

마찰荷電型 靜電選別에 의한 페플라ستيك 맥주병 材質分離에 관한 研究[†]

全好錫 · Delgermaa* · [†]白尙昊 · 朴哲賢 · 崔祐鎭*

韓國地質資源研究院, *水原大學校

A Study on Material Separation of Waste Plastics Beer Bottle by Triboelectrostatic Separation[†]

Ho-Seok Jeon, Delgermaa*, [†]Sang-Ho Baek, Chul-Hyun Park and Woo-Zin Choi*

KIGAM, *Suwon University

요 약

본 연구에서는 마찰하전형정전선별법을 적용하여 페플라ستيك 맥주병(PET, Nylon)의 재활용을 위한 재질분리 연구를 수행하였다. 하전재질 선정을 위한 하전특성 연구결과, PMMA가 페플라ستيك 맥주병(PET, Nylon)의 재질분리에 가장 효과적인 하전재질로 확인되어, PMMA를 사용한 pipe line와 cyclone 하전장치를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 pipe line와 cyclone 하전장치를 이용한 재질분리 실험결과, 최적 실험조건에서 PET의 품위와 회수율이 각각 99.6%와 88.2%인 결과를 얻어, 페플라ستيك 맥주병(PET, Nylon) 재활용을 위한 재질분리 기술을 확립하였다.

주제어 : 마찰하전형정전선별, 페플라ستيك 맥주병, 재질분리, 하전재질, 하전장치

Abstract

In this study, we carried out the research on triboelectrostatic separation for materials separation of PET & Nylon recovered to waste plastic beer bottle. From the research on charging characteristic for choice of charging materials, it was found that PMMA was optimum charging material to make high charging amount with opposite polarity for PET & Nylon in waste plastic beer bottle. Therefore, we manufactured a charger of pipe line and cyclone type using PMMA material for separation of PET and Nylon. At optimum test conditions that used PMMA pipe line and cyclone charger developed in this study, we developed a triboelectrostatic separation technique that can separate PET plastic up to grade of 99.6% and recovery of 88.2%. We established new separation technology that can recycle the PET and Nylon recovered from waste plastic beer bottle.

Key words : triboelectrostatic separation, waste plastic beer bottle, material separation, charging material, charger.

1. 서 론

플라스틱 용기에 맥주를 담아 판매하는 것은 맥주의 신선도를 오래 유지해야 하는 고도의 기술적 어려움과 병맥주보다 청량감이 떨어질 것이라는 부정적 인식 때문에 오랫동안 검토조차 되지 않았다. 그러나 소재 및 가공 기술의 개발에 따라 용기 내부의 이산화탄소를 보호하고 외부로부터 산소의 유입을 막는 것이 가능하게

되면서, 플라스틱 병 맥주의 출시가 이루어지게 되었다. 큰 용기에 깨지지 않고 운반이 간편한 편의성이 강조된 페트병 맥주(1600 ml)는 일반적인 병맥주(500 ml)의 3병 분량을 넘어서 5~6병이면 기존 병맥주 한 박스를 대신 할 수 있는 간편함을 제공하고 있다.¹⁾

현재 국내에서 시판되고 있는 플라스틱 맥주병은 철과 나일론으로 특수 처리한 재질의 신소재로 제조되거나 안쪽과 바깥쪽에 일반 PET(Polyester)를 사용하고 가운데는 Nylon 소재의 기체 차단성 물질을 넣어 3중 막으로 제조되고 있다. 다만, 플라스틱 병 맥주가 대용량이기 때문에 마시고 난 뒤 남은 맥주의 보관이 어렵

[†] 2007년 7월 10일 접수, 2007년 8월 30일 수리

* E-mail: sangho-@hanmail.net

고, 유통기한에도 추가적인 개선의 여지가 있다. 따라서 최근에 새로운 소재 및 가공 기술의 개발을 통해 용기의 기체 차단성을 향상시키고 유통기한을 늘리려는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 관련 특허 출원 또한 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 맥주업계에서 2003년 1월부터 출시한 플라스틱 맥주병의 경우 기존의 PET 병과는 달리 복합재질로 이루어져 재활용에 어려움이 따르고 있어 전량 소각 및 매립에 의해 처리하고 있다. 따라서 환경적·경제적인 측면에서 재활용 기술개발이 시급한 실정이다.¹⁾

국내에 출시되는 플라스틱 맥주병 중 O사의 플라스틱 맥주병은 안쪽과 바깥쪽의 PET와 중간 Nylon이 열에 의해 부착되어 있어, 파쇄 하더라도 단체분리가 어려워 재질분리가 불가능하다. 그러나 H사의 플라스틱 맥주병은 산소와 탄산을 차단하기 위하여 안쪽과 바깥쪽에 PET를 사용하고 중간에 Nylon 계층의 차단물이 덧붙여져 있어 파쇄과정에서 쉽게 단체분리가 이루어져, 우수한 재질분리 기술만 개발된다면 재활용이 가능할 것이다. 또한 주류업계에 따르면, H사 페트병 맥주는 2004년 기준 1,000만 상자(1600 ml 6병 기준) 이상이 판매되었으며, 운반과 보관의 이윤을 들어 전체 맥주시장에서의 점유율이 꾸준히 증가하고 있다고 보고하고 있다.²⁾

소각하여 감용화 하는 것이 가능한 고체 폐기물은 소각하여 매립하는 것이 일반적이다. 그러나 폐플라스틱의 소각과 매립은 경제적인 손실뿐만 아니라 환경오염의 거시적인 원인이 되고 있다. 폐플라스틱의 소각에 의한 처리는 일부 열에너지를 이용할 수 있지만 많은 경제적인 손실을 초래하고, 각종 유독성 가스를 방출하여 사회적인 문제를 일으킬 수 있다. 또한 폐플라스틱의 매립은 매립 부지의 확보문제뿐만 아니라 유해성분이 용출될 수 있으며, 단위 무게에 비해 부피가 커 보관·운반의 문제 및 매립효율을 저하시키고, 물리·화학적으로 안정되어 있는 난분해성이라 매립지의 조기 안정화와 흙 속에 반영구적으로 잔존하는 문제 그리고 분해 시 토양오염 및 유해가스를 대기 중에 발생하는 등 여러 가지 문제를 야기 시킨다. 따라서 정부에서는 EPR제도(생산자책임재활용제도)를 2003년 1월부터 시행하고 있으며, 향후 폐플라스틱의 소각과 매립을 법으로 규제할 계획에 있어 플라스틱 산업 및 환경보호를 위해서는 재활용 기술 개발이 시급히 이루어져야 할 것이다.³⁾

플라스틱은 다른 물질에 비해 쉽게 분해 및 변질이 이루어지지 않아, 효율적인 선별기술만 개발된다면 재활용이 가장 용이한 물질중의 하나이다. 이러한 플라스틱

을 재활용할 수 있는 기술로는 에너지 재활용, 화학적 재활용 그리고 물질 재활용의 방법이 있으며, 이중 플라스틱의 값싼 특성을 고려할 때 물질 재활용이 가장 효율적인 방법으로 평가받고 있다. 그러나 어느 방법이든 다른 종류의 플라스틱이 혼재되어 있으면 물성이 크게 저하되기 때문에 플라스틱의 재질분리 기술은 재활용에 있어서 가장 중요하다. 혼합 플라스틱을 재질별로 분리할 수 있는 물리적 선별방법은 크게 수선법, 비중선법, 부유선법, 정진선법, color sorting, 열점착 그리고 분광법 등이 있다.³⁻⁷⁾

본 연구에서는 정진선별법 중에서 마찰하전형정진선별법을 적용하여 H사 페플라스틱 맥주병(PET와 Nylon)의 하전특성과 분리실험을 수행하여, 재질분리에 적합한 하전장치의 개발 및 기초 데이터를 확보하고, 하전 효율 및 분리효율을 극대화할 수 있는 최적 선별공정을 개발하고자 하였다.

2. 이론적 배경

마찰하전정진선별의 원리는 물질의 일함수 값과 대전서열을 이용한 것으로 입자와 입자간, 입자와 하전장치간의 접촉에 의해서 반대 극성으로 하전된 물질을 정전기적으로 분리하는 것이다. Fig. 1은 입자의 마찰대전 과정을 나타낸 것으로, (a)는 입자와 하전장치 표면과의 접촉에 의한 대전, (b)의 경우는 입자와 입자의 접촉에 의한 대전현상을 나타내고 있다. Fig. 1에서와 같이 입자가 서로 다른 입자나 혹은 하전장치 표면에 충돌·마찰하게 되면 일함수 값의 차이에 의해 두 물질의 Fermi-level이 같아지는 방향으로 전자의 이동이 있게 된다. 접촉 후 입자가 다시 표면에서 분리되면 전자의 과잉 또는 부족현상이 생기므로 입자는 negative(-) 혹은 positive(+)로 대전하게 된다. 이렇게 서로 반대 극성으로 하전된 혼합 입자들을 Fig. 2에서와 같이 높은

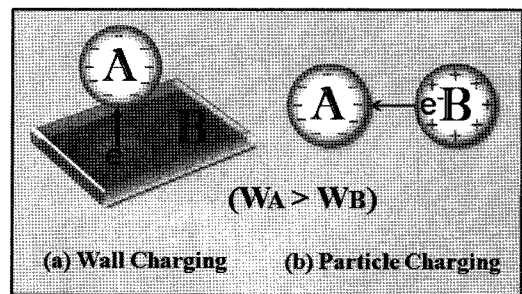


Fig. 1. A charging principle of particle by collision.

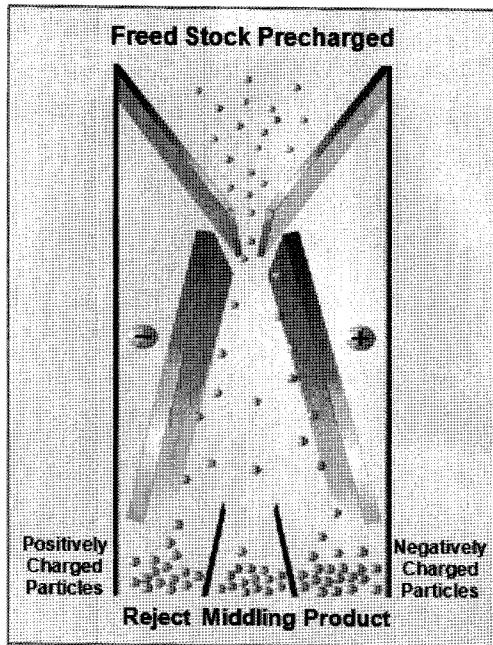


Fig. 2. Schematic representation of triboelectrostatic separation.

전압이 흐르는 전기장 내로 통과시키면 positive로 하전된 입자는 negative 전극으로 이동하게 되고, 이와 반대로 negative로 하전된 입자는 positive 전극으로 이동되어 각각 분리가 이루어지게 되는 것이다.^{8, 9)}

3. 시료 및 실험방법

Table 1은 H사 플라스틱 맥주병의 분석 결과를 나타낸 것으로, 마개는 전체 중량의 5.8% 그리고 열 증착되어 재질분리가 불가능한 입구와 바닥부분의 PET와 Nylon은 26.5%를 이루고 있으며, 본 연구에서 재질분리가 가능한 body 부분의 PET와 Nylon은 각각 61.0%와 6.7%로 전체 플라스틱 맥주병의 67.7% 이다. 본 연구에서는 마개 그리고 PET와 Nylon이 증착되어 있는 입구와 바닥부분을 제외하고 실험을 수행하였으며, 분석결과 PET와 Nylon이 각각 90.1%와 9.9%로 구성되어 있음을 확인하였다.

Table 1. Analysis of H company beer bottle

Whole of Plastic Beer Bottle				Body Parts	
Stopper	Top and bottom	PET	Nylon	PET	Nylon
5.8%	26.5%	61.0%	6.7%	90.1%	9.9%

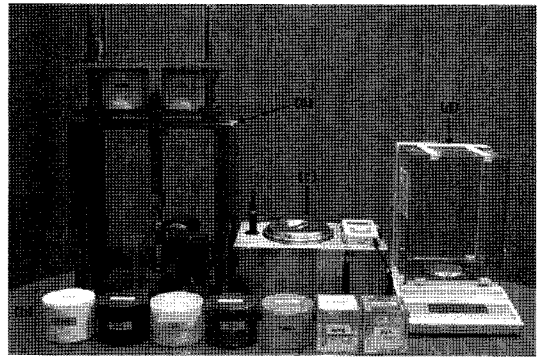


Fig. 3. A vertical-reciprocation charger set and peripheral equipment. (a-vertical reciprocation charger, b-charging bottles, c-Faraday cage, d-electric balance)

Fig. 3의 (a)와 Fig. 3의 (b)는 페플라스틱 맥주병 (PET와 Nylon)의 대전서열 및 하전특성 연구를 위하여 제작한 수직왕복형 하전장치와 재질별 하전통 [PTFE (polytetrafluoroethylene), PVC, Rubber, SS, Cu, PET, Al, PMMA(polymethylmethacrylate), PU(polyurethane), Nylon]을 나타낸 것이다. 수직왕복형 하전장치의 경우 하단부 모터를 통한 회전운동을 cam 축에 의해 상하 왕복운동으로 변환시켜 상단의 하전통에 투입된 플라스틱 입자를 하전시키도록 고안하였다. 본 연구에서는 하전물질 선정을 위하여 시료를 cutting mill로 파쇄하여 체에 의해 1~6 mm 크기로 입도조절 하였다. 입도 조절된 시료는 자체 제작한 하전통에 투입하고 수직왕복형 하전장치로 마찰충돌 시킨 후 Fig. 3의 (C)에 나타난 faraday cage를 사용하여 하전극성 및 하전량을 측정하였다. 그리고 이를 기초로 하여 페플라스틱 맥주병 (PET와 Nylon)의 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별의 하전물질을 선정하였다. 또한 하전특성 연구로서 입자와 입자, 입자와 하전장치 표면의 상대적 하전량을 비교하였으며, 하전량과 하전극성에 영향을 미치는 체류시간에 대한 조건변화 실험을 수행하였다.

Fig. 4는 본 연구에 사용한 bench scale 마찰하전형 정전선별 장치를 나타낸 것으로, 하전물질 선정실험에서 규명된 페플라스틱 맥주병 (PET와 Nylon)의 재질분리에 적합한 PMMA 재질의 cyclone과 pipe line이 설치되어 있다.

Fig. 5는 페플라스틱 맥주병 (PET와 Nylon)의 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별법의 실험공정을 나타낸 것으로, 시료를 cutting mill에 의해 파쇄한 후, 체가름에 의해 목적한 크기(1~6 mm)로 입도조절 하였다. 입도

조절된 시료는 PMMA 재질의 pipe line과 cyclone 내부에 공기와 함께 투입하여 충돌·마찰 시킨 후, 서로 다른 극으로 하전된 입자를 고전압의 전기장으로 이동시켜 분리하였다. 또한 전극의 전압세기, 공기의 세기, 분리대의 위치, 습도 등의 실험조건을 변화하면서 폐플

라스틱 맥주병 PET의 최적 선별조건 및 분리효율을 확인하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1. 마찰하전특성 연구

4.1.1. 하전물질 선정실험

Fig. 6은 폐플라스틱 맥주병(PET와 Nylon)의 재질분리에 효과적인 하전물질을 선정하기 위하여 수직왕복형 하전장치와 다양한 재질의 하전물질들을 이용하여 상대 습도 30% 이하, 온도 25°C 그리고 회전속도와 체류시간이 각각 250rpm과 2분인 실험조건에서 PET와 Nylon(페플라스틱 맥주병)에 대한 하전특성 실험결과를 나타낸 것이다. PET와 Nylon(페플라스틱 맥주병)의 경우 일함수 값이 PVC, Rubber, Cu, PET 하전물질보다 낮아 모두 positive로, Nylon에서는 모두 negative로 하전이 이루어 지지만, Al, PMMA 그리고 PU는 PET와 Nylon(페플라스틱 맥주병) 사이에 일함수 값이 위치하여 각 물질들을 반대극성으로 하전시킬 수 있음을 알 수 있다.

PET와 Nylon(페플라스틱 맥주병)의 하전량 차이는 PU(29.0 nC/g), PMMA(28.5 nC/g), Al(24.5 nC/g) 순이지만, PU와 PMMA의 차이(0.5 nC/g)가 크지 않고, PU 재질의 장치제작 한계로 인하여 PMMA 재질을 하전물질로 선정하게 되었다. 이때 PET(페플라스틱 맥주병)는 PMMA 보다 일함수 값이 커 negative(-) 그리고 Nylon

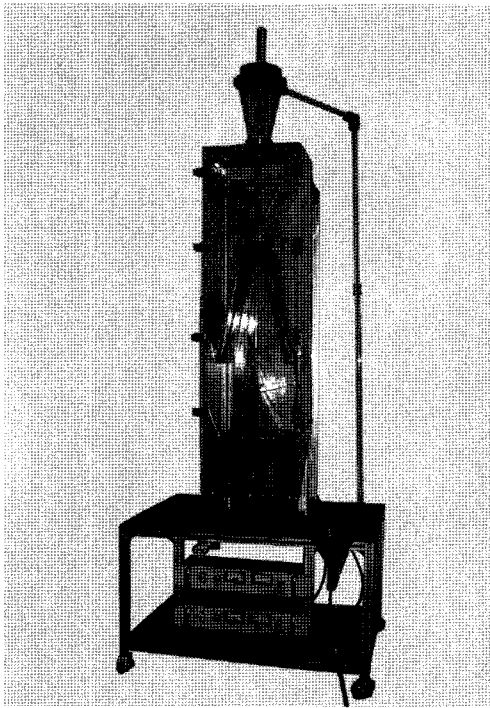


Fig. 4. Bench scale triboelectrostatic separator used in this study.

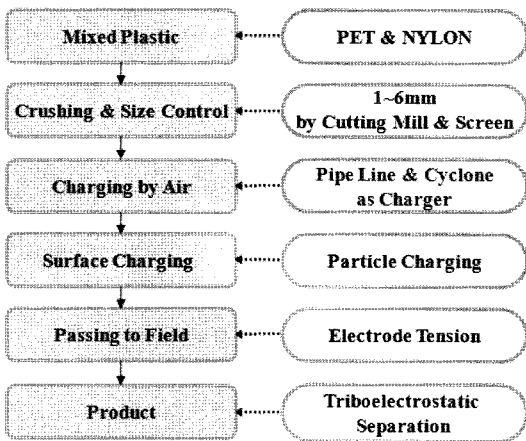


Fig. 5. Flowchart of material separation test by triboelectrostatic separation unit.

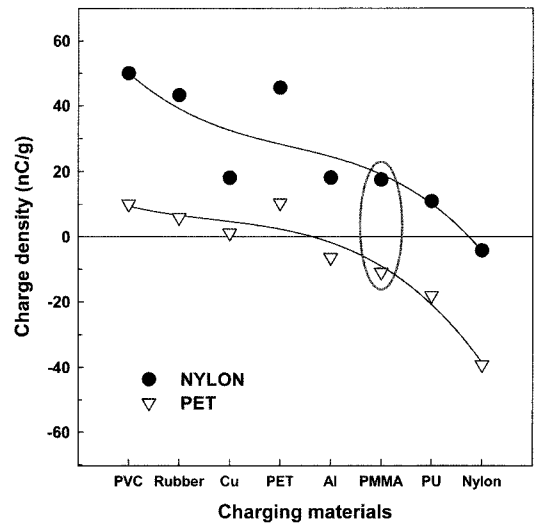


Fig. 6. Charge density variation of PET & Nylon as charging materials.

(폐플라스틱 맥주병)은 PMMA 보다 일함수 값이 작아 Positive(+)로 하전이 이루어져 PET와 Nylon(폐플라스틱 맥주병)의 재질분리가 이루어지게 되는 것이다.

4.1.2. 체류시간과 단일·혼합 시료에 따른 하전량

Fig. 7은 하전장치 내에서 플라스틱 하전함에 대한 입자의 체류시간과 입자와 입자간, 입자와 하전장치간의 마찰하전 특성을 조사한 것으로, PMMA 재질의 하전장치 내에서 PET와 Nylon을 각각 단일 상태와 9:1의 혼합 상태로 투입시킨 후, 체류시간을 각각 변화하여 투입된 플라스틱을 하전시켜 하전량을 측정하였다. 실험 변수인 상대습도와 온도 그리고 회전속도를 각각 30%와 25°C 그리고 250rpm으로 조절하였다. 실험결과 체류시간 5분까지는 단일시료와 혼합시료 모두 하전량이 증가되는 것을 알 수 있지만, 이보다 하전시간이 길어지면 하전량의 변화가 거의 없어 임계 하전시간에 도달됨을 알 수 있다.

입자와 입자간 그리고 입자와 하전장치간의 마찰하전 특성은 PET 시료의 경우 혼합시료(PET+Nylon+PMMA charger)와 단일시료(PET/Nylon+PMMA charger)의 하전량이 하전시간 2분을 기준으로 각각 -40.1 nC/g과 -8.4 nC/g을 나타내어, 혼합시료가 단일시료 보다 약 -31.7 nC/g 이상 높은 것을 알 수 있다. 그리고 Nylon 시료의 경우도 혼합시료의 하전량이 35 nC/g으로 단일시료의 하전량 9.8 nC/g 보다 약 25.2 nC/g 이상 높게 나타나 혼

합시료가 단일시료 보다 하전량이 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 혼합시료가 단일시료 보다 하전량이 더 높은 것은, 혼합시료의 경우 하전장치와의 마찰 및 충돌이 이루어지면서 두 시료간의 마찰 및 충돌도 함께 이루어져 하전효율이 증가하기 때문이다.¹⁰⁾

4.2. 분리특성 연구

4.2.1. 공기속도

Fig. 8은 마찰하전정전선별에서 시료를 전기장으로 이송하고 마찰하전을 일으키는 공기의 속도가 선별효율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여, 공기의 속도를 4.15 m/s에서 14.63 m/s까지 변화하며 실험한 결과이다. PET와 Nylon의 혼합비 9:1, 전압세기 25 kV, 상대습도 30% 그리고 분리대의 위치는 중앙(0)에서 공기속도 변화가 PET와 Nylon의 선별효율에 미치는 영향을 확인하였다. 실험 결과 공기의 속도변화에 따라 PET의 품위와 회수율이 크게 변화하는 것을 알 수 있다. 즉, 공기의 속도가 가장 느린 4.15 m/s에서 PET의 품위와 회수율이 각각 99.1%와 68.9%로 낮지만, 공기속도가 증가할수록 선별효율이 증가하여 공기속도 8.31 m/s에서는 PET의 품위와 회수율이 각각 99.6%와 88.2%로 가장 높다. 그러나 이보다 공기의 속도가 빨라지면 오히려 선별효율이 감소되어 공기속도 10.28 m/s에서 PET의 품위가 99.63%로 미미하게 증가하였지만 회수율이 85.1%로 크게 감소되어 선별효율이 감소된 것을 알 수 있다.

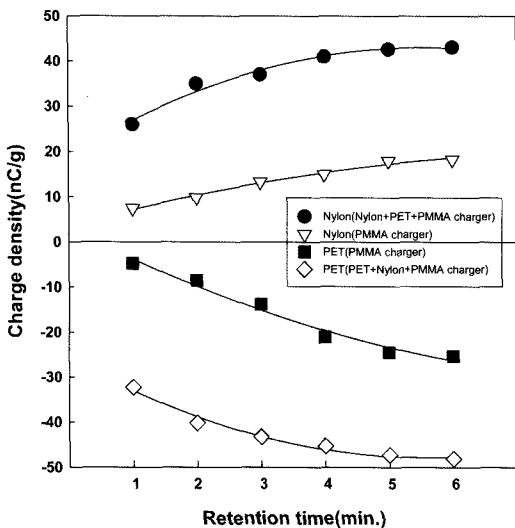


Fig. 7. The effect of retention time on charge density of single and mixed plastics.

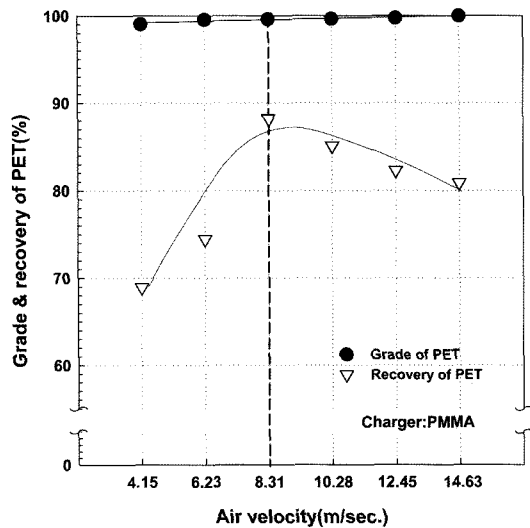


Fig. 8. The effect of air velocity on grade and recovery of PET in triboelectrostatic separation.

이와 같이 공기의 속도 8.31 m/s를 기준으로 이보다 낮을 경우 선별효율이 감소하는 이유는, 하전에 필요한 마찰 및 충돌에너지가 부족하기 때문에, 입자의 하전량이 낮아 전기장 내에서 효과적으로 분리되지 못했기 때문이다. 그리고 이보다 공기 속도가 빨라지면 강한 마찰 및 충돌에너지에 의해 입자의 하전은 잘 이루어지나, 전기장 내를 통과하는 입자의 속도가 빨라지기 때문이다. 즉, 하전된 입자들을 각각의 전극에서 전기적으로 끌어당기는 에너지보다 유속에 의해 전기장을 통과하는 에너지가 크기 때문에 선별효율이 감소하는 것이다.

4.2.2. 분리대 위치

하전장치에 의해 하전된 입자들이 전기장 내에서 분리될 때 하전량에 따라 전극으로 이동되는 속도와 거리가 다르기 때문에 전기장 하단에 위치한 분리대를 이동시켜 선별에 적합한 조건을 얻을 수 있다. Fig. 9는 분리대의 위치를 negative(-) 전극과 positive(+) 전극으로 각각 9cm까지 변화하며 실험한 결과이다. PET와 Nylon의 혼합비 9:1, 공기속도 8.31 m/s, 상대습도 30% 그리고 전압세기를 25 kV로 고정하고 분리대의 위치 변화에 따른 선별효율을 관찰하였다. 실험결과 분리대의 위치가 negative(-) 전극으로 갈수록 PET의 회수율은 증가하나 품위는 점차 감소하는 것을 알 수 있고, 반대로 분리대의 위치가 positive(+) 전극으로 이동하면 PET의 품위는 증가하나 회수율이 감소하는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 분리대의 위치는 PET의 품위와 회수율을 고

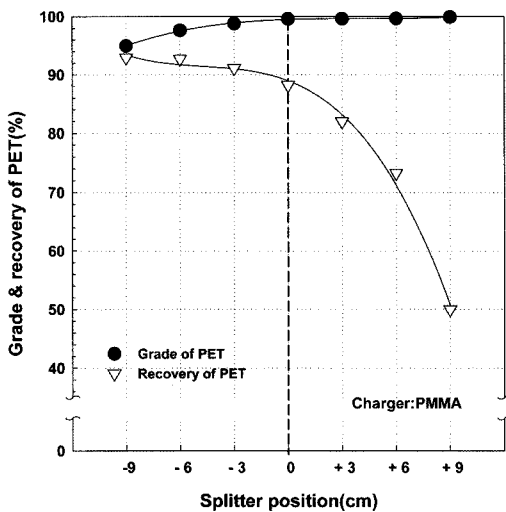


Fig. 9. The effect of splitter position on grade and recovery of PET in triboelectrostatic separation.

려할 때 전기장의 중앙(0cm)이 가장 효과적이었으며, 이때 PET의 품위와 회수율이 각각 96.2%와 88.2%인 결과를 얻었다.

이와 같은 이유는 분리대의 위치에 따라 PET와 Nylon의 회수율이 달라지기 때문이다. 즉, 분리대의 위치가 negative(-) 전극으로 이동하게 되면 positive로 하전된 Nylon의 회수율이 높아지고 negative로 하전된 PET의 회수율이 낮아져 PET의 회수율은 높아지나, 하전효율이 낮은 Nylon이 PET 회수율로 이동할 수 있어 품위는 낮아지는 것이다. 반대로 분리대의 위치가 positive(+) 전극으로 이동하게 되면 PET의 회수율이 높아져 하전효율이 높은 PET만 회수되기 때문에 품위는 높아지나, 하전효율이 낮은 PET는 Nylon 회수율로 이동하여 회수율이 낮아지는 것이다.

4.2.3. 전압세기

Fig. 10은 PET와 Nylon의 혼합비 9:1, 공기속도 8.31 m/s, 분리대 위치 중앙(0cm) 그리고 상대습도 30%에서, 전극의 전압 세기를 5 kV에서 25 kV까지 변화하며 전압 세기가 선별에 미치는 영향을 관찰한 것이다. 실험 결과 전압세기가 증가하면 PET의 품위와 회수율 모두 증가되는 것을 알 수 있다. 즉, 전압의 세기가 가장 낮은 5 kV에서 PET의 품위와 회수율이 각각 97.5%와 61.2%으로 가장 낮지만, 전압 세기가 커질수록 PET의 품위와 회수율이 증가하여 본 연구에 사용된 power supply의 최대 전압인 25 kV에서는 품위와 회수율이 각각

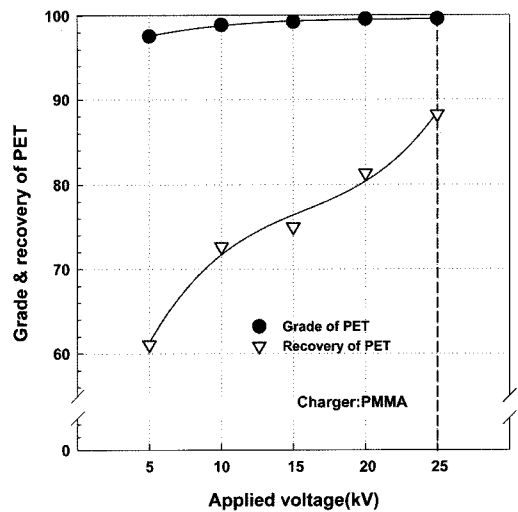


Fig. 10. The effect of applied voltage on grade and recovery of PET in triboelectrostatic separation.

99.6%와 88.2%로 가장 높다.

이와 같이 전극의 전압세기가 선별효율에 영향을 미치는 이유는, 앞서 언급하였듯이 PET와 Nylon의 하전량이 nC/g 단위로 매우 낮아 이를 분리하기 위해서는 높은 전기에너지가 필요하기 때문이다.

4.2.4. 상대습도

Fig. 11은 실험실의 상대습도가 선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것으로 온도 25°C, 체류시간 2분, 전압의 세기 25 kV, 공기속도 8.31 m/s 그리고 분리대의 위치 중앙(0)cm에서, 실험실의 상대습도를 가습기와 제습기로 20%에서 70%까지 변화하며 PET와 Nylon의 분리특성을 관찰한 것이다. 실험결과 상대습도 40%까지는 PET의 품위와 회수율이 큰 영향을 미치지 않지만, 이보다 상대습도가 증가하면 품위와 회수율이 크게 감소되어 선별효율을 크게 떨어뜨리게 되는 것을 알 수 있다. 즉 상대습도가 가장 낮은 20%일 때 PET의 품위와 회수율이 각각 99.7%와 88.3%로 가장 높지만 상대습도 40%에서도 품위와 회수율이 각각 99.1%와 88.0%로 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 상대습도가 이보다 증가하면 선별효율이 크게 낮아져 상대습도 70%에서는 PET의 품위와 회수율이 각각 68.5%와 48.7%까지 감소되어, 높은 선별효율을 위해서는 상대습도가 40% 이하로 유지되어야 함을 알 수 있다. 본 연구에서는 상대습도 30%를 최적실험 조건으로 분리실험을 수행하였으며, 이때 PET의 품

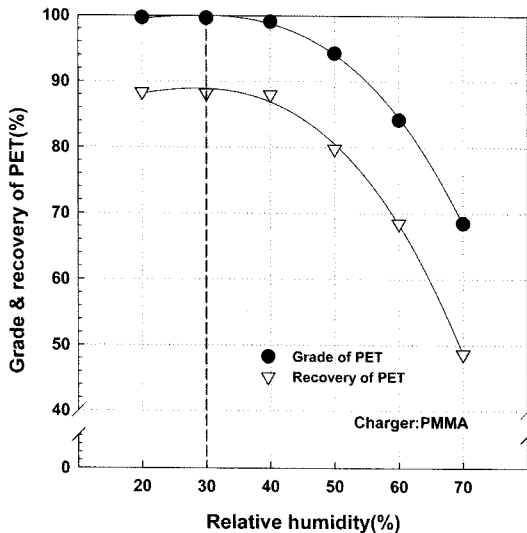


Fig. 11. The effect of relative humidity on grade and recovery of PET in triboelectrostatic separation.

위와 회수율이 각각 99.6%와 88.2%인 결과를 얻었다.

이와 같이 상대습도가 페플라스틱 맥주병의 재질분리에 영향을 미치는 이유는, 마찰하전정전선별에서 상대습도가 높으면 입자의 하전효율을 감소시키고 OH기의 작용에 의해 하전된 입자들의 방전을 진행시키기 때문이다.

5. 결 론

본 연구에서는 페플라스틱 맥주병의 재활용을 위해 마찰하전형정전선별법을 이용하여, H사 페플라스틱 맥주병의 PET와 Nylon을 대상으로 하전특성 및 재질분리 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PET와 Nylon의 효율적인 하전 및 선별을 위한 하전물질 선정실험 결과, PET와 Nylon을 분극 할 수 있는 재질로는 PU, PMMA, Al 이었으며, 이들의 하전량 차이는 PU(29.0 nC/g), PMMA(28.5 nC/g), Al(24.5 nC/g) 순이었다. 본 연구에서는 PU와 PMMA의 하전량 차이(0.5 nC/g)가 크지 않고, PU 재질의 장치제작 한계로 인하여 PMMA 재질을 하전물질로 선정하게 되었다.

2. 하전장치 내에서 PET와 Nylon의 체류시간이 하전량에 미치는 영향을 관찰한 결과, 5분의 체류시간이면 임계 하전시간에 도달됨을 알 수 있었다. 또한 단일재질과 혼합재질(PET:Nylon=9:1)에 대한 하전특성을 비교한 결과, PET와 Nylon 혼합시료의 하전량이 각 단일시료를 대상으로 한 하전량 보다 높게 나타남을 확인하였다. 따라서 각 단일시료를 대상으로 한 하전량 측정값보다 혼합된 시료의 하전량 측정값이 높아, 실질적인 분리실험에서는 이론적 예측치보다 높은 분리효율을 얻을 수 있음을 규명하였다.

3. PMMA 재질의 pipe line과 cyclone 하전장치를 이용한 분리실험 결과, 최적조건인 공기의 세기 8.31 m/s, 분리대의 위치 중앙(0cm), 전극의 전압세기 25 kV 그리고 상대습도 30%인 조건에서 PET의 품위와 회수율이 각각 99.6%와 88.2%인 결과를 얻어, 페플라스틱 맥주병 (PET와 Nylon)을 재질분리 할 수 있는 기초 데이터를 확보하였다.

사 사

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

참고문헌

1. 화학경제연구원, 2006: <http://www.chemlocus.co.kr/>, 화학저널.
2. 머니투데이(경제신문), 2004. 2. 20.
3. 전호석, 박철현, 김병근, 박재구, 2006: 생활계 폐플라스틱 재활용을 위한 정전선별 기술개발, 한국자원리사이클링학회지, **15**(1), pp. 28-36.
4. Li, T. X., Ban, H., Hower, J. C., Stencel, J. M., and Saito, K., 1999: Dry triboelectrostatic separation of mineral particles: A Potential Application in Space Exploration, Journal of Electrostatics, **47**, pp. 133-142.
5. Jean Cross, 1987: *Electrostatics : principles, problems and applications*, Adam Hilger, pp. 17-46, pp. 237-242, pp. 425-433.
6. Jing Wei and Matthew J. Realff, 2003: Design and optimization of free-fall electrostatic separators for plastics recycling, AIChE Journal, **49**(12), pp. 3139-3149.
7. Dr. Michael B. Biddle, 1999: *Electrostatic separation*, APC Durables recycling workshop, pp.118-127.
8. Mihai Lungu, 2004: *Electrical separation of plastic materials using the triboelectric effect*, Minerals Engineering, **17**, PP. 69-75.
9. Matsushita, Y. and Mori, N., 1999: *Electrostatic separation of plastics by friction mixer with rotary blades*, Electrical Engineering in Japan, **127**, pp. 33-40.
10. H. S. Jeon, C. H. Park, B. K. Kim, J. K. Park, 2006: *Development of triboelectrostatic separation technique for recycling of final waste plastic*, Geosystem Engineering, **9**(1), pp. 21-24.

全 好 錫

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 책임연구원
 - 당 학회지 제10권 3호 참조
-

Delgermaa

- Ulaanbaatar University, Mongolia, BA of Software & Engineer 학사
 - 수원대학교 환경공학과 석사
-

白 尙 昊

- 현재 한국지질자원연구원 신진연구원
 - 당 학회지 제15권 6호 참조
-

朴 哲 賢

- 현재 한양대학교 지구환경시스템공학과 박사과정
 - 당 학회지 제15권 1호 참조
-

崔 佑 鎮

- 현재 수원대학교 환경공학과 교수
 - 본 학회지 제9권 1호 참조
-