

페플라스틱 靜電分離를 위한 荷電特性에 관한 연구

金道均 · 趙熙燦 · 全好錫

서울대학교 地球環境시스템工學部, *韓國地質資源研究院

A Study on Surface Charge Characteristics on Various Plastic Materials for Triboelectrostatic Separation of Plastic Wastes

Do Kyun Kim, Hee Chan Cho and Ho Seok Jeon

Department of Civil, Urban and Geosystem Engineering, Seoul National University

*Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

요 약

마찰대전 분리는 서로 상이한 두 물체를 마찰시켜 각각 반대극성으로 하전시킨 후 전기장에 통과시켜 분리하는 기술이며, 이때 각 물질의 하전극성은 work function에 의해 각기 다른 극성으로 하전된다. 본 연구에서는 마찰대전을 이용한 정전분리에 기본이 되는 각종 플라스틱의 work function을 알아보는 데 중점을 두었으며 마찰대전 후 하전량에 따른 분리 효율을 도출하여 최적의 운전조건을 위한 하전특성을 알아보았다. 플라스틱 시료는 2가지의 샘플을 가지고 실험하였으며, 이를 각기 다른 재질의 드럼형 마찰 하전장치를 이용하여 대전을 시켰다. 또한 Faraday Cage를 이용하여 하전량을 측정 후 work function을 도출하였다. 하전된 입자는 ± 20 kV의 전장에 통과시켜 분리실험을 수행하고 이를 통해서 하전량과 분리효율간의 상관관계를 도출하였다.

주제어: 페플라스틱, 정전분리, 하전특성, work function, 마찰대전

ABSTRACT

Triboelectrostatic Separation process is a technology that different particles charged after contact and rubbing different materials are separated in an electric field. At this time, charged polarity of different materials depends on their own work function. Therefore this study discovers work functions of various plastics and determines charging characteristics for the specific optimum operation condition. The experiment is conducted with two sample sets composed of various different plastics. Each sample is charged by contact and rubbing different materials. Surface charge of charged particles is measured by Faraday Cage. The specific work function of an each plastic is driven by measured charging amount and charged particles are separated in a certain electric field (± 20 kV). At last, the relationship between charging amount and separation efficiency is induced by the separation experiment.

Key words: plastics, triboelectrostatic separation, charging characteristics, work function, separation efficiency.

1. 서 론

1996년 기준으로 전 세계 플라스틱 원재료의 생산량은 약 1억 8000만 톤으로 추정되고 있다. 국가별로 보면 미국이 29.8%인 3,860만 톤으로 가장 많고, 2000

년 극동플라스틱 간담회에서 발표된 자료에 따르면 우리나라는 6.0%, 744만 톤을 생산하고 있어 미국, 일본, 독일에 이어 세계 4위에 위치하며, 그 수치도 계속 증가하여, 2000년에는 열가소성수지 867만톤과 열경화성수지 46만톤을 합한 913만톤에 이른다.

반면에 플라스틱의 재활용율은 2000년 기준으로 기타 페플라스틱 26.3%, PET가 46.2%에 이르는 실정이

* 2002년 4월 9일 접수, 2002년 6월 5일 수리

* E-mail: dkkim001@snu.ac.kr

다. 그러나 PET 등 재활용율이 높은 몇몇 종류를 제외하면 기타 플라스틱에 대한 수거 및 재활용은 폐지, 고철 등과 비교하여 극히 저조한 실정이다. 따라서 약 80% 정도의 폐플라스틱들이 다른 생활 폐기물과 함께 폐기되고 있으며 현 상태로는 그대로 매립 처분되거나 다른 쓰레기와 함께 소각되는 경우가 대부분이다.

하지만 플라스틱은 소각시 발열량이 크기 때문에 소각로를 손상시킬 염려가 있고, 또한 염화수소에 의한 소각로의 부식, 염화수소 폐기 가스의 처리, 다이옥신 발생의 우려 등 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 또한 매립하게 될 경우 플라스틱은 내식성인 동시에 분해하기 어려운 성질을 가지고 있어 매립시 반영구적으로 흙 속에 잔존하기 때문에 환경에 악영향을 미치고 있다.

따라서 폐플라스틱은 어떤 식으로든 재활용하여야만 하며 이는 환경적인 측면에서 뿐만이 아니라 한정된 에너지와 자원으로 지속가능한 사회를 이끄는 자원순환형 사회를 위한 필수요소이다.

일반적으로 폐플라스틱의 재활용 처리방법으로는 ① 원료로의 재자원화, ②연소에 의한 에너지회수, ③고형화, 액화 그리고 가스화에 의한 연료화 등이 있는데, 이 중에서 원료로의 재자원화가 가장 바람직한 방법으로 평가되고 있다. 하지만 폐플라스틱을 재자원화 하게 될 경우 순수원료로부터 생산한 플라스틱에 비해서 상대적으로 그 물성이 떨어지게 된다. 따라서 재자원하기 전에 폐플라스틱을 종류별로 또한 불순물로부터 분리해 내는 기술이 필요하다. 종전에 사용한 기술로는 수작업에 의한 분리나 비중차에 의한 분리를 이용하였지만 플라스틱 중 그 비중이 유사한 경우가 있을 경우 비중차로 분리하기가 용이하지 않았다. 따라서 이는 마찰대전을 이용한 정전분리 기술이 모색되고 있다. 마찰대전을 이용한 정전분리 기술은 기본적으로 두 물질의 work function의 차이를 이용하는 것이며, 따라서 이를 위해서는 플라스틱 각 물질의 work function을 밝히는 것이 기본적으로 선행되어야 한다. 본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 범용플라스틱을 기본으로 실험을 수행하였으며 그 결과를 분석하였다.

2. 이 론

2.1. 마찰대전의 원리

Fig. 1에 마찰대전 원리를 도시하였다. 일반적으로 마찰대전분리라 함은 서로 상이한 두 물체를 마찰시켜 각

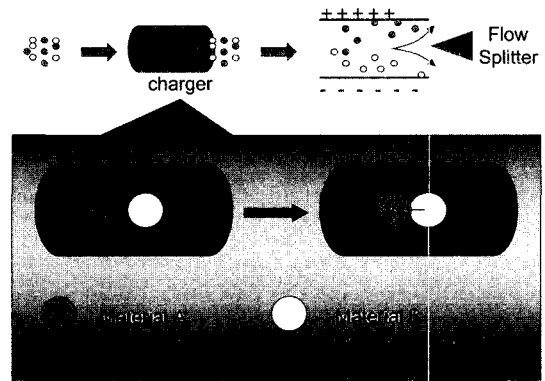


Fig. 1. A principle of triboelectrostatic separation.

각 반대극성으로 하전시킨 후 전기장에 통과시켜 분리하는 기술이다. 이때 각 물질의 하전극성은 work function에 의해 결정되는데 두 물체 중 work function이 낮은 물질은 전자를 잃어 (+)전하를 띄고 반면에 work function이 높은 물질은 전자를 얻어 (-)전하를 띠게 된다. 따라서 두 물질을 접촉 마찰시킨 후 전장 안에 통과시켜 주면 각 물질들로 분리해 낼 수가 있다.

또한 두 물질간의 직접적인 마찰을 통해 하전을 유도하는 방식 외에 두 물질 사이의 work function을 갖는 물질을 중간 접촉 물질로 사용하여 두 물질을 각각 선택적으로 하전시킬 수 있다. 마찰하전의 경우 마찰 시간이 길어질수록, 두 물질간의 work function 차이가 클수록 더 많은 하전이 일어난다. 따라서 두 물체의 하전량을 극대화하기 위해서는 첫째 상대물체와의 work function 차이가 커야 한다.

2.2. Work function

Work function은 1개의 전자를 임의의 물질로부터 공간으로 방출하는데 필요한 에너지로서 절대영도(0[K])에서 전자가 가득찬 최고의 준위인 페르미 준위와 외부의 전위차를 말한다. work function은 열전자나 광전자 방출량의 온도변화를 측정하는 등의 방법으로 구할 수 있다. Davies(1969), Strella(1970), Gupta등의 선행 연구에서도 그 값을 구하였으나 그 값이 연구자에 따라 상이한 결과를 나타내고 있어서 실험을 통해 work function을 구하는 것이 필요하다.^{8,9)}

본 연구에서는 물질을 마찰할 때 생기는 전하량이 각각의 고유물질의 work function의 차에서 기인한다는 것에 착안하여 work function을 구하였다. 즉, 하

Table 1. Previous studies about work function^{8,9)}

Material	Work function (eV)		
	Davies (1969)	Strella (1970)	Gupta <i>et al</i>
PS	4.22 ± 0.07	4.90	4.22
PET	4.25 ± 0.10	-	4.25
Polycarbonate	4.26	4.80	4.26
Copper	-	-	4.38
PVC	4.85 ± 0.20	5.13	5.13

전은 각각의 고유물질의 work function 차이에 의해서 발생하며, 그렇지 않을 경우 하전이 발생하지 않는다. 따라서 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 이미 work function 값을 알고 있는 물질과 마찰 하전 후, 이들과의 하전량을 통해서 work function 값을 구할 수 있다.

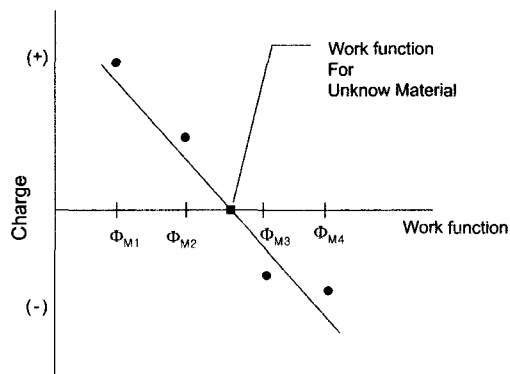


Fig. 2. A method of deriving work function for unknown material

3. 실험방법

3.1. 하전량 측정실험

3.1.1. 시료

본 실험에서 사용한 시료는 6대범용 수지를 기본으로 하였으며, 실험 data의 정확성을 높이기 위해서 실험을 2차례 수행하고 그들의 Sample군을 A, B로 나누어 2가지 종류의 Sample군을 사용하였다. GPPS, HIPS, Co-PP, LDPE, HDPE, PVC, ABS의 7종의 시료를 Sample A로 하여 실험하였으며, PS, PET,

Table 2. Basic properties of plastics used in experiment

	밀도 (g/cc)	입도	형상	가소제
Sample A				
GPPS	1.05 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	TBP, TPP
HIPS	1.04 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
Co-PP	0.9 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
LDPE	0.918 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
HDPE	0.941 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
PVC	1.31 ± 0.2	4~5 mm	Cylinder	DOP, 30%
ABS	1.04 ± 0.01	2~3 mm	부정형	
Sample B				
PS	1.05 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	TBP, TPP
PET	1.40 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
PP	0.9 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
LDPE	0.921 ± 0.01	3~4 mm	Disk 형	
HDPE	0.924 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	
ABS	1.04 ± 0.01	3~4 mm	Cylinder	

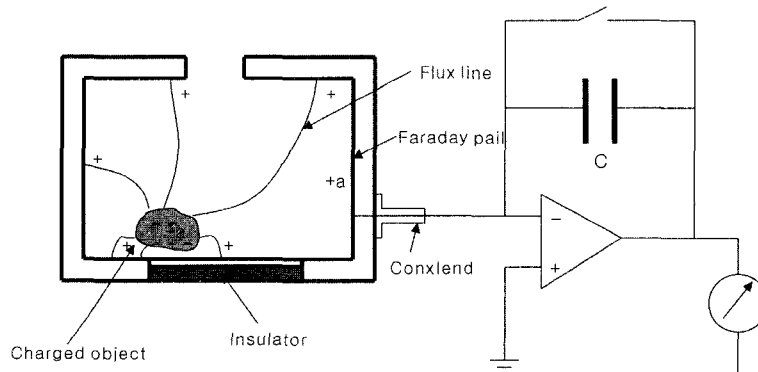


Fig. 3. Apparatus of faraday cage used for charging amount.

PP, LDPE, HDPE, ABS의 6종의 시료를 Sample B 군으로 하여 실험을 수행하였다. 이는 같은 종류의 플라스틱이라 하더라도 제조방법의 차이로 인한 물성차이를 고려한 것이다. 이들의 기본적인 물성을 Table 2에 나타내었다.

3.1.2. 하전량 측정 및 분리효율 산정방법

본 실험에서 사용한 하전량 측정장치는 Faraday Cage를 사용하였다. 또한 하전장치는 드럼형의 하전장치로써 Stainless Steel, Cu, PMMA, PC, PVC 재질의 5종의 드럼을 사용하였다. 실험은 각각의 시료 50g과 총 5종의 드럼 중 1종의 드럼을 선택하여 15분간 200 rpm 전후에서 마찰대전을 시킨 후에 Fig. 3에서 보이는 Faraday Cage와 Electrometer로 이루어진 하전량 측정장치를 이용하여 전하량을 측정하였다.

측정된 시료는 Vibrating Feeder를 통하여서 시료를 일정하게 (+)극 (-)극 각각 20 kV으로 총 40 kV의 전장에 공급하여 분리하였다. 전장판의 길이는 60 cm이며, 이 때 두 극판의 간격은 15 cm로 하였다. 분리효율은 전극판의 가운데에 splitter를 설치하여 이를 기준으로 (+)극과 (-)극으로 포집된 시료를 무게단위로 측정하여 분리효율을 산정하였다. 일반적으로 두 물질의 분리 효율을 산정하는 방법에는 회수율(Recovery)와 순도(Grade)의 두 종류가 존재한다. 회수율은 원하는 곳으로 포집된 한 종류 물질의 질량을 투입된 그 물질의 총 질량으로 나눈 값이며 순도의 경우는 원하는 곳으로

포집된 한 종류 물질의 질량을 그 쪽에 모인 물질의 총 질량으로 나누어 준 값이다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{Recovery(Plastic)} = \frac{\text{mass Plastic in an electrode}}{\text{total mass of Plastic}}$$

$$\text{Grade(Plastic)} = \frac{\text{mass Plastic in an electrode}}{\text{total Plastic in an electrode}}$$

본 연구에서는 특정시료의 마찰대전 특성을 통하여서 전하량에 따른 분리효율의 경향을 파악하고자 단일시료를 마찰대전시킨 후 분리하였다. 따라서 분리효율을 산정하는 방법으로서 회수율(Recovery)을 이용하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 하전량 측정

Table 3와 Table 4는 Sample A와 Sample B의 하전량 값을 나타내고 있는데 하전량은 직접 faraday cage와 electrometer를 이용하여 측정된 값이며, 표에 나타난 work function 값은 문헌을 통한 값임^{8,9)}을 미리 밝혀둔다. 시료별로 그 특성을 살펴보면 GPPS 경우 SS(Stainless Steel), Cu, PMMA에서 (-)로 하전되고 PC와 PVC에서는 (+)로 하전되는 특성을 보이고 있다. 이는 GPPS가 SS, Cu, PMMA보다 work function이 커서 (-)로 하전되었으며, 반면에 PC와 PVC 보다는

Table 3. Charging amount of some plastics, Sample A

드럼	work function(eV)	GPPS(nC)	HIPS(nC)	Co-PP(nC)	LDPE(nC)	HDPE(nC)	PVC(nC)	ABS(nC)
SS	4.2	-135.6	208	12.34	94.2	261	-0.301	94.4
Cu	4.38	-225	254	28.4	392	284	-10.94	111.7
PMMA	4.68	-133	374	84.4	-48.5	457	-76.1	162.8
PC	4.8	2.65	788	190.8	546	1103	-62.4	457
PVC	5.13	616	963	143.5	903	1553	8.86	839

Table 4. Charging amount of some plastics, Sample B

드럼	work function(eV)	PS(nC)	PET(nC)	PP(nC)	LDPE(nC)	HDPE(nC)	ABS(nC)
SS	4.2	-640	102.6	-349	496	378	315
Cu	4.38	-804	96	-373	42.1	292	251
PMMA	4.68	-976	338	-412	1080	484	815
PC	4.8	-618	642	265	1215	1373	1331
PVC	5.13	-135.1	660	1192	949	1126	1318

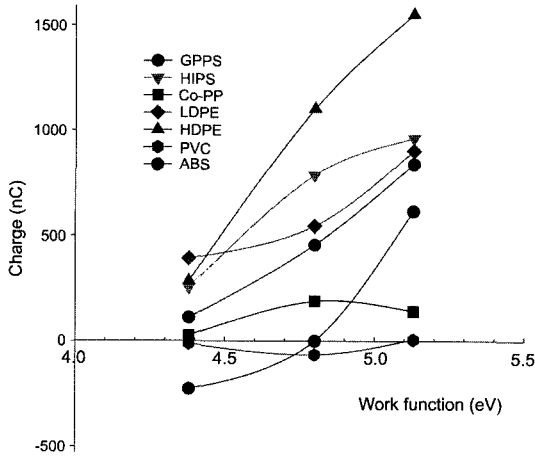


Fig. 4. Charging amount of sample A.

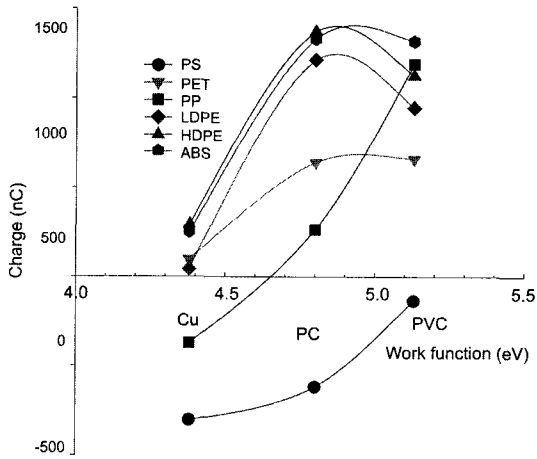


Fig. 5. Charging amount of sample B.

작은 값을 가져 (+)로 하전되었음을 알 수 있다. 또한 PS의 경우 모든 재질의 드럼에서 (-)로 하전된 반면에, PET, ABS의 경우는 모두(+)로 하전되었다. 이를 통해 전체적으로 PS의 work function의 값은 다른 물질에 비해 상대적으로 크고, LDPE, HDPE 등 (+)로 하전된 물질의 work function은 그 값이 상대적으로 작을 것이라고 예상할 수 있다. 이를 그래프로 나타내면 다음에 도시한 Fig. 4, Fig. 5 와 같다. Fig. 4 와 Fig. 5로부터 work function이 상대적으로 높은 하전장치를 사용하게 될 경우에, 시료는 +의 하전을 띄게 됨을 알 수 있다. 즉, 하전장치의 work function이 커질수록 그 하전량도 커짐을 알 수 있다.

그래프를 통해서 알 수 있는 또 한가지 사실은 임의

의 플라스틱 물질을 분리하기 위해서 어느 재질의 마찰 하전 장치를 이용하여야 하는지 알 수 있다. 예를 들어 Sample B의 PS와 HDPE를 분리해 낼 경우 PC재질의 Drum을 마찰하전 장치로 이용하면 효과적으로 분리해 낼 수 있으리라는 예상을 할 수 있다.

4.2. Work function 도출

본 실험을 통해서 플라스틱의 각 재질별 work function을 도출하였으며, 이는 다음과 같은 과정을 통해서 수행되었다.

첫째, S.S., Cu, PMMA의 드럼의 work function의 값이 문헌에서 구해진 값과는 달리 그 차이가 미묘할 것으로 판단하고 문헌에서 제시한 work function 값을 토대로 3가지 재질(S.S., Cu, PMMA)의 중간값인 Cu 값의 경계에 있으리라고 가정하였다.

둘째, work function의 차이가 없을 때에는 하전이 되지 않고, work function과 하전량은 linear한 관계에 있다는 생각으로, 각각의 플라스틱의 하전량을 토대로 선형회귀그래프를 그려 work function 축과 만나는 점이 바로 그 물질의 work function이라는 결론을 얻어 내었다.

이를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

Fig. 6 과 Fig. 7 각각의 그래프를 통해 얻어진 각 플라스틱의 Work function은 다음과 같다.

Table 5 에서 나타난 바와 같이 work function의 크기는 PVC, PS, GPPS 등의 순으로 나타났다. 이를 문헌상에 나타난 선행연구자의 work function 자료와 비교했을 때 전체적으로 Davies(1969)의 연구나 Gupta

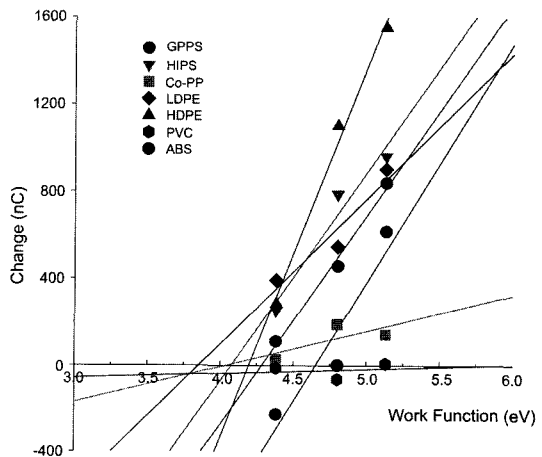


Fig. 6. Deriving work function of Sample A.

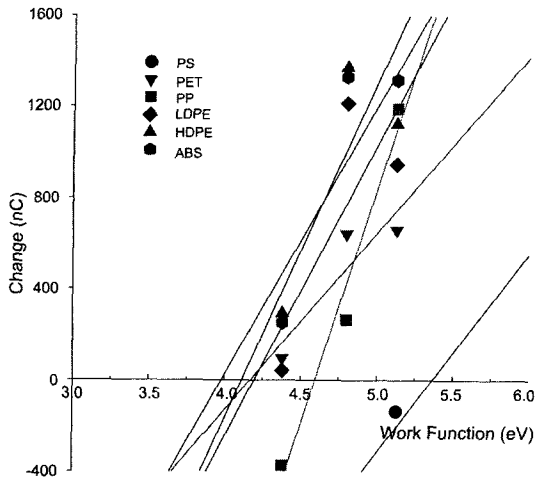


Fig. 7. Deriving work function of Sample B.

Table 5. Newly derived work functions of plastics

Plastic	Work function (eV)		Rank
	Sample A	Sample B	
PVC	5.86		1
PS		5.37	2
GPPS	4.65		3
PP		4.59	4
ABS	4.28		5
LDPE		4.20	6
HDPE	4.19		7
PET		4.17	8
ABS		4.11	9
HIPS	4.07		10
Co-PP	4.03		11
HDPE		3.97	12
LDPE	3.85		13

등의 연구자료보다는 Strella(1970)의 자료와 그 수치가 더 유사하게 나왔다. 이는 선행연구자의 연구가 잘못되었다는 것을 의미하는 것은 아니며, work function을 구하는 방법 또는 플라스틱 시료의 차이 등에서 기인한 것으로 사료된다.

4.3. 하전량과 분리효율

마찰하전량을 측정하고 그 후 전장에 시료를 공급한

Table 6. Results of a separation experiment of sample A

시료	드럼	(+)극 (g)	(-)극 (g)	효율 (%)
GPPS	SS	19.88	18.65	51.60
	Cu	25.05	22.28	52.93
	PMMA	23.31	25.86	52.59
	PC	35.42	13.61	72.24
	PVC	6.25	42.68	87.23
HIPS	SS	6.11	42.61	87.46
	Cu	7.04	41.68	85.55
	PMMA	4.63	49.06	91.38
	PC	4.13	45.07	91.61
	PVC	2.05	46.29	95.76
Co-PP	SS	23.67	25.68	52.04
	Cu	24.73	25.03	50.30
	PMMA	14.65	35.12	70.56
	PC	5.16	44.57	89.62
	PVC	14.93	34.63	69.87
LDPE	SS	6.14	43.41	87.61
	Cu	21.04	28.45	57.49
	PMMA	30.69	18.78	62.04
	PC	4.63	44.85	90.64
	PVC	3.98	45.72	91.99
HDPE	SS	6.12	41.78	87.22
	Cu	5.3	44.42	89.34
	PMMA	4.09	45.74	91.79
	PC	2.58	46.75	94.77
	PVC	2.16	47.63	95.64
PVC	SS	22.86	26.5	46.31
	Cu	23.01	26.25	46.71
	PMMA	35.90	13.78	72.26
	PC	21.22	24.49	46.42
	PVC	21.74	26.9	55.30
ABS	SS	12.65	37.16	74.60
	Cu	11.20	37.75	77.12
	PMMA	10.99	38.87	77.96
	PC	2.95	46.99	94.09
	PVC	2.45	47.08	95.05

후 분리실험을 수행하였다. 분리실험한 결과를 통하여서 첫째, 실제로 마찰하전량이 분리효율과 어떠한 연관성이 있는지의 여부를 실험적으로 증명할 수 있고, 둘째로는 이 두가지 인자의 관계속에서 실제 적절한 분리효율에 필요한 대략적인 하전량을 알 수 있다, 마지막으로 이 둘간의 함수를 통하여서 실제 공정의 설계 및

운전에 기초자료가 될 수 있을 것이다.

분리실험은 단일 시료를 사용하여 수행되었으며, +, - 전장판 가운데에 시료를 투입하고 또한 전장판의 가운데에 splitter를 두어 분리하였다. 따라서 이 실험을 통해서 얻어진 플라스틱의 분리효율은 분리된 두 개의 포집상자에 모인 시료의 무게를 측정하고 이를 전체 투입된 플라스틱의 무게로 나누어 회수율(무게%)의 개념을 이용하였다.

Table 7. Results of a separation experiment of sample B

시료	드럼	(+) 극 (g)	(-) 극 (g)	효율 (%)
PS	SS	38.13	11.57	76.72
	Cu	43.18	6.19	87.46
	PMMA	39.95	9.67	80.51
	PC	39.77	9.04	81.48
	PVC	35.25	14.28	71.17
PET	SS	16.46	33.26	69.89
	Cu	17.11	32.84	65.75
	PMMA	11.5	38.41	76.96
	PC	8.43	41.05	82.96
	PVC	7.46	42.01	84.92
PP	SS	40.77	8.74	82.35
	Cu	40.11	9.48	80.88
	PMMA	37.34	12.39	75.09
	PC	11.65	37.60	76.35
	PVC	15.64	33.72	68.31
LDPE	SS	7.97	41.52	83.90
	Cu	18.26	31.42	63.24
	PMMA	3.34	46.38	93.28
	PC	2.3	46.68	95.30
	PVC	3.54	46.2	92.88
HDPE	SS	9.58	40.1	80.72
	Cu	12.84	36.95	74.21
	PMMA	8.75	41	82.41
	PC	9.24	40.02	81.24
	PVC	9.65	39.75	80.47
ABS	SS	4.83	44.96	90.30
	Cu	8.04	41.63	83.81
	PMMA	4.01	45.6	91.92
	PC	3.39	46.12	93.15
	PVC	6.19	43.18	87.46

Sample A와 Sample B에 대한 분리실험 결과 Table 6 과 Table 7 에 나타내었다.

이 데이터를 토대로 하여 전하량과 분리효율의 관계를 나타내 보았다. 우선 각 시료의 일정갯수(50개)의 Particle의 평균무게를 측정하여 이 무게로 전하량을 나누어 전하량의 값을 normalization 시켰다. 입자의 무게 측정실험은 다음과 같이 하였다. 우선 각 시료의 입자 50개를 선택한 후 이 입자의 무게를 측정하였다. 이 실험을 5회 반복했으며 각 입자 무게의 산술평균값을 취하여 그 값을 normalization factor로 선택하였다.

각 입자의 무게측정 실험결과는 다음에 나타난 Table 8, Table 9 와 같다.

Sample A와 Sample B의 분리효율 결과를 토대로

Table 8. Weight of Sample A (단위 : g/50ea)

시료	1 회	2 회	3 회	4 회	5 회	평균
GPPS	0.96	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93
HIPS	0.88	0.89	0.86	0.91	0.90	0.888
Co-PP	1.12	1.24	1.20	1.20	1.21	1.194
LDPE	1.43	1.44	1.44	1.46	1.47	1.448
HDPE	1.20	1.25	1.26	1.26	1.22	1.238
PVC	0.97	1.82	1.46	1.47	1.53	1.45
ABS	1.04	1.06	1.12	1.13	1.13	1.096

Table 9. Weight of Sample B (단위 : g/50ea)

시료	1 회	2 회	3 회	4 회	5 회	평균
PS	0.91	0.89	0.94	0.95	0.90	0.918
PET	0.92	0.90	0.93	0.91	0.92	0.916
PP	1.00	1.00	0.99	0.97	0.98	0.988
LDPE	1.34	1.30	1.34	1.36	1.35	1.338
HDPE	1.38	1.32	1.29	1.32	1.31	1.324
ABS	1.05	1.04	1.04	1.04	0.98	1.03

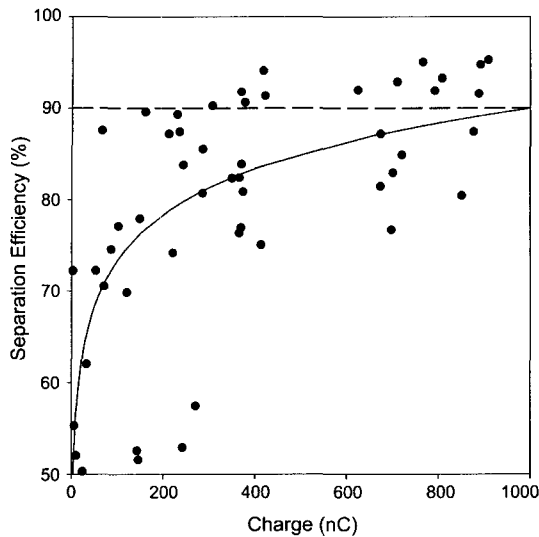


Fig. 8. A relationship between charging amount and separation efficiency.

분리효율과 전하량과의 관계를 Fig. 8 에 그래프로 도시하였다.

그래프의 경향을 살펴보면 전체적으로 하전량이 커질수록 분리효율이 증가하다가 어느 지점을 정점(약 95%)으로 하여 그 값이 일정해지는 경향을 보여 주고 있다. 즉, 입자를 마찰한 후 측정된 하전량과 분리효율은 어느 수준까지 비례관계에 있음을 알 수 있다. 분리효율을 나타내고 있는 y축에서의 50%의 값은 분리효율 50%를 나타내는 것이 아니라 분리가 50%가 이루어졌다는 의미이다. 즉, 실제로는 양쪽 극으로 50%의 시료가 나뉘어져 분리가 이루어지지 않았음을 의미한다. 이 그래프를 통하여 알 수 있듯이 실제로 마찰 하전량과 분리효율간에 충분한 상관관계가 있음이 밝혀졌으며, 마찰 하전에 의한 플라스틱의 분리가 기술적으로 충분한 타당성이 있음이 밝혀졌다. 또한 그래프를 통해서 알 수 있듯이 분리효율 90%를 얻기 위해서 약 1000 nC의 하전량이 요구됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 실험은 효과적인 폐플라스틱의 마찰정전분리를 위해 일정시간 마찰된 플라스틱의 하전량을 측정하고 이를 토대로 플라스틱의 work function값을 도출해 내고 분리효율과 전하량의 상관관계를 알아 본 실험으로써,

다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존에 연구되어진 각종 플라스틱의 기본적인 물성을 알아보았고, 이들 중 분리효율에 미치는 인자들을 알아보았다. 또한 각 인자들이 분리효율에 미치는 정성적, 정량적인 관계는 선행 연구를 통해서 알아보았으며, 이들을 기초로 하여 본 실험을 수행하였다. 전장의 세기는 2.67 kV/cm로 하였으며, 상대습도는 50%, 또한 입자의 모양과 크기는 Pellet형태의 시료를 써서 그 영향을 최소화하고자 하였다. 또한 기존 연구된 work function 값을 기초로 하여, 이들의 관계를 알아보았다.
2. 실험을 통해 work function 값을 도출하여 보았다. Sample A에서는 PVC가 5.86으로 가장 크고, 다음으로 GPPS가 4.65을 나타내었으며 이어서 ABS, HDPE, HIPS 등의 순서로 나타났다. Sample B에서는 PS가 5.37로 가장 크고, 그 다음으로 PP, LDPE 등의 순서로 나타났다. 따라서 이들 사이의 분리는 실험을 통해 구해진 work function의 값의 차이에 의해서 적절한 중간 물질을 이용하여 마찰 대전에 의한 분리가 이루어 질 수 있다.
3. 분리실험을 통해 양극판으로 나뉘어진 시료의 weight percent를 구하고, 이를 이용하여 분리효율을 구하여, 측정된 전하량과 분리효율간의 관계를 규명하였으며, 분리효율 90%를 얻기 위해서 요구되는 전하량은 약 1000 nC 부근임을 알 수 있다. 이를 통해서 실제 공정의 적용에 있어서 설계 및 운전의 기초자료가 될 것으로 기대된다. 즉 원하고자 하는 분리효율을 얻기 위해서는 얼마의 전하량이 필요한지 예측할 수 있다.

사 사

본 연구는 과학기술부 21C 프론티어연구개발사업 중 산업폐기물재활용기술개발 사업의 일환으로 수행된 결과물입니다. 연구비를 지원해 주신 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

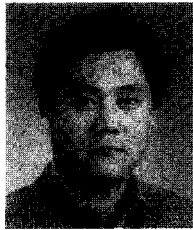
1. 김진현, J. D. Miller, 이재천, 정문영 : “부선에 의한 PVC와 PET의 분리”, 자원리싸이클링학회지, 7(5), 26-32 (1998).
2. 김태길 : “PET병의 재활용 현황과 과제”, 자원리싸이클링학회지, 8(2), 12-16(1999).

3. 어재경 : “마찰대전을 이용한 PET, PVC 정전분리 기술에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울대학교, 서울 (2001).
4. Brandrup, Bittner, Menges, Michaeli. : “Recycling and Recovery of Plastics”, 265-273, Hanser /Gardner Publications, Cincinnati, OH (1996).
5. D. K. Yanar, B. A. Kwetkus : “Electrostatic separation of polymer powders”, Journal of electrostatics, vol. 35, 257-266 (1995).
6. H. R. Manouchehri, K. Hanumantha Rao and K. S. E. Forssberg : “Review of electrical separation methods”, Minerals and metallurgical processing, Vol. 17, 23-36 (2000).
7. Ingo Stahl and Peter-M. Beier : “Sorting of plastics using electrostatic separation process”, Heinz Hoberg and Harro von Blotnitz, 395-402, XX International Mineral Processing Congress, Aachen, Germany, September 1997, GDMB (1997).
8. Jean Cross : “Electrostatics: Principles, Problems, and Applications”, 17-46, 237-242, 425-433, Adam Hilger, Bristol, England (1987).
9. William D. Greason : “Electrostatic Discharge in Electronics”, 56-61, Research Studies Press Ltd, Taunton, Somerset, England (1992).



金道均

- 2000년 아주대학교 환경·도시공학부 공학사
- 현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정
- E-mail: dkkim001@snu.ac.kr



趙熙燦

- 현재 서울대학교 지구환경시스템공학부 부교수
- 본 학회지 제10권 4호 참조



全好錫

- 현재 한국지질자원연구원 선임연구원
- 본 학회지 제10권 3호 참조

《광 고》 本學會에서 發刊한 자료를 판매하오니 學會사무실로 문의 바랍니다.

- | | |
|--|----------------------------|
| * EARTH '93 Proceeding(1993) 457쪽, | 價格 : 20,000원 |
| (International Symposium on East Asian Recycling Technology) | |
| * 자원리사이클링의 실제(1994) 400쪽, | 價格 : 15,000원 |
| * 학회지 합본집 I, II, III, IV | 價格 : 40,000원, 50,000원(비회원) |
| (I : 통권 제1호~제10호, II : 통권 제11호~제20호, III : 통권 제21호~제30호, IV : 통권 제31~제40호) | |
| * 한·일자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 483쪽, | 價格 : 30,000원 |
| * 한·미자원리사이클링공동워크샵 논문집(1996) 174쪽, | 價格 : 15,000원 |
| * 자원리사이클링 총서I(1997년 1월) 311쪽, | 價格 : 18,000원 |
| * 일본의 리사이클링 産業(1998년 1월)395쪽, | 價格 : 22,000원, 발행처-文知社 |
| * 리사이클링백서(자원재활용백서) 440쪽 | 價格 : 15,000원 " |