

폐자동차 차피 파쇄잔류물의 재질조성 및 분리공정

이화영*, 오종기
한국과학기술연구원

Analysis and Separation of ASR Materials from End-of-Life Vehicles

H. Y. Lee and J. K. Oh
Korea Institute of Science and Technology

1. 서 론

국내 자동차 시장은 지난 20여년간 지속적인 발전을 거듭하여 최근에는 국내 자동차 등록 댓수가 1천3백만대를 넘는 것으로 보고되고 있다. 이와 같은 자동차 시장의 급격한 팽창은 부수적으로 가용연한이 지난 폐자동차의 양산으로 이어지게 되는데 현재 국내 폐자동차 발생량은 약 100만대 정도인 것으로 파악되고 있다. 자동차는 철, 비철금속, 플라스틱, 고무 등의 다양한 재질로 제조한 각종 부품으로 구성되어 있으며, 대체로 10년 정도의 가용연한을 지나면 폐차하게 된다. 현재, 국내에는 약 200여개의 폐차업체가 가동중에 있으며, 일단 폐차장에 들어온 폐자동차는 타이어, 연료/윤활유, 엔진 및 문짝 등을 해체하고 press로 압축한 다음 shredder 업체로 이송한다. 폐자동차 차피의 파쇄 및 분리공정은 shredder 업체에 따라 다소의 차이가 있기는 하나 국내에서는 magnetic separation(MS) 과 eddy current separation(ECS)을 통한 철 및 비철금속류의 금속성분을 분리회수하고 이외에 수작업을 통하여 전선, motor 및 전자기관을 별도로 분리하는 공정으로 구성되어 있다.

선진 외국의 경우 풍력선별 및 비중선별(중액선별) 등의 분리공정을 채택하여 재질별 분리도와 회수율을 높이는 경우도 있으나 국내에는 아직 도입이 되지 않고 있다. 국내에서도 최근 유럽지역을 중심으로 한 선진 외국의 갈수록 강화되고 있는 폐자동차 처리에 관한 관련법규 및 재활용을 제고지침에 따라 이와 관련한 새로운 기술개발의 필요성이 시급히 요구되고 있는 상황이다.

국내의 경우 아직까지 폐자동차 파쇄산물의 효과적인 처리방법이 도입되어 있지 않고 특히 에너지원으로 활용하는데 가장 큰 장애물인 염소성분의 분리기술이 확립되지 못하여 단순 매립에 의존하는 등 현실적인 어려움이 많은 것이 사실이다. 본 연구에서는 폐자동차 파쇄잔류물의 재질조성을 조사하고 이의 분리공정에 대한 기초실험을 실시함으로써, 향후 ASR 처리방향을 결정하는데 필요한 기술자료를 제공하고자 한다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 우선 폐자동차 파쇄잔류물의 주요 재질구성을 조사하고 이의 풍력선별 및 비중선별 test를 통하여 염소성분의 분리 가능성을 타진하고자 하였다. 파쇄잔류물의 재질조성을 파악하기 위해서 우선 현장 shredder 조업설비를 사용하여 차피 3종을 파쇄 및 재

질선별을 실시하였다. 폐자동차 파쇄 및 재질분리시험에 사용한 폐차 차피로는 현대자동차의 Sonata II, 기아자동차의 Sepia 및 대우자동차의 Prince 이며, 이들 차피는 폐차장에서 타이어, 엔진, 문짝 및 액체물질을 미리 제거하고 press로 압축한 상태였다. 차피 중량은 Sonata II 429kg, Sephia 550kg 및 Prince 780kg 이었으며, 이들 차피를 경북지역의 Shredder 업체 현장으로 이송하여 파쇄 및 재질분리를 실시하였다. 차피 3종류를 차례로 shredder로 투입하고 cyclone을 거쳐 light fluff를 분리한 다음 magnetic separation과 eddy current separation을 통하여 철 및 비철금속을 분리하였다. 또한, 수작업으로 철 스크랩에 포함된 motor류를 별도로 분리하였으며, 비철금속 물질을 육안으로 판별하여 Al, Zn 및 Cu(brass 포함)로 구분 회수하였다. 한편, 보조자력선별 공정인 overband를 통하여 미처 분리가 되지 않은 철 스크랩을 회수하고 입도분급기인 grizzly를 사용하여 토사류를 분리하였다. 이와 같이 1차 분리된 철 스크랩, 비철금속, motor, light fluff, heavy fluff 및 토사를 각각 중량한 다음 light fluff를 5cm를 기준으로 분급하고 5cm oversize를 스폰지, 플라스틱, 섬유, 가죽, 고무, 금속, 전선의 7종으로 분류하였다.

한편, 풍력선별은 대상시료를 8mm sieve로 체질하여 oversize를 분쇄기에서 재분쇄하고 이를 undersize와 골고루 혼합한 다음 ZigZag type 공기분급기를 이용하여 overflow 산물과 underflow 산물로 분리하였다. 회분식 비중선별 실험은 비이커에 물을 채우고 대상시료를 투입하여 약 1시간 정도 교반 및 정치과정을 반복한 다음 float 산물과 sink 산물로 분리하여 각각의 시료에 대한 정량 및 염소분석을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

현장설비를 사용한 차피 파쇄물의 재질구성을 조사한 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 우선 철 스크랩이 1,019.8kg 으로써 60.1%를 차지하여 가장 많은 것으로 나타났으며, 비철금속류가 motor 및 전선류까지 포함하여 약 2% 정도가 산출되었다. 그러나, magnetic separation 과 eddy current separation으로 미처 분리되지 못한 철 및 비철금속이 fluff 부분으로 혼입된 양이 있기 때문에 실제로는 금속류가 이 보다 상회할 것으로 예상되고 있으며, 특히 일부 부품의 재질은 금속과 비금속이 복합재료 형태로 쓰이는 것이 상당히 있기 때문에 이의 완전 분리는 곤란할 것으로 생각되었다. 특히, 토사류의 경우 입도분급을 할 경우 -7mm 부분을 제외하면 대부분 플라스틱, 고무, 섬유 및 전선으로 구성되어 있는 것으로 관찰되고 있어 fluff 의 구성과 매우 유사한 것으로 확인되었다.

fluff의 발생장소를 살펴보면 전체 fluff 발생량 595.6kg 가운데 shredder 공정을 거쳐 cyclone을 통해 분리된 light fluff가 약 532kg으로써 거의 대부분을 차지하는 것으로 나타났으며, #2 ECS 과정에서 분리된 heavy fluff가 약 48kg을 차지하고 있다. 이들 fluff의 성상을 살펴보면 우선 fluff의 대부분을 차지하는 light fluff의 경우 size가 큰 것부터 매우 작은 먼지까지 다양하게 분포되어 있었으며, 재질로는 스폰지와 섬유류가 상당히 많은 것으로 관찰되었다. 즉, shredder 산물 가운데 부피가 크고 비중이 작은 물질은 거의 light fluff로 분리되어 산출되었으며, 이 가운데 일부 금속 스프링 및 철사류도 함께 혼입되어 나

오는 것이 관찰되었다.

Table 1. Distribution of shredding products from old cars. (unit : kg)

	Iron scrap	Al	Zn	Cu & Alloy	Motor	Wire	Sand /Soil	Fluff	Total	Fraction, %
shredder iron scrap	980								980	57.8
#1ECS product		8.2	3.8	3.8				1.0	16.8	1.0
#1ECS hand picking		0.4				8.6		2.8	11.8	0.7
#1 overband product	38	0.8	0.2		1.6		5.5	5.2	51.3	3.0
motor hand picking					3.8	2.0		4.8	10.6	0.6
#2 overband product	1.8						2.2	0.8	4.8	0.3
#2 sand/soil							37.8		37.8	2.2
#2ECS product		0.1							0.1	0.0
#2ECS hand picking						1.8			1.8	0.1
#2 heavy fluff								48.2	48.2	2.8
light fluff								532.8	532.8	31.4
Total	1,019.8	9.5	4.0	3.8	5.4	12.4	45.5	595.6	1,696	100
Fraction, %	60.1	0.6	0.2	0.2	0.3	0.7	2.7	35.1	100	

Total weight of old cars : 1,759kg, Loss : 63kg

한편, Table 2는 공기유량 9 ~ 20M³/hr의 범위에서 실시한 ASR 시료의 분급시험결과를 나타낸 것이다.

Table 2. Air separation results for ASR from domestic ELV shredding line.

Run No.	Air flow rate	Feed rate	Overflow product (%)	Underflow product (%)
1	9M ³ /hr *(1.57m/sec)	10gr/min	34.9	65.1
2	12M ³ /hr *(2.10m/sec)	10gr/min	34.7	65.3
3	16M ³ /hr *(2.79m/sec)	10gr/min	37.8	62.2
4	20M ³ /hr *(3.49m/sec)	10gr/min	52.0	48.0

* linear velocity of air flow

Table 2에서 보는 것처럼 공기유량 9 ~ 16M³/hr 범위에서는 underflow 산물이 대체로 62 ~ 66% 이고 나머지는 overflow 산물로 분리되나 공기유량 20M³/hr에서는 underflow 산물이 48%로 크게 감소하는 대신 overflow 산물이 증가하는 모습을 보여주었다. 이때, overflow 산물로는 종이, 나무조각, 스폰지, 섬유 등이 주요 구성물질인 반면 underflow 산물에는 플라스틱, 유리조각, 금속입자와 같이 비중이 큰 물질이 주로 함유되어 있었다. 특히, 섬유와 스폰지에 의해 서로 엉겨있는 경우가 많아 공기분급기로 유입되는 과정에서 재

질간의 단체분리도가 떨어지는 문제점이 관찰되기도 하였는데, 실제 상용설비로 조업하는 경우에 있어서도 이 문제를 감안하여야 할 것으로 사료되었다.

Table 3은 플라스틱 시료를 입도별로 분급하여 회분식 비중선별한 결과를 나타낸 것으로써, 물을 사용한 비중선별공정을 통하여 상당부분 염소성분의 분리효과를 기대할 수 있는 것으로 관찰되었다. 특히, 플라스틱이 ASR 중 비교적 무거운 재질로 분류되기 때문에 1차 풍력선별을 적정 조건에서 실시한 다음 여기에서 얻은 underflow 산물을 대상으로 2차 비중선별공정을 거치는 경우 ASR 중의 염소성분 분리제거에 매우 효과가 있을 것으로 판단되고 있다.

Table 3. Gravitational separation of plastics from ASR material.

Particle Size, mm	Product Type	Fraction, %	Cl Content, wt%
+ 8	Float	54.2	0.022
	Sink	45.8	10.21
8/4.75	Float	65.6	0.019
	Sink	34.4	1.32
-4.75	Float	66.7	0.87
	Sink	33.3	3.53

4. 결 론

폐자동차 차피 파쇄잔류물의 재질조성과 분리공정에 대한 기초실험을 실시한 결과 국내 자동차 3사에서 제작한 폐자동차 차피 파쇄산물의 총중량은 모재인 차피중량 1,759kg에서 손실분 63kg을 제외한 1,696kg으로 나타났으며, 이 가운데 철 스크랩은 1,019.8kg으로 전체의 60.1%를 차지하였고 비철금속이 motor 및 전선류를 포함하여 약 2% 정도가 산출되었다. 토사류의 경우 입도분급을 할 경우 -7mm 부분을 제외하면 대부분 플라스틱, 고무, 섬유 및 전선으로 구성되어 있어 fluff의 구성과 매우 유사함을 알 수 있었다. ASR 중 염소성분 분리를 위한 풍력선별 및 비중선별 실험결과 1차 풍력선별을 적정 조건에서 실시한 다음 여기에서 얻은 underflow 산물을 대상으로 2차 비중선별공정을 거치는 경우 ASR 중의 염소성분 분리제거에 매우 효과가 있을 것으로 판단되었다.

참고 문헌

- 1) 오종기, 이화영, 김성규 : "폐자동차 차피파쇄잔류물의 조성에 대한 분석평가연구", 자원리사이클링학회지, vol. 10, pp. 34-41 (2001).
- 2) 이화영, 오종기, 김성규 : "폐자동차 파쇄 잔류물을 이용한 고체연료의 제조연구", 자원리사이클링학회지, vol. 12, pp. 58-64 (2003).
- 3) I. Numajiri : "Current situation and tasks of disposal of end-of-life vehicles", 資源と素材, vol. 116, pp. 879-888 (2000).
- 4) B. J. Jody et al. : "Recycling of plastics in automobile shredder residue", U.S. DOE Report, DE90-011110, pp. 1-5 (1990).