

# 폐자동차에서 발생하는 ASR의 발생현황 및 특성

정현태, 서용철, 홍존희\*, 유태욱\*

연세대학교 환경공학과, 현대·기아 연구개발본부 환경기술개발팀

## Management status and characteristics of end-of-life vehicles of automobile shredder residues

Hyun-Tae Joung, Yong-Chil Seo, John-Hee Hong<sup>\*</sup>, Tae-Wook Yoo<sup>\*</sup>

Department of Environment Engineering, Yonsei University

<sup>\*</sup>Research & Development Division for Hyundai Motor Company & Kia Motors Corporation

### 1. 서론

폐기물처리문제가 날로 심각해지고 자원고갈에 대한 위기의식이 높아짐에 따라 폐차의 자원화 및 리사이클링 촉진의 필요성이 대두되고 있다.

특히 1980년대 후반부터 유럽지역에서는 폐기물 발생량 증가에 따른 매립, 소각 등 처리비용이 급증하고 환경오염 피해가 확산되고 있다. 현재 유럽지역을 중심으로 자동차분야에서 진행되고 있는 환경문제는 석유자원 고갈을 대비한 연비향상, 지구 온난화 주범인 이산화탄소와 오존층 파괴물질인 질소산화물 등 배출가스의 청정화, 황과 벤젠 등 연료 내 유해물질의 함량규제, 자원 고갈을 방지하기 위한 폐자동차의 리사이클링 등이 있다.

위와 같은 환경문제 중 폐차의 리사이클링은 차량의 보유율은 높고 국토가 좁은 유럽 및 일본에서 규제가 시작되었다. EU에서는 2000년10월 폐차처리 및 수거 시스템을 마련하고 재활용 목표치를 연차적 추진하여 최종 목표를 95%로 하는 폐차처리 지침을 발효시켰다.(3)

한국은 2001년 세계 5대 생산국으로서 295만대를 생산하여 그중 150만대를 수출하였다. 현재 자동차의 보유 대수는 약 1,400만여대이며, 사용종료자동차(End-of-Life Vehicles)는 연간 약 50만대가 발생한다. 그중 8만 여대가 중고차로서 수출되고 나머지 42만 여대가 해체 리사이클 대상이다(4,5). 폐차는 해체업자에게 인도되어 유용부품을 회수한 후, 슈레더 공장으로 옮겨진다. 이렇게 옮겨진 차량을 Press Body라고 하고, 철, 비철금속등 유가금속을 회수하고 남은 잔재물을 Automobile Shredder Residue(이하 ASR) 또는 Shredder Dust(이하 SD)라고 한다. 이 ASR은 현재 일부 소각처리에 의한 감량화과정을 거쳐서 매립되지만 대부분은 단순 매립되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 사용 종료 승용차를 대상으로 폐차되어 폐차장에 이송된 차량을 배기량별로 구분하여 슈레더업체로 이송하여 Press Body를 파쇄하여 각 물질의 회수율 및 공정별 발생하는 Automobile Shredder Residue(ASR)의 특성을 평가하여, ASR 발생 최소화를 통한 재활용율의 높일 수 있는 방안과 추후 예상되는 감량 목표에 맞출 수 있는 기술 개발에 도움을 주고자 한다.

## 2. 연구대상 및 실험방법

본 연구에서는 폐차장에서 폐자동차를 배기량 1500cc을 기준으로 분리하여 1500cc이하(A), 1500cc이상(B)로 나누어, Shredder업체로 이동하여, 각 배기량별 폐 승용차를 Shredding 하여 각 공정별 발생하는 금속류, 비금속류와 최종 배출되는 Fluff를 분리 계근 하였다. Light Fluff, Heavy Fluff 및 토사류의 입도분석 및 재질별 구성비율을 조사 및 각 재질별 공업분석 및 발열량 등을 분석하였다. 혼합 폐자동차(C)를 Light Fluff, Heavy Fluff 및 토사류로 시료채취하고 A, B와 동일하게 실험하여 비교하였다.

연구에 이용한 Shredder업체의 처리능력은 최대 12,000Ton/월이고, 처리 계통도는 Fig. 1과 같다.

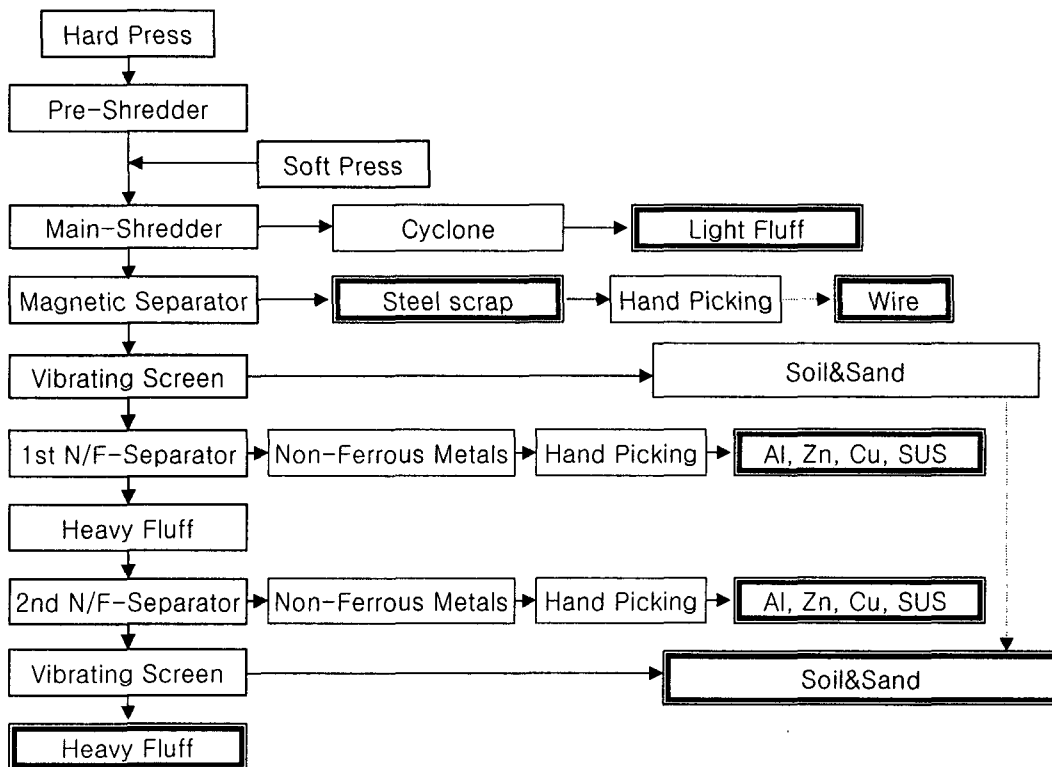


Fig. 1 Flow sheet of industrial shredding line used in the work

## 3. 결과

### 3.1 ASR의 발생비율

우리나라의 폐자동차 처리 시스템 및 대책을 수립하기 위해 폐차장 및 슈래더업체를 선정하여 승용차를 중심으로 재활용을 산출하였다. 폐자동차 처리 시스템 공정에 따른 분배 특성은 Fig. 2과 같이 나타났다.

현재 우리나라 A형 및 B형의 신차 무게의 평균은 각각 969, 1,231kg으로 그중 폐차장에서 엔진, Oil, 타이어등 재활용 가능한 부품과 제거해야할 부품을 제거하고 압축을 한다. 압축형태에 따라서 Hard Press와 Soft Press로 나누는데 우리나라에서는 Soft Press가 대부분이다. 실험에 사용한 처리시설을 이용하여 처리한 결과 압축한 폐차의 평균무게는 신차무게의 42-46%가 감소된 A형은 557kg, B형은 668kg이었다. 신차기준으로 light fluff 12.5-13.1%, heavy fluff는 2.6-1.6%, soil/sand는 2.1-2.4%로 나타났다.

샘플로 사용한 A형과 B형의 Press Body에서 Fe는 69.26, 68.31%로 회수율을 보였다. 비철 금속은 1.27, 1.45, ASR 발생량은 29.47, 30.24%로 중/소형 구분 없이 일정한 것으로 나타났으며, Fluff에 포함되어진 금속과 전선류를 완전 선별하였을 경우 Fe는 69.73, 68.55%이고, 비철금속은 2.42, 2.93%로 Fluff는 27.85, 28.52%로 금속이 약간 증가한 것을 볼 수 있으나, Fluff는 이 공정에서 금속을 추가 선별하는 것은 경제성이 없는 것으로 판단되며, Fluff를 열적 처리 후 잔류금속을 회수하는 기술을 개발하는 것이 타당하다고 판단된다.

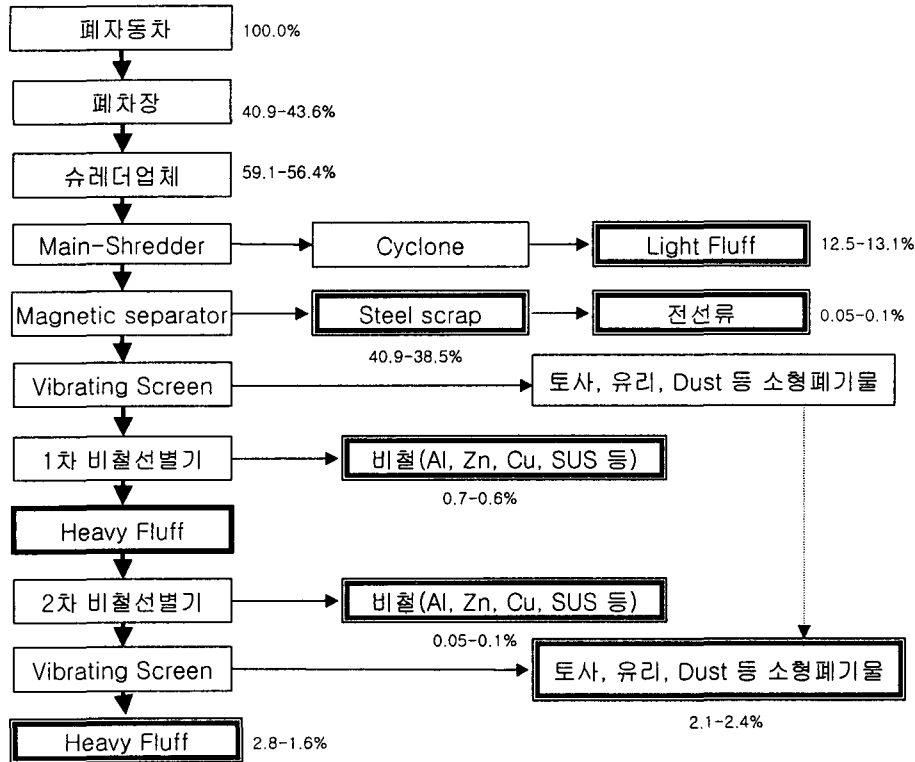


Fig. 2 Flow diagram and distribution rate of treatment process

Press Body 중에는 재자원하기 쉬운 금속의 비율이 약 69-72%이고 재자원하기 어려운 플라스틱, Rubber, Glass, soil/sand류, 기타가 각각 6-7, 2, 3-5, 3-5, 2-3%이다. 자동차의 평균 플라스틱 재료별 구성비는 PP, PUR, PVC, ABS가 대부분(66%)을 차지하며, 세분화하면 범용수지인 PP, PE, PUR, PVC, ABS등이 있고, 엔지니어링 플라스틱으로는 PA, POM, PC, PMMA등이 있다. 현재 플라스틱은 종류의 다양성으로 재활용의 어려움, 분리기술의 미흡, 낮은 경제성에 의해 재활용이 거의 이루어지지 않고 매립되고 있다.

### 3.2 ASR 발생비율

ASR은 슈레더 공정 중 발생하는 폐기물을 말하며 Cyclone에서 발생하는 Light Fluff, 비철선별 후 최종적으로 발생하는 Heavy Fluff, Vibrating Screen에서 발생하는 토사류 등으로 나눈다. 이를 각각 금속, 고무, 섬유, 스폰지, 플라스틱, 목재, 종이, 토사류 및 기타로 분류된다. Light Fluff는 ASR의 약 75%로 대부분을 차지하고 있으며, 섬유류, 플라스틱류가 약 60%를 차지하고 있다. Heavy Fluff는 ASR의 약 10%를 차지하고 그중 고무류와 플라스틱류가 약 70%로 대부분이었다. 토사류는 플라스틱류와 기타 그리고 유리류를 약 70% 함유하고 있었으며, 여기서 기타로 분류된 항목은 5mm이하여서 수선별이 곤란하였으며,

70-80%가 플라스틱이었다. 이를 살펴보면, 플라스틱류는 약 20%로 소형, 중형이 비슷하였고, 섬유류는 A형, B형은 약 30%로 혼합 폐자동차의 약 24% 보다 높았으며, 토사류는 약 9-17%로 A형이 B형보다 약간 높았다. ASR 성상에서 특이 할 사항은 신차에 포함되지 않은 목재라든지 종이류, 토사류가 약 3-7%로 나타났다.

### 3.3 ASR의 특성

ASR의 수분함량은 1%내외였으며, 강열감량은 Light Fluff가 63-83%이고, Heavy Fluff는 66-76%로 나타났다.

Light 및 Heavy Fluff는 가연성 성분인 스펀지, 고무, 플라스틱류가 대부분을 차지하고 있었으며, 토사류의 강열감량은 약 50%로 나타났다. 겉보기 비중( $\text{kg}/\text{m}^3$ )은 Light Fluff가 약 140-160, Heavy Fluff가 약 240-260, 토사류가 약 500-680으로 나타났다. 시료에 대한 겉보기 비중의 편차가 높은 이유는 시료의 함유된 성분이 불균질하기 때문인 것으로 판단된다.

ASR의 입도분석 결과는 Heavy Fluff의 경우 모두 9.5mm이상 이었다. 토사류의 경우 2-5mm에서는 70-80%가 유리였으며, 유리의 선별기술에서 스크린 선별기술도 생각해볼 수 있을 것이라 판단된다. 입경이 5-9.5mm 에서는 70-80%가 플라스틱을 포함하였다.

### 3.4 ASR의 열적특성

ASR을 항목별로 분류하여 발열량을 분석한 결과이다. 발열량은 토사류와 목재를 제외하고는 모두 4,000kcal/kg이상을 나타냈으며, 플라스틱은 9,086kcal/kg이었다. ASR은 높은 발열량을 가지고 있어 외부 열량 없이 자체 열량으로도 열적처리가 가능해 경제성이 높을 것으로 판단된다. 이의 처리 방법으로는 소각보다는 가스화 용융이나, 열분해 용융이 타당하다 사료되며, 이에 따른 기초시험이 필요하다 판단된다.

환원분위기에서의 TGA를 이용하여, 열적특성을 평가하였다. 자동차 폐기물의 가연성 물질은 대부분 플라스틱, 섬유, 고무, 스펀지 등이며, 이러한 물질들의 열적감량 실험결과는 표 5와 같고 물질에 따라 다르나 대부분 300-550°C구간에서 열적감량이 일어났으며, 고무 및 전선류등은 1단 이상의 열감량특성을 보여주었고, 반응지연현상이 발생하였다.

플라스틱은 대부분 폴리프로필렌, 폴리우레탄, 폴리염화비닐 등으로 구성되어 있으며, 플라스틱의 열적감량 온도는 400-550°C부근이었다.

950°C에서의 잔여량은 플라스틱의 경우 9.0%이하였으며, 가연분이 거의 없는 토사는 75.3%로 다른 항목에 비하여 잔여회분의 비가 높았다.

ASR의 열적감량을 살펴보기 위해 Light Fluff, Heavy Fluff, 토사류 등의 시료를 항목별 비율로 제조하여 혼합 ASR의 열적감량을 살펴보았다. 열적감량 온도범위는 310-560°C의 범위이고, 그때 잔여분의 회분은 26-56% 범위였으며, 최종 950°C에서의 잔여량은 17.7-54.5%로 토사류의 잔여분이 54.5%로 높게 나타났다.

Heavy Fluff의 경우 고무와 플라스틱의 함량이 높아 열적감량시 각 물질의 경계가 뚜렷한 다단의 열적감량 그래프를 보였다.

## 4. 결론

선진국의 ASR 관리를 통한 2015년까지 폐기물 발생률 5%미만의 목표는 국내 폐차장 및

ASR 관리 실태를 고려할 때 ASR의 적정처리 기술의 확보 및 이와 관련된 정책의 수립이 절대적으로 필요하다.

1. 우리나라의 폐자동차 처리 공정은 폐차장에서 42.4%, 슈레더업체에서 37.5%가 재활용되며, 나머지 17.1%가 ASR로 발생하였으며, ASR은 공정 상 Heavy Fluff, Light Fluff, 토사류 등으로 분류된다.
2. 국내 발생 ASR은 철금속 60~70%, 비철 금속 1.7~2.9%, ASR은 27~34%로 나타났다.
3. ASR(Light Fluff, Heavy Fluff, 토사류)에는 섬유(24~31%), 플라스틱(20~24%), 토사(9~17%), 스폰지(6~17%), 고무(6~8%), 전선(2~5%)의 순으로 구성되어 있다.
4. 폐자동차 중 Shredder 업체 입고 전 재활용이 약 40%이고 슈레더 공정에서의 재활용이 약 40%이므로 ASR은 약20%가 발생하였다.
5. SD 발열량은 5,800~8,300Kcal/kg로 소각 또는 가스화/용융 등의 기술적용이 가능하며, 재활용율 95%의 목표 달성을 위해서는 생산단계 시 최종 처리에 대한 고려, 해체 단계에서의 적극적인 물질회수 등이 1차적으로 실시되어야하며 슈레더 업체의 선별 효율의 극대화 및 분리 배출을 위한 선별 기술 도입 및 개발이 필요하다.  
또한, Shredder Fluff의 최종처리 방법으로는 소각보다는 친환경적인 가스화 용융이나, 열분해 용융기술을 개발하는 것이 타당하다 사료된다.

## References

1. 서용칠외 3 : "차르의 입경분포와 물질수지 및 가스분석을 이용한 폐차장 분쇄폐기물의 최적 열분해 온도 추정", 한국폐기물학회지 Vol. 16, No. 6, (1999)
2. BMW, : "BMW Environmental Report" 1997/98, (2000)
3. Japan Automobile Manufacturers Association, Strategy of recycling ELVs : JAMA Report, (1999)
4. EU, Directive of European parliament and of the council, : "2000/53/EC", (2000)
5. 현대자동차 : "친환경적인 ASR 처리를 위한 기초기술연구" (2002)
6. 서용칠, 김기현, 정현태, 남훈, 홍준희, 유태욱 : "폐자동차에서 발생하는 Shredder Dust의 최적처리방안 연구", 폐기물학회추계학술 발표, pp. 150-153 (2002)
7. 이화영, 오길종, 김성규 : "폐자동차 차폐파쇄잔류물의 조성에 대한 분석평가연구", 자원리사이클링학회지, v. 10, pp. 34-41 (2001)
8. 이화영, 오길종, 김성규 : "폐자동차 파쇄를 통한 주요구성물질의 분리 및 분석평가", 자원리사이클링학회지, v. 11, pp. 11-16 (2002)
9. Ki-Heon Kim, Hyun-tae Jung, Hoon Nam, Yong-Chil Seo, John Hee Hong, Tae-Wook Yoo and Bong-Soo Lim, "Management status of end-of-life vehicles and characteristics of automobile shredder residues in Korea", (2004)
10. Zoboli, R. : "Implications of environmental regulation on industrial innovation, the case of end-of-life vehicles", Recycling International, September, (1998)
11. Sauert TR, Schaub, M, Christ, F. and Ritter J. : "An ASR process for maximized recycling, reuse and recovery", The Proceeding of the 2001 Environmental Sustainability Conference & Exhibition, 2001-01-3757, (2001)