

자동차 내장매트 부산물의 재활용방안에 관한 연구

장 성 호 · 박 길 평 · 박 진 식*

부산대학교 지역환경시스템공학전공, *GS환경, **경운대학교 보건환경전공
(2006년 9월 25일 접수; 2006년 10월 30일 채택)

A Study on the Recycling Method of Vehicle Mat Residual Product

Seong-Ho Jang, Gil-Pyeong Park* and Jin-Sik Park**

Department of Environmental System Engineering, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

*GS Environment, Co. Ltd, Pusan 609-847, Korea

**Department of Health & Environmental, Kyungwoon University, Gumi 730-852, Korea

(Manuscript received 25 September, 2006; accepted 30 October, 2006)

This paper analyzes the separation efficiency of vehicles mat residual product, and caloric value, element analysis and heavy metal of separated PE & PVC mat residual product. A results of separation efficiency, fiber fraction of PE & PVC mat residual product was analyzed 71.9% and 18.6%, respectively. Caloric value of PE & PVC mat residual product was analyzed 3,894kcal/kg and 10,203kcal/kg, respectively. A results of element analysis, main component of PVC mat were carbon(33.2%) and oxygen(21.0%), and main component of PE mat fiber were carbon(75.4), hydrogen(11.3%) and oxygen(9.1%). Lead and cadmium concentration of PVC powder was detected 98.9mg/kg and 19.8mg/kg, but Lead and cadmium concentration of fiber was detected 15.7mg/kg and 6.1mg/kg.

Key Words : Vehicle, PE mat, PVC mat, Separation efficiency, Caloric value, Element analysis

1. 서 론

2005년 한국의 자동차 생산량은 전년에 비해 8.7% 증가하여 연간 370만대에 이르고 있다. 자동차는 여러 종류의 재료로 구성되는데 약간의 차이는 있으나 대략적으로 비철금속류는 3-5%, 비금속류는 약 15%, 그리고 나머지 약 80%가 철로 구성되어 있다¹⁻⁵⁾.

이 중 자동차 내장 매트는 강판 바닥부 형상에 맞게 재단되어 부착하기 때문에 프레스 재단과정에서 재단부산물(스크랩퍼)이 발생하게 된다. 자동차 내장매트의 구성물질 중 섬유사(부직포)는 나일론사, PP사, 폴리에스테르사로 되어 있으며, 플라스틱매트는 복합PP, PE, PVC 등으로 이루어져 있다.

자동차 매트의 깔판은 PVC와 섬유질로 이루어져 있으며, 분쇄과정을 통하여 PVC는 재생처리가 가능한 반면, 섬유질은 처리가 어렵다. 섬유질과 PVC와 혼합된 폐기물 분쇄과정에서 1차분쇄와 2차분쇄 과정을 거치면서 PVC를 분리하여 재료를 얻을 수 있으나 섬유질은 재활용방법을 찾지 못해 분리과정에서 PVC와 혼합된 섬유질을 소각 및 매립처리 함으로써 다이옥신 등의 2차 환경오염을 유발하고 있다.

환경부고시에서는 폐플라스틱을 이용하여 제조한 고행연료제품을 가연성폐기물(지정폐기물 및 감염성폐기물을 제외한다)을 선별·파쇄·건조·성형을 거쳐 일정량 이하의 수분을 함유한 고체상태의 연료로 제조한 것으로서 중량기준으로 폐플라스틱의 함량이 60%이상 함유된 것으로 규정하고 있어 자동차내장매트를 재활용하기 위해서는 섬유질을 완전 분리 후 원료 및 고행연료로 이용하는 방안이 강구되어야 한다⁶⁻⁷⁾.

본 연구에서는 자동차 내장매트의 PE 및 PVC 매트로부터 분리성능, 분리된 PE, PVC, 섬유분에

Corresponding Author : Seong-Ho Jang, Department of Environmental System Engineering, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea
Phone: +82-55-350-5435
E-mail: jangsh@pusan.ac.kr

대한 발열량 및 환경유해성 등을 시험하여 자동차 내장매트 부산물의 재활용을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

실험에 이용된 장치는 Fig. 1에서 보는 바와 같이. PVC와 폴리에스테르 섬유수지로 된 자동차 패드매트를 절단기를 이용하여 20mm크기로 절단한 후 이를 콘베이어를 이용하여 1차분쇄기에 투입하여 길이 10mm범위로 분쇄하고 얻어진 분쇄물을 팬을 이용하여 사이클론식으로 비중차에 의해 분리한다.

1차분리기 내에서 강제분사시켜 비중이 가벼운 폴리에스테르와 같은 섬유질은 위로 상승하여 스크류식 이송로를 통해 섬유질 수집통내로 보내지고 비중이 무거운 PVC등의 입자는 밑으로 낙하하여 좌우로 설치된 2차분쇄기에 투입되어 길이 5 mm범위의 분쇄물이 된 상태에서 팬에 의해 2차분리기내에 분사된다.

이때 비중이 무거운 PVC등의 조입자는 여과망을 통과한 후 팬에 의해 3차 분리기내에 투입되어 팬에 의해 다시 분사되며 이때 비중이 가벼운 폴리에스테르섬유는 부상하여 섬유질 수집통내로 모이게 되고 비중이 무거운 PVC등의 입자는 PVC재료 수집통내로 수집되어진다.

이후 압출기에 의해 압출된 압출물은 농수로 개설용 상수관의 성형 소재로 또는 신발밑창이나 매트, 시트 등의 성형소재로 재활용이 가능하고, 섬유소 또한 열압출에 의해 제조되어 높은 밀도를 가지게 하여 시멘트 고로의 보조연료로서 사용가능하다.

2. 실험방법

2.1. 분리성능 및 재질확인

본 연구에서는 H자동차에서 자동차의 매트로 생산하는 과정에서 발생한 스크래퍼(자투리) 중 PVC

매트 및 PE매트를 각각 100kg씩 시료로 하여 단순 사이클론 및 중력침강식 분류기를 이용하여 분말과 섬유상으로 분리하였다.

재질확인시험은 푸리에변화적외선분광광도계(FT-IR)(EQ-55, Bruker, 독일) 및 열중량분석기(TGA)(SDT 2690, TA, 미국)를 이용하여 주성분을 정성 분석하였다.

FT-IR은 유기물, 무기물 중 공유결합을 갖는 모든 화합물은 적외선 영역에서 결합 에너지에 해당하는 진동수(파수)의 전자파를 흡수한다. 따라서 시료에 일반적으로 $4000\sim 400\text{cm}^{-1}$ 영역의 적외선을 조사하여 각 물질내의 결합에너지에 의한 고유 스펙트럼(Spectrum)을 나타내고, 그 스펙트럼을 해석함으로써 미지물질의 정성, 정량 분석을 행한다. FT-IR의 전처리에는 열분해법을 사용하였다.

TGA는 일정한 속도로 온도를 변화시켰을 때 시료의 무게변화를 측정하는 것으로 고감도의 저울을 사용하여 시료의 온도에 따른 중량변화를 측정하여 가열시 분해성, 반응성과 잔존량 등의 결과를 얻을 수 있다.

2.2. 발열량시험

발열량은 가연성분의 소각시 중요한 운전인자로서 발열량분석기(LC-300, LECO, 미국)를 사용하여 분석하였다. 발열량분석은 BOMB속에 시료와 조연제인 산소를 혼합하여 연소시키고 이때 측정전의 온도와 측정후의 온도차이에 대한 산술값을 자동으로 계산한다.

2.3. 원소분석

원소분석은 원소분석기(EA-1120, CE, 이탈리아)를 이용해 분석하였다. 원소분석은 시료를 고온에서 연소시켜 각종 원소를 함유한 가스로 분해하고 이들 가스의 열전도도를 측정하여 질소, 탄소, 수소, 황, 산소의 함량을 분석하는 기기이다. 이 분석결과는 주로 소각로 설계시 중요한 자료가 되며, 또한 화합물의 분자식을 결정하는데 기초 자료가 된다.

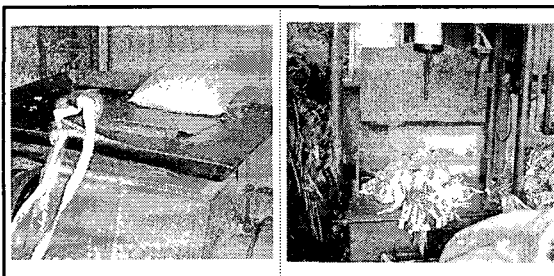
2.4. 유해중금속분석

분리된 분말 및 섬유분에 대해 유해중금속 시험을 하였으며, 시험은 유도결합플라즈마발광 분광분석기를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분리성능 및 재질확인

자동차의 매트자투리 중 PVC매트 및 PE매트를 각각 100 kg을 시료로 준비하였다. 시료를 원료투입구에 투입하고 발생하는 섬유상 및 분말을 모아 무게를 칭량한 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1에 의하면 PVC 매트의 경우 투입량 100kg 중



(a) Cutting machine

(b) Crusher

Fig. 1. Schematic Diagram of Experimental Equipment.

Table 1. Estimation of separation efficiency

Item	Input (kg)	Powder (kg)	Fiber (kg)	Loss (kg)
PVC Mat	100.0 (100.0)	78.6 (78.6%)	18.6 (18.6%)	2.8 (2.8%)
PE Mat	100.0 (100.0)	23.3 (23.3%)	71.9 (71.9%)	4.8 (4.8%)

분말이 78.6kg으로 78.6%, 섬유분이 18.6% 그리고 손실량이 2.8%인 것으로 나타났으며, PE 매트와는 상이한 결과를 보이는 것으로 조사되었다.

분리된 시료를 대상으로 재질확인 실험을 실시하였으며, 재질확인인 FT-IR 및 열중량분석기(TGA)를 이용하였으며; 재질확인시험결과를 Fig. 2~5에 나타내었다.

PE 매트와 PE분 분석결과 주성분은 PE로 조사되었으며, PE 매트와 PE분 분석결과 주성분은 폴리에스테르수지로 조사되었다.

그리고 PVC 매트와 분석결과 주성분은 PVC로 조사되었으며, PVC 매트와 분석결과 주성분은 PE 매트와 PE분 결과와 같이 폴리에스테르수지로 조사되어 폐자동차의 매트는 분리하여 재활용 가능성이 충분 한 것으로 조사되었다.

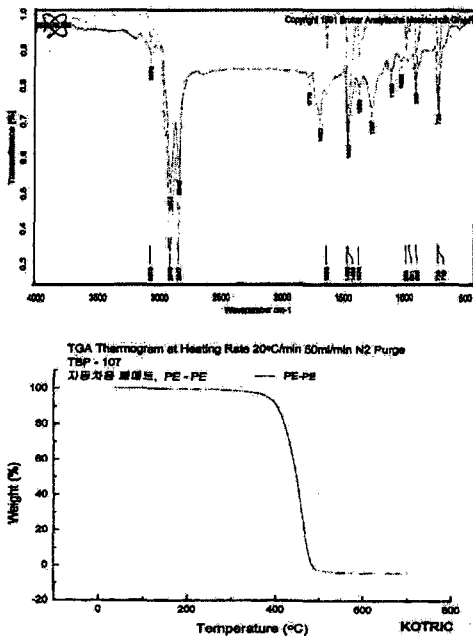


Fig. 2. FT-IR & TGA analysis results of waste PE mat(PE powder).

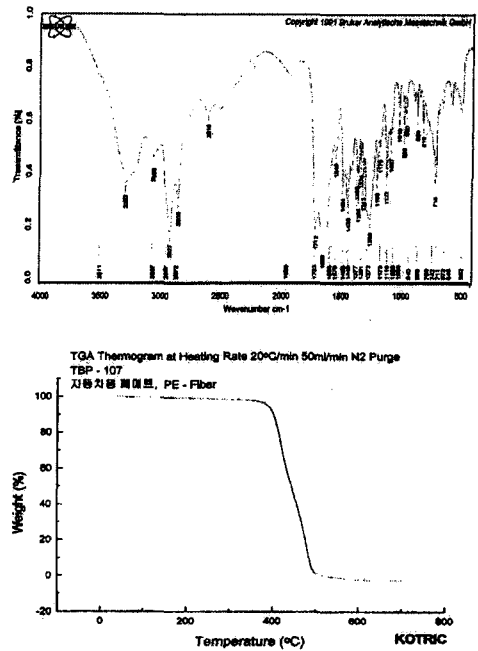


Fig. 3. FT-IR & TGA analysis results of waste PE mat(fiber).

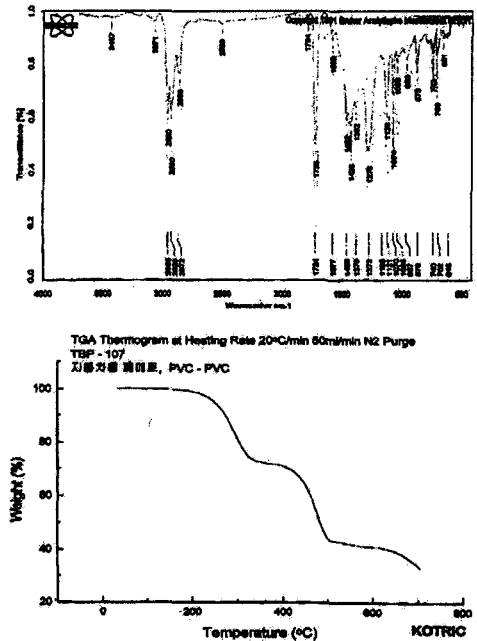


Fig. 4. FT-IR & TGA analysis results of waste PVC mat(PVC powder).

3.2. 발열량

분리된 시료에 대하여 발열량을 조사하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2에 의하면 발

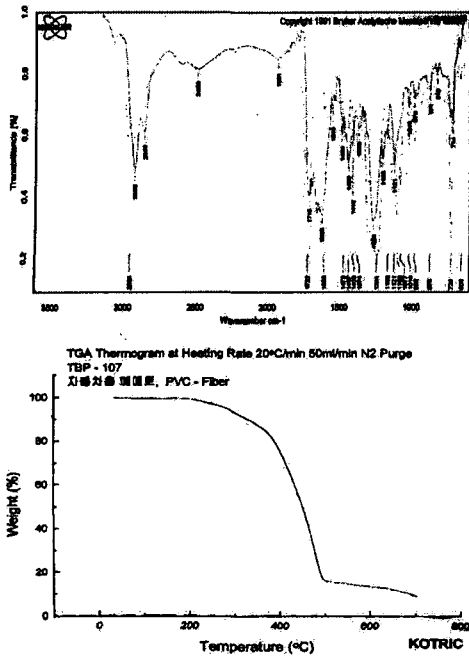


Fig. 5. FT-IR & TGA analysis results of waste PVC mat(fiber).

Table 2. Comparison of heating value analysis results

Item	Heating value(kcal/kg)
PVC Mat	3,874.6
Powder of PVC Mat	3,051.1
Fiber of PVC Mat	7,596.7
PE Mat	9,016.1
Powder of PE Mat	10,203
Fiber of PE Mat	8,762.2

열량은 PVC 매트와 섬유는 각각 3,874 kcal/kg와 7,596.7 kcal/kg의 발열량을 가지는 것으로 조사되었으며, PVC 매트와 섬유의 발열량은 각각 3,051.1 kcal/kg, PVC 매트와 섬유의 발열량은 7,596.7 kcal/kg로 조사되었다.

PE 매트와 섬유는 각각 9,016.1 kcal/kg와 8,762.2 kcal/kg의 발열량을 가지는 것으로 조사되었으며, PE 매트와 섬유의 발열량은 각각 10,203 kcal/kg, PE 매트와 섬유의 발열량은 8,762.2 kcal/kg로 조사되어 PVC 매트와 섬유에 비해서 발열량이 다소 높게 나타나 PE, PVC분은 재생하고 섬유분은 압축하여 처리할 경우 환경부고시 제2003-127호의 “폐플라스틱 고형연료제품의 품질기준·사용처 등에 관한 기준”에서 제시된 발열량 6,000kcal/kg을 만족하는 것으로 나타나 상업적으로 연료로 사용될 수 있는 것으로 판단된다⁷⁾.

3.3. 원소분석

분리된 시료에 대하여 화학적 성분분석을 위하여 질소(N), 탄소(C), 수소(H), 황(S), 산소(O)에 대하여 원소분석을 실시하였으며, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3에 의하면 PVC 매트와 섬유의 PVC분은 탄소(33.24%)와 산소(21.03%)가 주성분이며, 염소가 약 40%정도 차지하는 것으로 보이며, PVC 매트와 섬유의 염소분의 경우에는 탄소가 73.62%로 가장 높게 나타났으며, 수소와 산소가 각각 10.85%와 10.28%로 조사되었다.

PE 매트와 섬유의 경우 PE분은 탄소가 83.51%로 주성분이며, 수소와 산소가 각각 10.25%와 6.04%로 조사되었으며, PE 매트와 섬유의 염소분의 경우에는 탄소가 75.40%로 가장 높게 나타났으며, 수소와 산소가 각각 11.25%와 9.12%로 조사되어 매트와 섬유의 염소분의 주성분이 C, H, O으로 고형화하여 연료로 이용시 사용가치가 높을 것으로 판단된다.

3.4. 중금속분석

각 시료에 대하여 재활용시 중금속에 의한 환경의 영향을 조사하기 위하여 납 및 카드뮴에 대하여 중금속함량을 조사하여 Table 4에 나타내었다.

PVC분에서는 납 및 카드뮴이 각각 98.9, 19.8 mg/kg이 검출되었으며 섬유분에서는 15.7, 6.1mg/kg이 검출되었다. PE분에서는 납 및 카드뮴이 각각 60.2, 2.6 mg/kg이 검출되었으며, 섬유분에서는 11.4, 0.31 mg/kg이 검출되었다.

그리고 PVC 및 PE 매트와 섬유의 염소분에서는 납이 11.4, 15.7mg/kg, 카드뮴이 0.3, 6.1mg/kg이 검출되어

Table 3. Analysis results of element

Item	N	C	H	S	O	Sum
Powder of PVC Mat	0.00	33.24	3.67	0.06	21.03	58.01
Fiber of PVC Mat	1.17	73.62	10.85	0.05	10.28	95.97
Powder of PE Mat	0.00	85.51	10.25	0.02	6.04	99.82
Fiber of PE Mat	2.37	75.40	11.25	0.03	9.12	98.17

Table 4. Analysis results of heavy metal

Item	Pb(mg/kg)	Cd(mg/kg)
Powder of PVC Mat	98.9	19.8
Fiber of PVC Mat	15.7	6.1
Powder of PE Mat	60.2	2.6
Fiber of PE Mat	11.4	0.3

일반적인 식품포장용기에서의 납 및 카드뮴 기준이 100 mg/kg인 것으로 간주할 때 매우 낮은 중금속을 가지는 것으로 나타나, 재활용시 환경에 대한 중금속의 영향은 미미할 것으로 판단된다⁸⁾.

4. 결 론

자동차의 PE 및 PVC 매트를 분리하여 분리된 섬유소를 열중합하여 연료로서 사용하는데 대한 기초자료를 제공하고자 분리성능, 분리된 PE, PVC, 섬유분에 대한 발열량 및 환경유해성 등을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 폐자동차 매트를 분리한 결과, PE매트와 PVC 매트의 섬유분이 각각 71.9%, 18.6%를 차지하고 있는 것으로 조사되어 섬유분의 재생연료로의 사용가능성이 있는 것으로 조사되었다.

2) PVC 매트와 PE 매트의 발열량은 각각의 경우 3,874 kcal/kg, 10,203 kcal/kg으로 조사되었으며, 섬유분은 압출하여 처리할 경우 높은 발열량(8,752 kcal/kg)을 가지는 것으로 나타나 상업적으로 연료로 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

3) 원소분석결과 PVC 매트는 탄소와 산소가 주 성분이며, PE 섬유분의 주성분은 탄소이며, 수소와 산소순으로 존재한다. 폐섬유질은 C, H, O가 주성분이므로 발열량도 높아 고형화 연료로서 사용가치가

높은 것으로 조사되었다.

4) PVC분에서는 납 및 카드뮴이 98.9, 19.8 mg/kg 검출되었으나 섬유분에서는 15.7, 6.1mg/kg이 검출되어 재활용시 환경에 대한 중금속의 영향이 낮을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) www.kama.or.kr.
- 2) 하영진, 권영철, 1994, 자동차관련 폐기물 발생 및 재활용기술 분석, 한국폐기물학회지, 11(2), 273-286.
- 3) 이용운, 1996, 폐차현황 및 중고부품 리사이클링 확대 방안, 월간폐기물, 4(42), 40-47.
- 4) 옥성현, 1998, 자동차부품의 리사이클링 현황, 월간폐기물, 6(65), 52-67.
- 5) 임양수, 1996, 자동차부품의 리사이클링 현황, 월간폐기물, 4(42), 64-81.
- 6) 이강철, 2001, 폐기물 재활용 기술현황과 실현과제, 프론티어 연구사업 제1회 재활용 심포지움, 51-65.
- 7) 환경부, 환경부고시 제2003-127호, 폐플라스틱 고형연료제품의 품질기준·사용처 등에 관한 기준.
- 8) www.kfda.go.kr, 식품공전, 제6 기구 및 용기포장의 기준규격.