(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월18일
(11) 등록번호 10-1530003
(24) 등록일자 2015년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B03C 7/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0141029
(22) 출원일자 2013년11월20일
심사청구일자 2013년11월20일
(65) 공개번호 10-2015-0057544
(43) 공개일자 2015년05월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020080079117 A*
JP2011073408 A*
WO2011016520 A1
KR1020100038502 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
(72) 발명자
전호석
대전 서구 둔산북로 215, 8동 1401호 (둔산동, 가람아파트)
김병곤
대전 유성구 배울2로 114, 1104동 302호 (용산동, 대덕테크노밸리11단지아파트)
이은선
경기 양주시 평화로1416번길 14, 102동 1306호 (덕계동, 신우아파트)
(74) 대리인
민병오

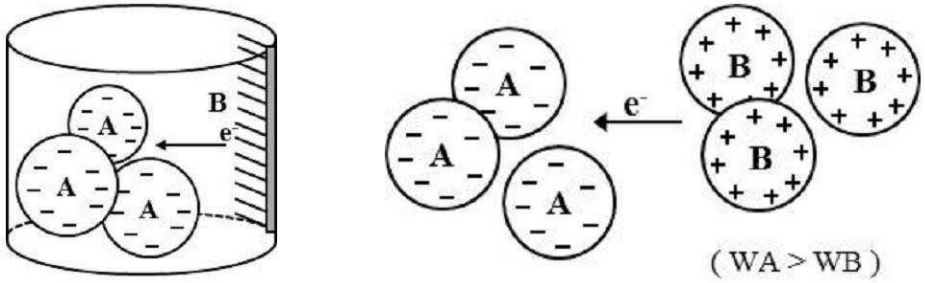
전체 청구항 수 : 총 1 항 심사관 : 박범용

(54) 발명의 명칭 **에이비에스(ABS)와 피에스(PS) 혼합폐플라스틱 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별 방법**

(57) 요 약

본 발명은 ABS와 PS 혼합폐플라스틱 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별 방법에 관한 것으로, 더욱 바람직하게는 마찰하전형정전선별을 적용하여 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)와 PS(Polystyrene)가 혼합된 폐플라스틱으로부터 ABS를 회수하기 위하여, 대상시료인 ABS와 PS의 혼합 폐플라스틱의 재질분리에 효과적인 하전물질인 PET, HIPS 그리고 ABS 중 어느 하나를 적용하여 마찰하전형정전선별 실험을 수행한 결과, 최적 실험조건에서 ABS의 품위와 회수율이 각각 99.5%와 92.5%인 결과를 얻어냄으로써, ABS와 PS의 혼합 플라스틱을 재활용할 수 있도록 하기 위한 것이다.

대 표 도 - 도1



(a) Wall Charging (b) Particles Charging

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NP2011-028
부처명 환경부
연구관리전문기관 폐금속·유용자원재활용기술개발사업단
연구사업명 글로벌탑 환경기술개발사업
연구과제명 ASR 자원화를 위한 고효율 복합선별 시스템 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국지질자원연구원
연구기간 2011.08.01 ~ 2016.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

ABS와 PS 혼합폐플라스틱으로부터 ABS를 회수하기 위한 재질분리의 전압 세기는 15kV이상으로 하고, 하전시간은 30초 이상으로 하고, 상대습도는 30%이하로 하고, 재질분리의 하전물질은 PET, HIPS, ABS 중 어느 하나를 선택하여 선별하는 마찰하전형정전선별 방법에 있어서,

ABS와 PS 혼합폐플라스틱 6㎜이하로 파쇄하고, 체(1㎜)에 의해 1~6㎜ 크기로 입도조절한 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)와 PS(Polystyrene)를 무게비를 1:1로 혼합하고,

하전물질의 선별에 있어 분리대 위치는 높은 품위를 목적으로 하는 경우에는 음전극 6㎝지점, 높은 품위와 회수율을 목적으로 하는 경우에는 양전극 2㎝에서 6㎝지점으로 형성하고,

상기 ABS의 양이 증가할수록 회수율은 감소하나, 품위는 증가하도록 구성한 것을 특징으로 하는 ABS와 PS 혼합폐플라스틱 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 ABS와 PS 혼합폐플라스틱 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별 방법에 관한 것으로, 더욱 바람직하게는 마찰하전형정전선별을 적용하여 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)와 PS(Polystyrene)가 혼합된 폐플라스틱으로부터 ABS를 회수하기 위하여, 대상시료인 ABS와 PS의 혼합 폐플라스틱의 재질분리에 효과적인 하전물질인 ABS 재질을 적용하여 마찰하전형정전선별 실험을 수행한 결과, 최적 실험조건에서 ABS의 품위와 회수율이 각각 99.5%와 92.5%인 결과를 얻어냄으로써, ABS와 PS의 혼합 플라스틱을 재활용할 수 있도록 하기 위한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 플라스틱은 나무, 금속, 기타 물질들의 대체가 가능하고, 가볍고 단단하며 가공이 쉬울 뿐만 아니라 내식성, 절연성 등 화학적 물성 또한 우수하여 생활 및 산업 전반에 다양하게 사용되고 있다. 최근 엔지니어링 플라스틱, 기능성 고분자로 표현되는 각종 특수 플라스틱이 등장하면서 오히려 '제2의 플라스틱 혁명'이 일어나 플라스틱의 사용범위와 사용량이 지속적으로 확대되고 있다.

[0003] 우리나라는 석유화학공업의 발달로 미국, 일본, 독일에 이어 세계 4위의 플라스틱 생산국이며, 국민 1인당 사용

량도 세계 8위 수준으로 국민 1인당 연간 약 100kg 정도의 플라스틱을 소모하고 있다. 그리고 여러 가지 기능적 우수성과 저가라는 경제상의 특징으로 인하여 사용량이 증가하고 있으며, 이에 따른 폐플라스틱의 발생양도 증가하고 있다. 플라스틱 사용량 증가에 따른 폐플라스틱의 양도 2003년 3,548천 톤, 2005년 3,968천 톤, 2007년 4,254천 톤으로 그 양이 계속 증가하고 있는 반면, 2007년 기준 폐플라스틱의 재활용률은 약 39%이며 절반 이상이 매립 또는 소각에 의해 처리되고 있다.

[0004] 고체 산업폐기물은 소각 및 매립하여 감용화 하는 것이 일반적이나, 폐플라스틱의 소각과 매립은 경제적인 손실뿐만 아니라, 환경오염의 거시적인 원인이 되고 있다. 폐플라스틱의 소각에 의한 처리는 일부 열에너지를 이용할 수 있지만 많은 경제적인 손실을 초래하고, 염화수소에 의한 소각로의 부식과 다이옥신 등 각종 유독성 가스를 방출하여 환경문제를 유발할 수 있다. 또한, 폐플라스틱의 매립은 매립 부지의 확보문제뿐만 아니라 유해성분이 용출될 수 있으며, 단위무게에 비해 부피가 커 매립효율을 저하시키고, 물리·화학적으로 안정되어 있는 난분해성이라 매립지의 조기 안정화와 흙속에 반영구적으로 잔존하는 문제가 발생한다.

[0005] 따라서 정부에서는 EPR(Expended Product Responsibility) 제도를 2003년 01월부터 시행하고 있으며, 향후 폐플라스틱의 소각과 매립을 법으로 규제할 계획에 있어 플라스틱 산업 및 환경보호를 위해서는 재활용 기술개발이 시급한 실정이다.

[0006] 플라스틱은 다른 물질에 비해 쉽게 분해 및 변질이 이루어지지 않아, 효율적인 선별 기술만 개발된다면 재활용이 가장 용이한 물질 중의 하나이다. 이러한 폐플라스틱을 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.

[0007] 그러나 어느 방법이든 다른 종류의 플라스틱이 혼재되어 있으면 물성이 크게 저하되기 때문에 플라스틱의 재질분리 기술은 재활용에 있어서 가장 중요하다. 현재 플라스틱 재활용은 대부분 수선에 의해 처리되고 있으나, 각 분야별 폐플라스틱 재질분리 기술의 연구가 활발히 진행되어 큰 발전이 이루어지고 있다.

[0008] 일반적으로 폐플라스틱을 재자원화할 수 있는 물리적 선별법은 정전선별, 건·습식 비중선별, 부유선별, 색선별 그리고 분광법 등이 있다.

[0009]

[0010] [선행기술문헌]

[0011] 1. 이성규 등, 2010 : 폐플라스틱 재활용 및 친환경 생산시스템 개발, 방재연구, 12(2), pp.110-120, 국립방재교육연구원 방재연구소, 서울, 한국.

[0012] 2. 전호석 et al., 2010 : Development of Electrostatic Separation Technique for Recovery of Soft PVC from Medical Plastic Waste, J. of Korea Society of Waste Management, 27(2), pp.159-164

[0013] 3. 국내 등록특허 제 10-0835992호(출원일자 : 2007년02월22일)

[0014] 4. 국내 등록특허 제 10-0809117호(출원일자 ; 2007년 02월 26일)

[0015] 5. 국내 등록특허 제 10-0848478호(출원일자 : 2007년 02월 26일)

[0016] 6. 국내 등록특허 제 10-0836003호(출원일자 : 2007년 03월 15일)

[0017] 7. 국내 공개특허 제 10-2013-0095921호(출원일자 : 2012년 02월 21일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명에서는 전도성물질과 비전도성 물질에 관계없이 모든 재질의 분리가 가능한 마찰하전형정전선별 방법을 적용하여 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)와 PS(Polystyrene)가 혼합된 폐플라스틱의 재질분리를 수행하도록 함을 목적으로 한다.

[0019] 특히, 수요량이 높고 고가의 ABS를 회수하는데 주안점을 두어 ABS의 회수율과 품위가 각각 90%와 99% 이상의 효율을 보이는 선별기술로 혼합 폐플라스틱의 재활용을 높일 수 있는 재질분리 기술을 확립하는데 그 목적이 있는

것이다.

과제의 해결 수단

[0020] 상기와 같은 목적을 갖는 본 발명의 구성을 첨부된 도면에 의거하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0021] 본 발명에 따른 ABS와 PS 혼합폐플라스틱 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별 방법은 서로 다른 입자와 입자간 혹은 하전장치의 표면에 입자를 충돌·마찰시켜서, 일함수 값(work function)의 차이에 의해 두 물질의 페르미 레벨(fermi-level)이 같아지는 방향으로 전자의 이동이 있을 때, 서로 다른 입자간 혹은 하전장치의 표면에 입자가 접촉되고 나서, 입자가 다시 표면에서 분리되면, 전자의 과잉 또는 부족현상이 생기게 되어, 입자는 negative(-) 혹은 positive(+)로 대전하면서, 서로 반대 극성으로 하전된 혼합 입자들을 높은 전압이 흐르는 전기장 내로 통과하면 positive(+)로 하전된 입자는 negative(-) 전극으로 이동하게 되고, 이와 반대로 negative(-)로 하전된 입자는 positive(+) 전극으로 이동되어 분리가 이루어지도록 함을 특징으로 한다.

[0022] 즉, 마찰하전형정전선별을 적용하여 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)와 PS(Polystyrene)가 혼합된 폐플라스틱으로부터 ABS를 회수하기 위한 재질분리의 하전물질은 PET, HIPS, ABS 중 어느 하나로 구성한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 전술한 바와 같이 폐플라스틱을 재활용하는 경우, 다양한 종류의 플라스틱이 혼재되어 있으면 재질특성이 저하되어 물질재활용이 어렵기 때문에 반드시 재질분리 기술을 이용하여 분리하여야 한다. 특히, 자동차 및 전기/전자 등의 다양한 분야에서 수요가 증가하고 있는 ABS수지의 경우, 생산량이 증가하고 있으며 더불어 상당량의 폐플라스틱이 발생하고 있는 실정이다.

[0024] 따라서 본 발명에서는 마찰하전형정전선별 방법을 적용하여, 폐가전제품으로부터 회수된 ABS와 PS가 혼합된 폐플라스틱의 재질분리에 적합한 하전물질의 결정 및 하전특성을 창출하여, 하전효율 및 분리효율을 극대화할 수 있는 최적 선별조건을 규명함으로써, 서로 다른 입자간 또는 입자와 하전장치의 표면과의 접촉을 통해 다른 극성으로 대전시켜 이를 정전기적으로 간단하게 분리할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명에 따른 입자의 마찰대전과정을 나타낸 개략도면이다.

도 2는 폐플라스틱 ABS와 PS의 대전서열 및 하전특성 연구를 위해 사용한 수직왕복형 하전장치와 재질별 하전통(PTFE, PVC, PP, HDPE, PET, HIPS, ABS, POM, Nylon)을 나타낸 개략도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 개략적인 공정도이다.

도 4는 본 발명에 따른 하전특성 실험결과를 나타낸 도표이다.

도 5는 본 발명에 따른 하전물질에 따른 선별효율을 확인한 그래프이다.

도 6은 본 발명에 따른 전극의 전압세기가 ABS와 PS 혼합플라스틱의 품위와 회수율선별효율에 미치는 영향을 관찰한 그래프이다.

도 7은 본 발명에 따른 분리대의 위치가 선별효율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명에 따른 하전시간이 선별효율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명에 따른 혼합 폐플라스틱의 비율에 따른 선별효율은 나타낸 그래프이다.

도 10은 본 발명에 따른 상대습도가 혼합 폐플라스틱의 재질분리에서 선별효율에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명에 따른 ABS와 PS 혼합폐플라스틱 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별 방법에 대한 바람직한 실시 예에 대하여 첨부된 도면들을 참조로 하여 상세히 설명한다.

[0027] 본 발명에 따른 ABS와 PS가 혼합된 폐플라스틱을 재질분리 하기 위한 마찰하전형정전선별 방법은, 서로 다른 입자와 입자 간의 접촉 또는 입자와 하전장치 표면과의 접촉을 통해 다른 극성으로 대전시켜 이를 정전기적으로 분리해 내는 방식이다.

[0028] 도 1은 입자의 마찰대전과정을 나타낸 것으로, (a)는 입자와 하전장치 표면과의 접촉에 의한 대전을, (b)는 입자와 입자 간의 접촉에 의한 대전현상을 나타내고 있다.

[0029] 본 발명은 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 서로 다른 입자와 입자간 혹은 하전장치의 표면에 입자를 충돌·마찰하게 되면, 일함수 값(work function)의 차이에 의해 두 물질의 페르미 레벨(fermi-level)이 같아지는 방향으로 전자의 이동이 있게 된다. 서로 다른 입자간끼리 혹은 하전장치의 표면에 입자가 접촉한 후, 입자가 다시 표면에서 분리되면, 전자의 과잉 또는 부족현상이 생겨 입자는 negative(-) 혹은 positive(+)로 대전하게 된다.

[0030] 이렇게 서로 반대 극성으로 하전된 혼합 입자들을 높은 전압이 흐르는 전기장 내로 통과시키면 positive(+)로 하전된 입자는 negative(-) 전극으로 이동하게 되고, 이와 반대로 negative(-)로 하전된 입자는 positive(+) 전극으로 이동되어 분리가 이루어진다.

[0031] 상기와 같이 분리가 이루어진 시료 및 실험방법에 대하여 하기와 같이 상세하게 설명한다.

[0032] 1) 시료 및 실험방법

[0033] 본 발명에 사용된 시료는 ㈜세종에서 입수한 폐가전제품의 플라스틱으로 야적·방치되거나 소각 및 매립처리되고 있는 ABS와 PS가 혼합된 재질의 폐플라스틱이다. ABS와 PS는 6대 범용 플라스틱으로, 2012년 기준 생산량과 수요량이 ABS의 경우 각각 약 145만 톤과 33만 톤 그리고 PS의 경우 각각 약 64만 톤과 20만 톤으로, ABS가 PS에 비해 생산량 약 2.3배, 수요량 약 1.6배 정도 높다. 또한, ABS PS는 기타 합성수지에 비해 약 300-500USD/ton정도 비싸며, 2012년 기준 ABS가 1,891USD/ton, PS는 1,686USD/ton으로 ABS의 가격이 PS에 비해 200USD/ton정도 비싸다. ABS와 PS는 각각 성형성, 내충격성, 내약품성, 내열성, 기계적 강도와 전기절연성, 고수지강도, 열안정성, 접착성, 도장성 등이 우수하여 사무기기, 자동차부품, 전자기기부품 등에 사용된다. 이중 ABS의 경우에는 자동차부품, 전자기기부품 등에 널리 사용되고 있으며, 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 생산량이 급격히 증가하고 있다.

[0034] 본 발명에 따른 도 2는 폐플라스틱 ABS와 PS의 대전서열 및 하전특성에 대한 연구를 위해 사용한 수직왕복형 하전장치와 재질별 하전통(PTFE, PVC, PP, HDPE, PET, HIPS, ABS, POM, Nylon)을 나타낸 것이다. (상기 하전통은 국내 공개 특허 제 10-2008-0078125호로 개시된 기술구성이기에 이에 대한 구체적인 설명은 생략함) 하전물질 선정을 위하여, 먼저 대상 시료인 ABS와 PS는 각각 컷팅밀(cutting mill)에 의해 6㎜이하로 파쇄하고, 체(1㎜)에 의해 1~6㎜ 크기로 입도조절 하였다.

[0035] 입도 조절된 시료는 다양한 하전통에 투입하여 수직왕복형 하전장치에 의해 마찰·충돌시킨 후, 도 2의 (c)에 제시한 패러데이 케이지(Faraday cage)로 하전극성 및 하전량을 측정하였다. 그리고 이를 기초로 하여 ABS와 PS의 혼합 폐플라스틱의 재질분리를 위한 마찰하전형정전선별의 하전물질을 선정하였다.

[0036] 도 3은 본 발명에 따른 실험의 공정도를 나타낸 것으로 먼저, 대상 시료인 ABS와 PS 폐플라스틱을 컷팅밀(cutting mill)과 체에 의해 1~6㎜의 크기로 파쇄 및 입도조절한 후, 무게비를 1:1로 혼합하였다. 입도조절된 시료는 ABS 재질의 하전통에 투입하여 수직왕복형 하전장치에 의해 마찰·충돌에 의해 하전시킨 후, 서로 다른 극으로 하전된 입자를 고전압이 흐르는 전기장에 이동시켜 분리하였다. 또한, 전극의 전압세기, 분리대의 위치, 습도 등의 실험조건을 변화하면서 최적 선별조건 및 분리효율을 확인하였다.

[0037] 2) 실험결과

[0038] 가. 하전특성

[0039] ABS와 PS가 혼합 폐플라스틱의 재질분리를 위하여, 시료를 각각 반대 극성으로 하전 시킬 수 있는 하전물질을 선정하기 위한 하전특성 연구를 수행하였다. 서로 다른 일함수 값과 대전서열을 가진 재질별 하전통(PTFE, PVC, PP, HDPE, PET, HIPS, ABS, POM, Nylon)에 시료를 각각 단일 상태로 투입하고 수직왕복형 하전장치를 이용하여 하전 시킨 후, 페러데이 케이지(Faraday cage)를 이용하여 하전극성과 하전량을 측정하였다. 실험변수인 상대습도와 온도는 각각 40%이하와 상온(25℃)로, 회전속도와 체류시간은 270rpm과 2분으로 조절하여 실험을 수행하였다.

[0040] 도 4는 하전특성 실험결과를 나타낸 것이다. 대상 시료인 ABS와 PS의 일함수 값이 하전물질 PTFE, PVC, PP, HDPE보다 낮아 모두 양으로, POM, Nylon보다 높아 모두 음으로 하전이 이루어졌다. 반면 PET, HIPS 그리고 ABS의 경우, ABS와 PS가 반대 극성으로 하전이 이루어짐을 알 수 있다. 이때 대상시료와 동일 재질인 ABS와 PS가 대상시료를 반대로 하전시키는 이유는, 동일한 재질이라 하더라도 플라스틱의 내부구조, 첨가제 등의 화학적 성분차이로 인해 일함수 값이 달라지기 때문이다. 따라서 ABS, HIPS 그리고 PET 재질이 선별대상 시료인 ABS와 PS가 혼합된 폐플라스틱을 반대 극성으로 하전 시킬 수 있음을 확인하였다.

[0041] 따라서 본 발명은 최적의 하전물질 선정을 위해 하전물질에 따른 선별효율을 확인하였으며, 그 결과를 도 5에 나타내었다. 상기 하전물질은 ABS와 PS가 혼합 폐플라스틱을 반대 극성으로 하전시킬 수 있는 PET, HIPS, ABS와 이들과의 비교를 위해 PTFE, HDPE, PP의 하전물질을 적용하였다. 도 5는 ABS와 PS의 비가 1:1인 혼합 폐플라스틱을 이용하여 하전물질에 따른 ABS의 품위와 회수율을 나타낸 것이다. 동일한 극성으로 하전이 된 PTFE, HDPE 그리고 PP의 경우에는 회수율은 높으나, 품위가 60% 이하로 낮게 나타나는데, 혼합 폐플라스틱의 혼합비가 1:1인 점을 고려하였을 때, 선별이 거의 이루어지지 않았음을 알 수 있다. 반면, PET, HIPS 그리고 ABS의 경우에는 90% 이상의 회수율과 80% 이상의 품위를 관찰할 수 있는데, 그 중에서도 하전특성 연구에서 하전량의 차이가 크게 나타난 ABS의 경우는 품위와 회수율이 각각 99.5%, 92.5%로 가장 높은 선별효율을 보여주었다. 따라서 본 발명에서는 ABS를 하전물질로 선정하여 분리특성 연구를 수행하였다.

[0042] 나) 전압세기의 영향

[0043] 도 6은 하전시간 30초, 분리대의 위치 positive electrode 방향으로 2㎝ 그리고 상대습도 30%에서 전극의 전압세기를 5kV에서 25kV까지 변화하며, 전극의 전압세기가 ABS와 PS 혼합플라스틱의 품위와 회수율선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것이다. 전압의 세기가 커질수록 ABS의 품위와 회수율이 증가하며, 높은 선별 효율을 나타낸다. 전압의 세기가 낮은 5kV에서는 품위와 회수율이 각각 92.5%와 69.3%로 가장 낮지만 전압세기가 증가할수록 품위와 회수율이 증가하여 20kV에서는 99.5%와 92.5%까지 증가하였다. 본 발명에서의 최고 전압인 25kV에서는 품위와 회수율이 각각 99.9%와 93.75%로 가장 높게 나타났지만, 20kV에서의 값과 큰 차이를 보이지 않으며 비슷한 선별 효율을 보여주었다. 따라서 에너지효율 및 선별효율을 고려하였을 때, 전압의 세기 20kV가 ABS와 PS가 혼합된 폐플라스틱에서 ABS를 회수하는데 효과적임을 알 수 있었다.

[0044] 이와 같이 전극의 전압세기가 커질수록 선별효율이 증가하는 이유는 도 6의 그래프에서 알 수 있듯이 하전된 입자들의 하전량이 nC/g단위로 매우 약해, 이들의 분리효율을 높이기 위해서는 높은 전기 에너지가 필요하기 때문이다.

[0045] 다) 분리대 위치의 영향

[0046] 시료의 하전량은 입자의 일함수값, 온도 그리고 하전시간 등의 인자들에 의해 영향을 받는다. 이로 인해 하전된 입자들 각각의 하전량이 다르기 때문에, 전기장 내에서 분리될 때 전극으로 이동하는 속도와 거리가 다르다. 따라서 전기장 내 분리대의 위치를 이동시켜, 높은 선별효율을 보여주는 적합한 조건을 얻을 수 있다.

[0047] 도 7은 분리대의 위치가 선별효율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 전압세기 20kV, 상대습도 30%, 하전시간 30초로 고정하고, 분리대의 위치를 양극과 음극방향으로 각각 6㎝까지 2㎝씩 변화하며 실험을 수행하였다. 분리대의 위치가 전기장의 양 전극에서 음 전극으로 이동함에 따라, ABS 품위는 음 전극 6㎝ 지점에서 99.9%, 양 전극 2㎝와 6㎝ 지점에서 각각 99.5%, 98.2%로 큰 차이를 보이지 않지만, 회수율은 각 지점에서 76.2%, 92.5% 그리고 98.2%로 증가하는 것을 알 수 있다.

[0048] 이와 같은 이유는 입자의 하전량 차이와 분리대 위치에 따라 ABS와 PS의 회수량이 달라지기 때문이다. 상대

적으로 하전효율이 높은 PS의 경우, PS의 회수가 분리대 위치변화에 거의 영향을 받지 않으나, ABS는 분리대의 위치가 양 전극에서 음 전극으로 이동할수록 양극으로 하전된 ABS의 회수존이 넓어져 회수율이 증가하는 것이다. 따라서 품위와 회수율을 고려할 때 양 전극 2㎝ 지점에서 가장 효과적이었으며, 이때 품위화 회수율은 각각 99.5%, 회수율 92.5%인 결과를 얻었다.

[0049] 라) 하전시간의 영향

[0050] 도 8은 하전시간이 선별효율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 전압세기 20kV, 상대습도 30%, 분리대의 위치 양극방향 2㎝로 고정하고, 하전시간을 10초에서 60초까지 증가시키며 실험하였다. 실험결과 하전시간 30초까지는 ABS의 품위와 회수율이 증가하는 것을 알 수 있지만, 이보다 하전시간이 길어지면 선별효율에 변화가 거의 없어 임계 하전시간에 도달됨을 알 수 있다.

[0051] 이와 같이 하전시간이 길어질수록 선별효율이 증가하는 이유는 하전시간이 길어짐에 따라 하전물질 내에서 입자간 또는 하전물질과 입자 사이의 마찰·충돌의 빈도수가 증가하고, 효율적인 하전이 이루어져 하전량이 증가하게 되기 때문이다. 반면 하전시간이 30초 이상이 되면 선별효율에 큰 변화가 없는데, 이는 하전시간 30초가 대상 시료의 선별을 위하여 충분한 하전을 제공하는 임계점으로 작용하였기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 하전시간 30초를 최적실험 조건으로 분리실험을 수행하였으며, 이때 ABS의 품위와 회수율이 각각 99.5%와 92.5%인 결과를 얻었다.

[0052] 라) 혼합비율의 영향

[0053] 본 발명에 따른 실험에서 사용된 시료는 폐가전제품으로부터 PS와 ABS 재질의 폐플라스틱을 각각 재질별로 회수한 것으로, 최적의 선별효율을 보여주는 혼합비율을 관찰하기 위하여 ABS와 PS의 혼합비율을 각각 1:9, 3:7, 5:5, 7:3으로 변화시키며 실험을 수행하였다. 실험변수인 전압세기 20kV, 상대습도 30%, 분리대의 위치 양극방향 2㎝ 그리고 하전시간은 30초로 고정하였다.

[0054] 도 9는 혼합 폐플라스틱의 비율에 따른 선별효율을 나타낸 것으로, ABS의 양이 증가할수록 회수율은 감소하나 품위는 증가하는 것을 볼 수 있다. ABS와 PS의 비율이 1:9일 때. 품위와 회수율이 각각 95.4%, 96.8%이지만, ABS의 양이 증가하여 비율이 5:5에서는 각각 99.5%, 92.5%, 7:3일 때에는 각각 99.4%, 82.8%로 품위는 증가하지만, 회수율은 감소하게 된다.

[0055] 이와 같이 ABS의 양이 증가할수록 품위가 높아지는 이유는 비율이 1:9인 경우 상대적으로 양이 많은 PS 간의 마찰·충돌이 주를 이루어 혼합 폐플라스틱의 하전이 잘 이루어지지 않았지만, ABS의 양이 증가할수록 대상시료간의 마찰·충돌의 기회가 많아지면서 하전이 효율적으로 이루어졌기 때문이다. 반면 회수율의 경우에는 ABS의 양이 증가할수록 감소하는 경향을 볼 수 있는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 ABS의 양이 많아지면 ABS 간의 마찰·충돌이 주를 이루어 하전효율이 떨어지기 때문이다. 하전효율이 감소하면, 하전이 이루어지지 않거나 약하게 하전된 입자들은 ABS 회수존까지 이동하지 못하여 PS의 회수존으로 배출되고, 이로 인해 ABS의 회수율이 감소하게 된다.

[0056] 따라서 혼합 폐플라스틱에서 ABS의 품위와 회수율을 고려하였을 때, 품위와 회수율이 각각 99.5%, 92.5%를 보여주는 ABS와 PS의 비율 5:5에서 가장 높은 선별효율을 확인하였다.

[0057] 마) 상대습도의 영향

[0058] 도 10은 상대습도가 혼합 폐플라스틱의 재질분리에서 선별효율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 공급전압세기 20kV, 분리대의 위치 양극방향 2㎝ 그리고 하전시간은 30초 조건하에서, 상대습도를 20~70%까지 변화하며 혼합 폐플라스틱에서 ABS를 회수를 위한 선별효율을 관찰하였다. 실험결과 상대습도 40%까지는 ABS의 품위와 회수율에 큰 영향을 미치지 않았지만, 이보다 상대습도가 증가하면 ABS의 품위와 회수율이 크게 감소되는 것을 알 수 있다.

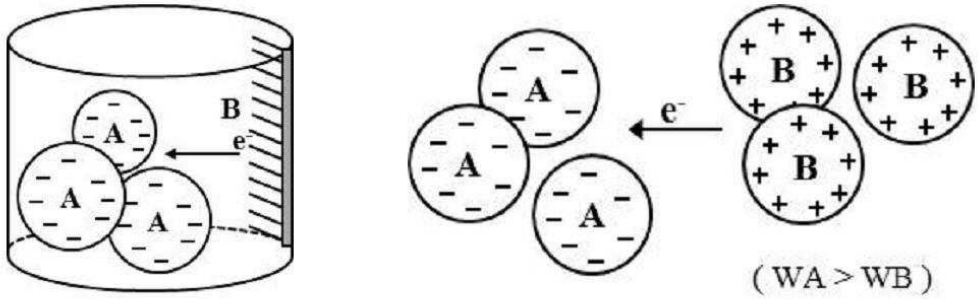
[0059] 상대습도가 가장 낮은 20%일 때, ABS의 품위와 회수율이 각각 99.9%와 92.9%로 가장 높고, 상대습도가 40%까지 증가하여도 각각 98.7%와 90.1%로 큰 차이를 보이지는 않는다. 그러나 상대습도가 40% 이상이 되면 선별효율이 크게 저하되어, 상대습도가 최고인 70%일 때에는 품위와 회수율이 각각 70.6%와 48.6%까지 감소하는 것을 알 수 있다.

[0060] 따라서 선별효율을 높이기 위해서는 상대습도가 40% 이하로 유지되어야 함을 알 수 있으며, 본 발명의 실험에서는 상대습도 30%를 최적조건으로 재질분리실험을 수행하였으며, 이때의 ABS의 품위와 회수율이 각각 99.5%와 92.5%인 결과를 얻었다. 이처럼 상대습도가 ABS와 PS 혼합 폐플라스틱의 재질분리에 영향을 미치는 이유는, 상대습도가 높을수록 공기 중의 수분이 마찰하전시의 입자 간의 표면분극을 방해하고, 입자들이 하전이 되더라도 입자의 전하를 방전시켜 하전량을 감소시키기 때문이다.

[0061] 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명이 비록 한정된 실시 예에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능하다 할 것이다.

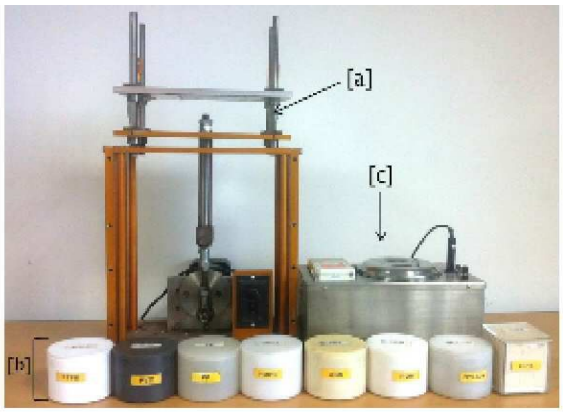
도면

도면1

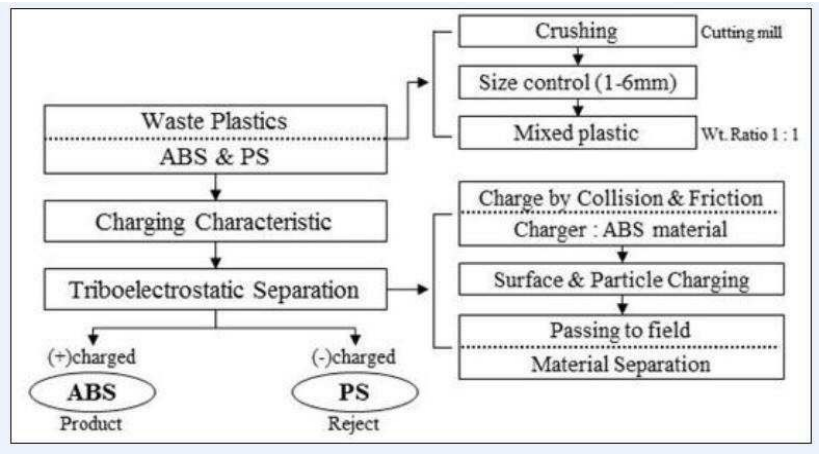


(a) Wall Charging (b) Particles Charging

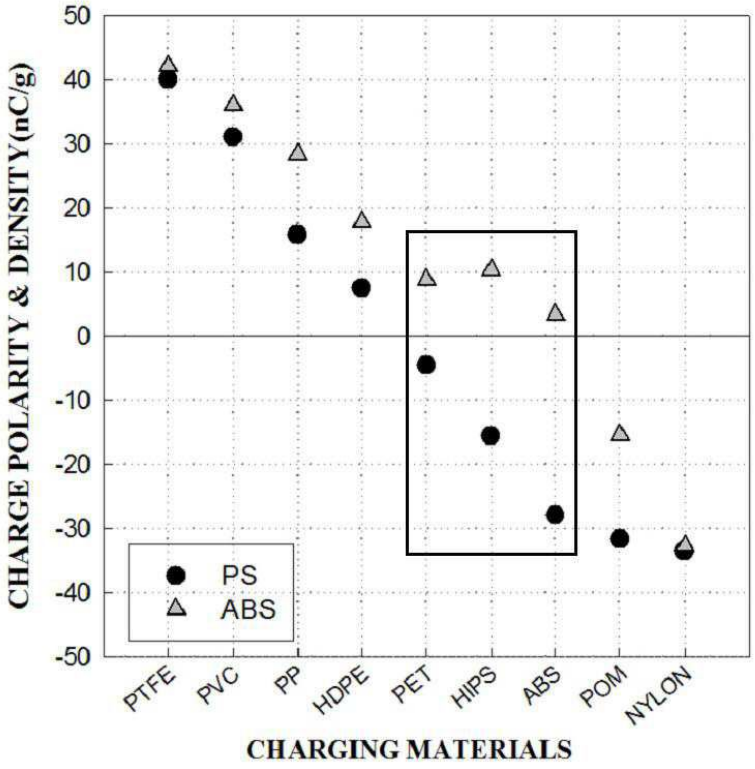
도면2



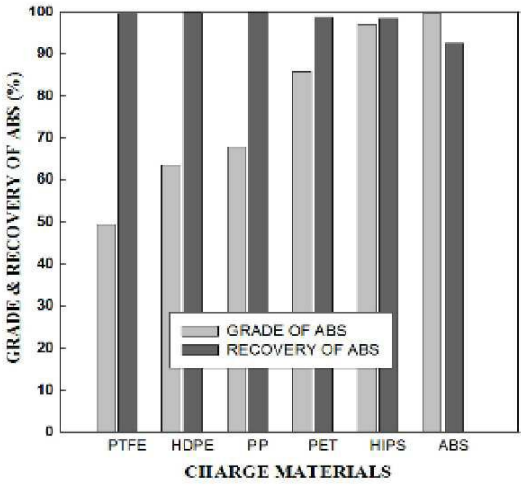
도면3


Crushing
Cutting mill
Size control (1-6mm)
Mixed plastic
Wt. Ratio 1 : 1
Waste Plastics
ABS & PS
Charging Characteristic
Triboelectrostatic Separation
Charge by Collision & Friction
Charger : ABS material
Surface & Particle Charging
Passing to field
Material Separation
(+)charged
ABS
Product
(-)charged
PS
Reject

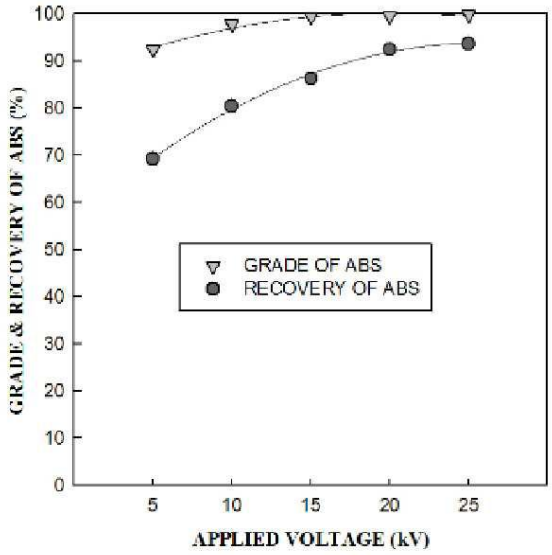
도면4


CHARGE POLARITY & DENSITY(nC/g)
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
PS
ABS
PTFE
PVC
PP
HDPE
PET
HIPS
ABS
POM
NYLON
CHARGING MATERIALS

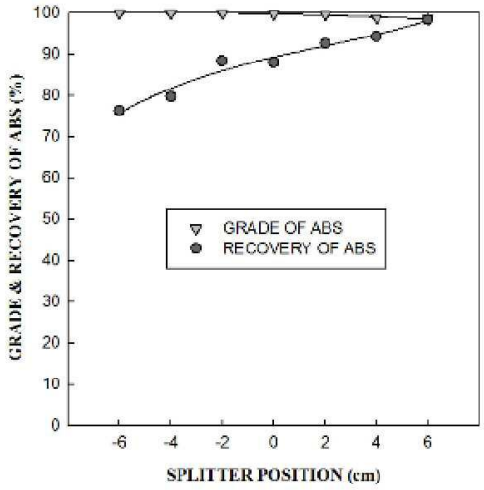
도면5


GRADE & RECOVERY OF ABS (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
GRADE OF ABS
RECOVERY OF ABS
PTFE
HDPE
PP
PET
HIPS
ABS
CHARGE MATERIALS

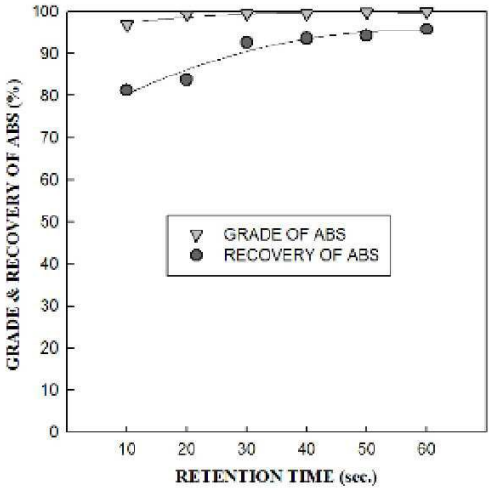
도면6


GRADE & RECOVERY OF ABS (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
GRADE OF ABS
RECOVERY OF ABS
5
10
15
20
25
APPLIED VOLTAGE (kV)

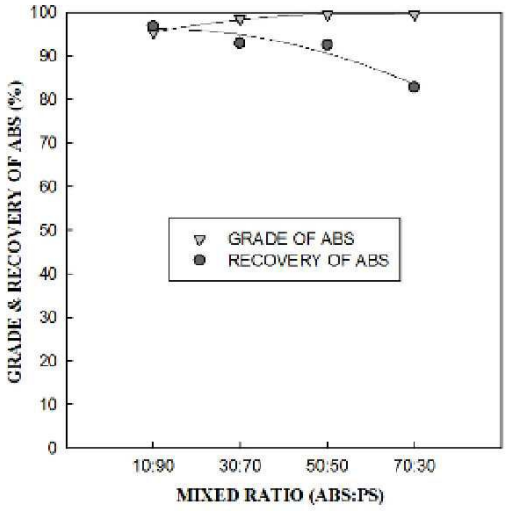
도면7


GRADE & RECOVERY OF ABS (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-6
-4
-2
0
2
4
6
SPLITTER POSITION (cm)
GRADE OF ABS
RECOVERY OF ABS

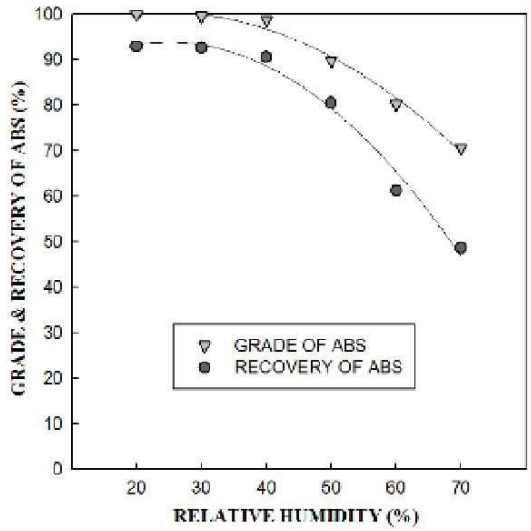
도면8


GRADE & RECOVERY OF ABS (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
RETENTION TIME (sec.)
GRADE OF ABS
RECOVERY OF ABS

도면9


GRADE & RECOVERY OF ABS (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
GRADE OF ABS
RECOVERY OF ABS
10:90
30:70
50:50
70:30
MIXED RATIO (ABS:PS)

도면10


GRADE & RECOVERY OF ABS (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
GRADE OF ABS
RECOVERY OF ABS
20
30
40
50
60
70
RELATIVE HUMIDITY (%)