서로 다른 재질의 입자가 충돌을 하거나 다른 제 3의 재질에 충돌하게 되면, work function 값이 작은 입자는 전자를 잃어 positive(+)로 하전을 띄게 되고 이와 반대로 work function 값이 큰 입자는 전자를 얻어 negative(-)로 하전이 이루어지게 된다. 이렇게 각각 반대로 하전이 이루어진 입자들을 높은 전류가 흐르는 전기장 내로 통과시키면 positive로 하전된 입자는 negative가 흐르는 전극으로 이동하게 되고, 이와 반대로 negative로 하전된 입자는 positive 전류가 흐르는 전극으로 이동되어 각각 분리가 이루어지는 것이다. 본 연구에서 사용한 플라스틱 시료는 PVC와 LDPE로써 시료를 cutting mill에 의해 파쇄하여 체에 의해 목적인 크기로 입도조절 하였다. 입도 조절된 시료는 일정한 무게비로 혼합하고 원통형 파이프에 공기와 함께 투입하여 마찰·충돌시킨 후 서로 다른 극으로 하전된 입자를 고전압의 전극판 쪽으로 이동시켜 분리하였다. 본 연구에서 개발한 pilot scale 마찰하전형정전선별 장치의 하전장치인 파이프는 PVC 재질을 사용하였다. 또한 하전량 증가를 위하여 장치 상단에 싸이크론형(Cone-Cylinder) 하전장치를 파이프와 연결하여 설치하였으며, 실험조건을 변화하면서 최적 선별조건을 확립하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1의 A는 LDPE와 혼합되어 있는 PVC를 분리할 때 전극의 전류세기가 LDPE의 품위와 회수율에 미치는 영향을 나타낸 것으로, 전류의 세기가 25kV 이상이면 선별효율이 높아 적용 가능한 전류의 세기임을 알 수 있다. 즉, 전류의 세기가 25kV보다 낮으면 하전된 입자들을 충분히 전극으로 끌어당길 수 있는 에너지가 부족하여 회수율이 낮고 25kV보다 높으면 뚜렷한 선별효율의 증가 없이 에너지 소비가 증가하고, 전기사용 안전성에 문제가 있기 때문에 25kV가 가장 최적 실험 조건임을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서는 다른 실험 변수들의 최적 조건을 확립하는데 발생할 수 있는 문제점을 줄이기 위해 전류의 세기 30kV를 최적 조건으로 하여 다른 변수들에 대한 실험을 수행하였다. 실험결과 LDPE와 PVC의 일함수 값이 크지 않음에도 불구하고, 최적 실험조건에서 LDPE의 품위와 회수율이 각각 99.7%와 97.0%인 결과를 얻었다. 마찰하전형정전선별 실험에서 대부분 전극의 전류세기가 30kV의 높은 에너지에서 높은 선별효율을 얻을 수 있는데, 하전장치에 의해 하전이 이루어진 입자의 하전량이 20nC/g 이하로 작아 이를 반대 전극으로 끌어당기기 위해서는 강한 전기에너지가 필요하기 때문이다.

Fig. 1의 B는 혼합된 각각의 플라스틱이 하전되어 전기장에서 분리될 때 하전량에 따라 낙하되는 지점이 다르기 때문에 최적실험 조건을 확립하기 위해 splitter position을 변화하며 실험한 결과이다. 실험결과 splitter position이 positive electrode로 이동하면 LDPE의 회수율은 증가하나 품위가 크게 감소되는 것을 알 수 있고, 반대로 splitter position이 negative 전극으로 이동하면 품위는 증가하나 회수율이 크게 감소되는 것을 알 수 있다. 즉, splitter position이 negative electrode 쪽으로 -9cm 이동하게 되면 이때 LDPE의 품위는 99.8%로 가장 높으나 이때 회수율은 87.1%로 가장 낮으며, 반대로 splitter position이 positive electrode

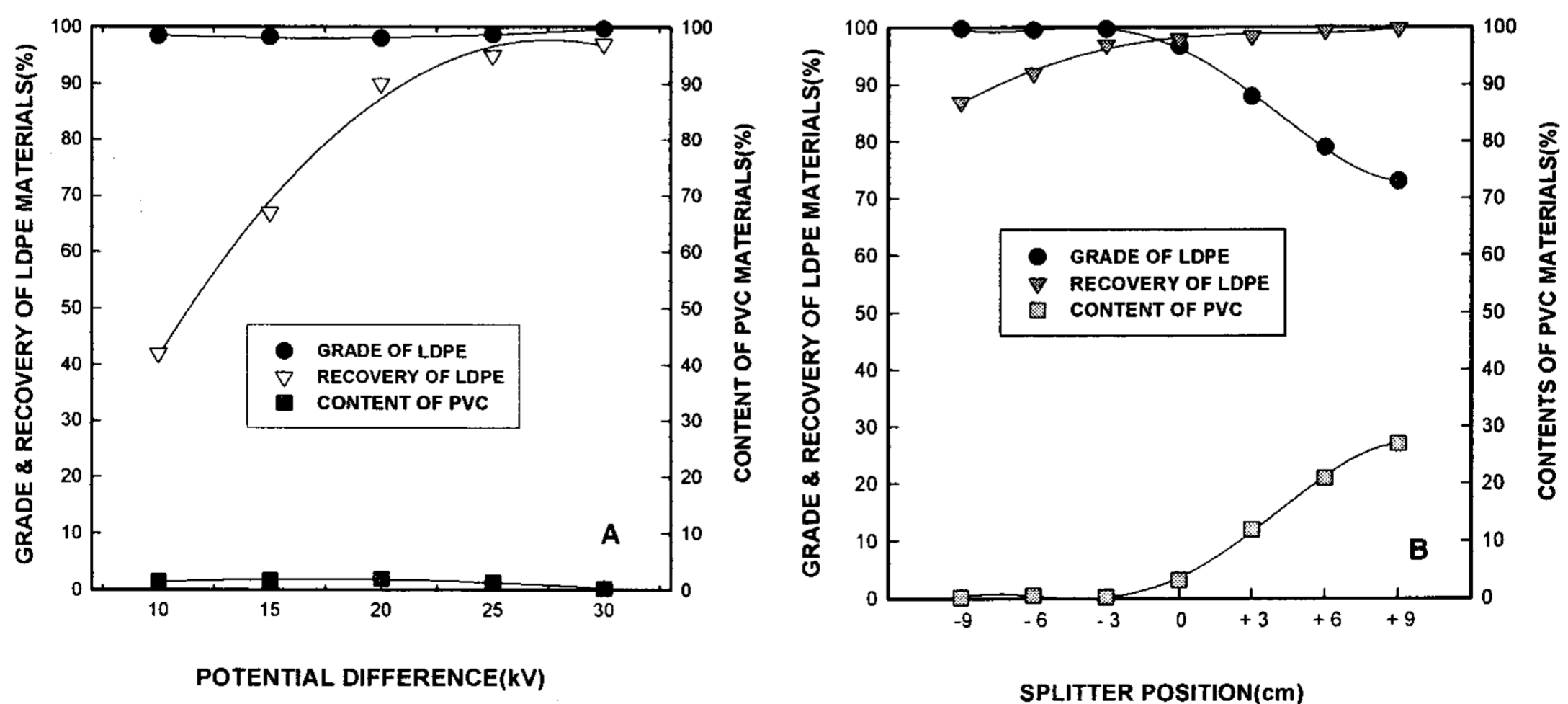


Fig. 1. The effect of various factors on grade and recovery of LDPE in Triboelectrostatic Separation.

쪽으로 9cm 이동하면 LDPE의 회수율은 99.9% 가장 높으나 품위는 73.2%로 가장 낮아 효과

적이지 못한 것을 알 수 있다. 따라서 LDPE의 품위와 회수율을 고려하면 splitter position 이 negative electrode로 -3cm 되는 지점이 가장 선별효율이 높다는 것을 알 수 있으며, 이때 LDPE의 품위와 회수율은 각각 99.7%와 97.0%이다.

이와 같이 splitter position에 따라 LDPE의 품위와 회수율이 변화하는 이유는 혼합된 LDPE와 PVC의 하전효율이 다르기 때문이다. 특히, 일함수 값이 낮아 positive로 하전 되는 LDPE의 경우 하전물질로 PVC를 사용하기 때문에 하전효율이 높지만, PVC 재질의 경우 하전물질로 PVC를 사용하기 때문에 LDPE 재질과의 충돌 및 마찰에 의해서만 하전이 이루어져 하전효율이 낮아, PVC의 회수율을 높일 수 있도록 splitter position을 negative electrode 쪽으로 이동시켜 PVC의 회수 존을 넓게 해야 높은 선별효율을 얻을 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 연속처리가 가능한 scale-up 마찰하전형정전선별 장치를 제작하여, PVC와 LDPE를 대상으로 재질분리 연구를 수행하였다. 본 연구는 bench-scale 마찰하전형정전선별기를 이용한 혼합 플라스틱의 재질분리 연구에서 확립된 기초 자료를 토대로 진행되었으며, 전극의 세기, 분리대의 위치, 혼합비, 습도 등의 실험조건을 변화하며 최적 분리조건 및 분리효율을 규명하고자 하였다. 실험결과 전극의 전압세기 30kV, 분리대의 위치가 중앙에서 negative 전극으로 -3cm 이동한 지점, 상대습도가 40% 이하 그리고 혼합비율이 50:50인 조건에서 LDPE의 품위와 회수율이 각각 99.7%와 97.0%인 결과를 얻었다.

사 사

본 연구는 과학기술부의 21C Frontier 연구개발 사업으로 자원 재활용 기술개발사업단의 지원으로 연구가 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Jean Cross, Electrostatics, 1987. principles, problems and applications, Adam Hilger, pp. 17-46, pp. 237-242, pp. 425-433.
- H. R. Manouchehri, 2000. Review of Electrical separation methods, Mineral and Metallurgical Processing, Vol. 17, pp. 23-36.
- D. K. Yanar, B. A. Kwetkus, 1995. Electrostatic separation of polymer powders, Journal of Electrostatics 35, pp. 257-266.