

현대자동차의 리사이클 기술개발 현황

Status of Development of Recycling Technology in Hyundai Motor Company

임양수 부장 (현대자동차 선행연구소 비금속재료연구팀장)

I. 서 론
II. 자동차 리사이클 현상
III. 국내외의 리사이클 관련 법규 동향
IV. 현대자동차 리사이클 관련활동 세부내용
V. 결 론

I. 서 론

국내의 자동차 보유대수도 이미 1000만대를 넘어 서고 있으며 자동차는 인간의 생활 및 산업활동을 유지하는데 필수품이 되고 있다. 이와 같이 자동차의 사용범위가 넓어짐에 따라 차량의 안전성, 신뢰성, 쾌적성 등 성능에 대한 요구도 다양화되어 가는 추세이다. 한편, 국제적으로 지구온난화 등 환경문제에 대한 관심이 높아지면서 모든 제품으로부터 발생하는 유해요소에 대한 규제 움직임이 활발히 진행되고 있으며 특히 자동차는 산업의 발전에 힘입어 등록대수의 폭발적인 증가와 함께 폐차대수가 점진적으로 증가함에 따라 지구 환경보존을 위한 주요 규제대상으로 관심이 집중되고 있다. 또한 자동차의 운행시 또는 폐기시에 발생하는 환경 유해성분이 지구환경에 상당한

영향을 미칠 것으로 예상됨에 따라 성능에 대한 요구 이외에 에너지/자원보존, 온난화/대기오염방지, 오존층 보호, 폐기물 삭감 등을 고려한 환경에의 적합성도 요구되고 있다. 국내의 경우를 보더라도, 자동차 배기가스 규제치가 선진국 수준으로 상향조정되었고 환경관련 각종 국제조약에 가입함으로써 각 자동차 업계의 기술개발을 유도하고 있다. 또한 구미지역의 선진국 특히 유럽지역 국가들은 폐차 리사이클 규정, 이산화탄소 배출기준 등 엄격한 환경규제를 자동차에 적용할 것으로 예상되고 있어 향후 이를 따르지 못할 경우 자동차 수출에 큰 타격을 줄 것으로 판단된다.

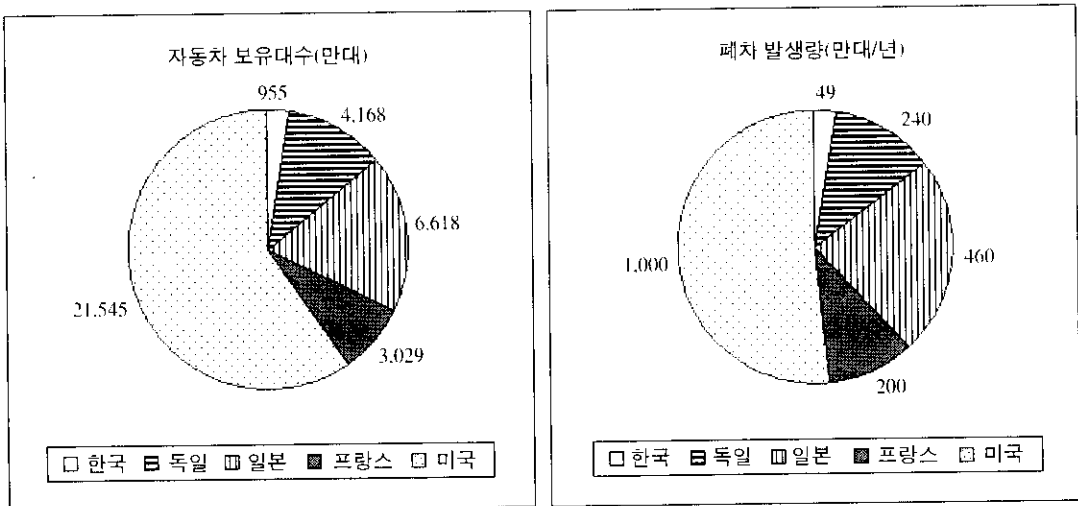
본 고에서는 여러 가지 환경주제 중에서 자동차 리사이클에 관련된 세계 각국의 관련 동향과 현대자동차의 리사이클 기술개발 현황에 대해 서술하고자 한다.

II. 자동차 리사이클 현상

1. 국내외 폐차 발생대수

전세계 자동차 등록대수를 살펴보면 1996년 기준으로 약 6억 5천만대이며 국가별로 보면 미국 2억 2천만대, 일본 6천6백만대, 독일 4천2백만대, 프랑스 3천만대 등이다(그림 1). 또한 폐차의 발생대수는 미국 1천만대, 일본 460만대, 독일 240만대, 프

〈그림 1〉 국가별 자동차 보유대수 및 폐차발생량(1996년)



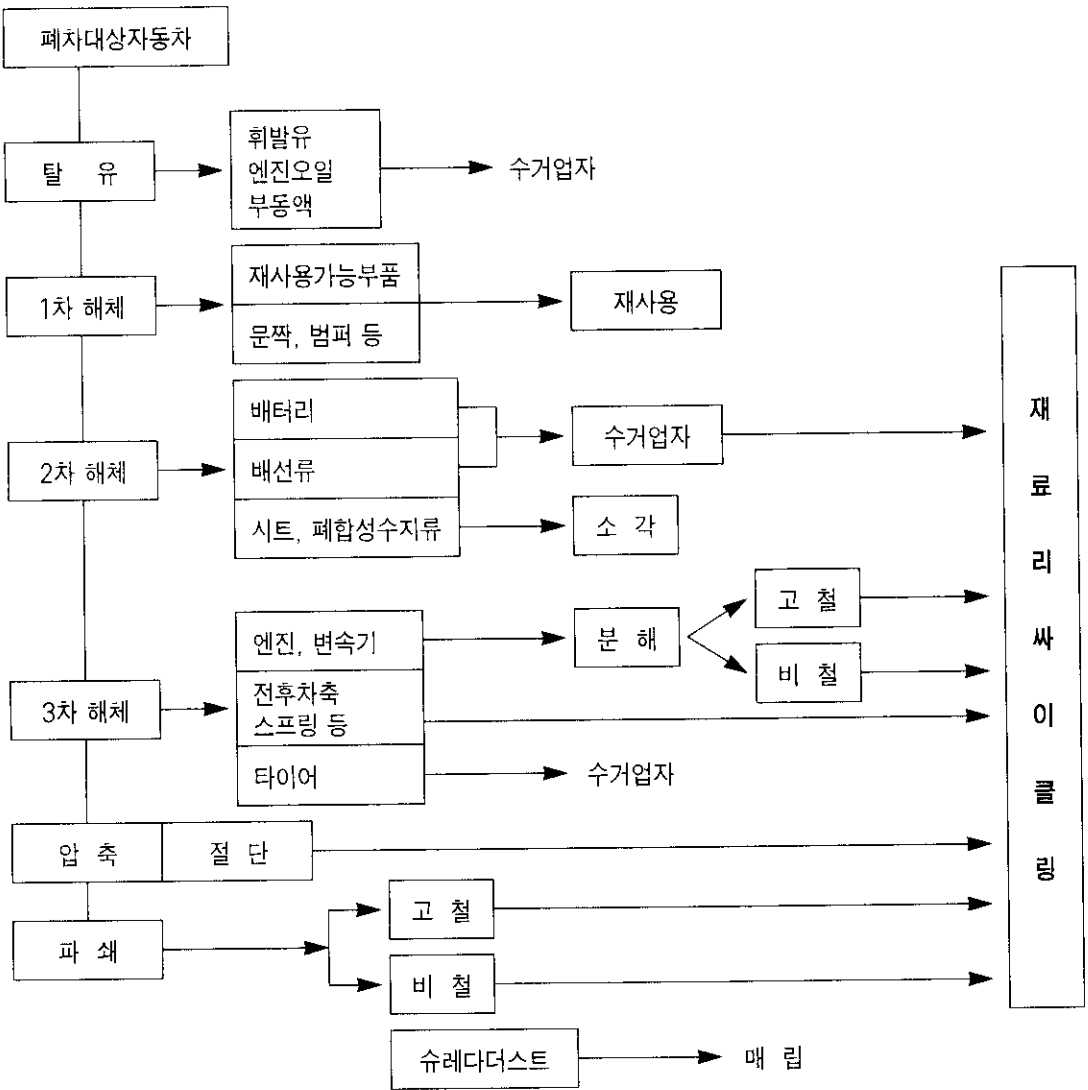
량스 200만대이다. 특히, 국내의 경우 1989년 이후 자동차 등록대수와 폐차발생대수가 급격한 증가추세를 보이고 있으며 2000년에는 자동차 등록대수가 약 1천3백만대 수준에 달할 것으로 전망되며, 국가별로 차이는 있지만 자동차 보유대수의 약 6%가 폐차로 발생한다고 가정하면 폐차발생대수가 2000년 약 76만대, 2005년 약 100만대, 2010년에는 약 124만대가 발생할 것으로 예측된다. 이와 같은 폐차대수의 증가는 폐차시 발생하는 ASR(Automotive Shredder Residues)의 증가를 의미한다. 이는 국토가 좁은 국내 또는 유럽지역국가의 경우, NIMBY 현상으로 인한 매립지 부족이 더욱 심각해져 이로 인한 쓰레기 처리비용의 과다상승, 불법처리에 의한 오염, 노상 불법 방치차량이 더욱 증가할 것으로 예상된다.

2. 자동차 폐차 처리 실태

폐차는 사용수명이 끝난 제품이기 때문에 경제적 부가가치가 낮고 또한 여러 가지 부품으로 이루어진 복잡한 제품인 관계로 재이용을 위한 사전처리가 필수적이고 대부분 수작업에 의존하기 때문에 처리비용이 높다. 또한 중고부품의 재이용도 제품주기가 짧아 극히 한정적인 범위 내에서만 사용할 수밖에 없는 단점이 있다. 현재 자동차의 최종 소유주로부터 폐차처리 의뢰된 폐차대상 자동차의 처리공정은 <그림 2>와 같다. 폐차는 전체 차량 중량의 75%정도가 평균적으로 재활용되고 있으며 복잡한 재료로 구성되어 있는 대형 내구소비재 중에서는 비교적 양호한 편이지만 대부분 철, 비철 금속이고 나머지 25%는 ASR로서 매립되고 있는 실정이다.

폐차에서 발생하는 쓰레기는 전체 쓰레기 발생량에 비해 많은 양이 아님에도 불구하고 각종 환경규제 대상이 되는 이유는 대부분의 ASR이 일반적으로 파쇄 되어 매립 처리되기 때문에 매립지 부족현상을 가중시킬 수 있고 또한 ASR에는 중금속, PCB(Poly Chlorinated Biphenyl), CFC, 유기물질 등 유해물질이 상당수 포함되어 있어 매립시 종종 토양이나 지하수를 오염시키고 있기 때문이다. 또한 기술적 진보로 인해 자동차의 전자부품의 채용이 증가하면서 납, 수은 등 중금속 및 DOP(Diethyl Phthalate, DEHP), 브롬계 난연제 등 환경호르몬의 사용이 많아져 향후 환경오염의 가능성은 점점 높아질 것으로 예상된다. 폐차에서 발생하는 ASR을 재료별로 살펴보면 그림 2와 같다. 플라스틱 재료의 경우, 전체 ASR중량의 27% 정도이지만 용적으

〈그림 2〉 폐차처리 공정



로 보면 약 53%에 해당된다. 따라서 향후 년도별 폐차 리사이클법규 목표치(2005년 85%, 2015년 95%) 달성을 위해 ASR의 감량화, 자원화를 효과적으로 추진키 위해서는 플라스틱 재료의 재질별 분별회수와 재활용 기술개발이 시급한 과제임을 알 수 있다.

〈그림 3〉 ASR의 재료구성

중량 %	플라스틱 27%	고무 7%	섬유, 직물 17%	기 타 49%
부피 %	플라스틱 53%		고무 4%	섬유, 직물 30%
			기 타 13%	

일반적으로 폐차처리는 중고부품의 회수 및 재판매, 폐차 Shredder 처리의 2가지로 크게 구분할 수 있다. 폐차처리를 위한 Infra는 국토가 좁은 일본이나 유럽지역 국가들이 비교적 잘 구성되어 있으며 독일의 경우, 약 3,000~4,000개의 업체가 폐차를 처리하고 있고, 국토가 넓은 미국의 경우도 약 10,000개 업체가 분포되어 있으며 대부분의 폐차업체에서 인터넷을 이용한 온-라인 시스템을 사용하여 효율적인 중고부품 재이용이 이루어지고 있다. 폐차의 경제적 가치가 낮아 중고부품의 판매로 폐차 처리시 발생하는 손실을 충당하고 있는 실정이다.

국내의 경우, 아직 경제적 가치를 가질 수 있는 폐차대수(약 100만대 이상)가 발생되지 않아 폐차처리를 위한 Infra가 잘 구축되어 있지 않다. 또한, 자동차 관리법으로 중고부품의 재사용을 제한하고 있어 국내 폐차업은 중고부품의 주요 공급원으로 인식되지 않고 단순히 폐차를 처리하는 기능을 주기능으로 하고 있어 규모의 채산성을 맞추지 못해 대부분의 업체가 매우 영세한 실정이다. 따라서 대부분의 업체가 산소절단기를 이용한 단순절단, 압축만이 행해지고 있고 Shredder를 이용한 재료의 선별이나 재가공을 하지 못하여 저급한 고철만을 생산하고 있다. 현재 국내 폐차업체 257개(99년 말 현재)중 불과 4개 업체에서만 고철가공시설을 보유하고 있을 뿐이다.(〈표 1〉 참조)

〈표 1〉 국가별 해체업자 및 Shredder 분포

국 가	폐차 해체 업체 수	Shredder 업자 수	비 고
미 국	약 10,000개사		
독 일	3,000~4,000개사	약 44개사	
일 본	약 5,000개사	약 150개사	
국 내	257개사	4개사	

최근에는 폐차로부터 발생하는 중고부품의 재활용 확대를 위하여 자동차관리법의 개정요구가 높아, 기존의 재활용 허용 부품을 대폭 확대하는 방향으로 법규가 개정되었다.

III. 국내외의 리사이클 관련 법규 동향

1. 독일의 리사이클 법규 동향

1996년 2월 독일자동차공업협회(VDA)는 자동차 관련 단체들과 공동으로 “환경친화적 폐자동차 재활용을 위한 자발적 참여”라는 자발적 협약을 맺게 되었고 1997년 6월 “폐차 재활용을 위한 법령”이 의결되어 1998년 4월부터 시행하게 되었다.

따라서 독일은 폐차 재활용에 대해 경제주체별 의무사항을 규정하는 강력한 법규를 시행중이며 폐차의 최종 매립폐기물에 대한 발생 감량 목표를 명확하게 제시하고 있다. 또한 동 법률에서는 1998년 4월부터 폐차처리 비용을 자동차메이커(또는 수입업자)에게 부담시키며 Shredding plant에서 최종 매립지로 가는 폐기물량 목표를

〈표 2〉 독일 폐차 리사이클법규 주요내용

구 분	의 무 사 항
적용 범위	9인승이하 승용, 승합차량
자동차 소유자	(1) 폐차증명 제도에 따라 폐차처리증명서 발급 후 무료 폐차 처리
자동차 제조업체	(1) 자사 폐차 회수 의무화 - 법 시행후 등록차량 : 12년 이내 폐기시 무상회수 (2) 폐차 회수/처리를 위한 폐차 회수시스템 구축 (3) 매 2년마다 재활용 실적 보고서 제출 (4) 해체/재활용을 위한 환경친화적인 폐차처리공정 개발 (5) 폐차의 최종 매립폐기물량 목표 - 2002년 : 15%, 2015년 : 5%
폐차 수집, 운송자	(1) 차량의 회수와 재생처리장으로의 운송 (2) 부품 해체 및 유류제거 등의 해체 및 사전처리 금지
재생처리자	(1) 배터리, 에어백 등 위험물질의 사전제거 (2) 유류 제거와 분리회수 : 엔진, T/M 등 (9개 부품) (3) 대형 플라스틱대물부품, 휠, 시트, 유리 등 재활용을 위한 해체
Shredder업자	(1) 매립 폐기물량의 감소 - 2002년 : 15%, 2015년 : 5%

2002년 15%, 2015년 5%로 규제하고 있다. 독일 폐차 리사이클 법규 주요내용은 표 2와 같다.

2. 스웨덴의 리사이클 법규 동향

1994년 9월 스웨덴 자동차제조·판매협회(BIL)를 중심으로 자동차업계는 환경친화적 자동차 재활용 시스템에 대한 기본안을 작성, 제시하였다. 이를 토대로 1995년 6월 스웨덴의 “환경재활용 위원회”는 폐차에 대한 생산자 책임 원칙을 강화시켜 자동차업계 및 관련업계의 참여와 EU 폐차재활용 법안을 반영한 제안서가 작성되었다. 이 제안서는 업계의 자발적 참여를 바탕으로 생산자 책임에 대한 법규화를 강조하고 있다. 또한 재활용 목표 달성을 위한 해체 요구조건 뿐만 아니라 모든 자동차 파쇄 작업에서 재활용에 대한 보고의무를 규정하고 있다. 동 법은 1998년 1월 1일부로 법이 확정, 시행되고 있으며 주요 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 스웨덴 폐차 리사이클법규 주요내용

적용범위	총 중량 3.5 ton이하 차량(승용차, 버스, 트럭)
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> (1) 폐차 무료회수(1997년 12월 31일 이후 등록 차량) (2) 폐차 무료회수를 위한 전국 Network 구축 (폐차인수에 관한 정보를 정부에 제공해야 함.) (3) Recovery율 보장 - 2002년 85% 이상, 2015년 95% 이상 (4) 폐차에 대한 정보제공(재질, 유해성분, 해체정보 등) - 1985년 이후 모델에 대해 해체정보 제공 - 1999년 12월 31일 이후 모델: EU제안에 따른 정보제공 (단, 1,000대 이하 판매모델은 제외) (5) 유해폐기물, 배터리: 관련법규에 의거하여 처리
Penalty	벌금형 부과
효력	1998년 1월 1일부

3. 유럽연합(EU)의 리사이클 법규 동향

유럽연합(EU)에서는 폐차의 회수나 재활용은 생산자책임 원칙에 따라 자동차업계의 책임이라는 “ELV(End-of-Life Vehicle, 폐차)의 환경친화적 처리에 관해 제안된

지침”을 1997년 7월 제정된 후 업계 및 환경단체의 의견을 수렴하여 개정작업을 진행 중에 있으며 2000년 초에 확정될 예정이다. 법규 내용을 살펴보면 모든 폐차를 대상으로 하며 연도별 리사이클 목표치를 설정, 달성하도록 유도하였고, 유해물질 규제에 대한 내용을 구체적으로 제시하였다. 또한 모든 회원국은 법규 확정후 12개월 이내에 폐차

〈표 4〉 유럽연합(EU) 폐차 리사이클법안 주요내용

구 분	주 요 내 용				
적용범위	<ul style="list-style-type: none"> • 9인승 이하 승용 · 승합차량 및 3.5 ton이하 트럭 및 이륜, 삼륜 차량 • 상기 차량의 Spare/교환부품 				
리사이클링 목표치	대상차량	1980 이전 생산차량	2006.1.1까지 모든 폐차	2015. 1.1까지 모든 폐차	개정 3년후 출시차량
	Reuse & Recycling	70%이상	최소 80%	최소 85%	최소 85%
	Reuse & Recovery	75%이상	최소 85%	최소 95%	최소 95%
사전처리	<ul style="list-style-type: none"> • Air Bag 등 위험부품을 강제 폭발시켜 사전처리 • 부동액, 컴프레셔오일, 수은 등 모든 유해성 물질 제거 • 부품의 제거/저장 : 승인된 절차에 의해 진행 (Reuse > Recovery 순서로 진행) 				
유해물질 규제	(법규 발효후 18개월 이후 출시차량)				
	<ul style="list-style-type: none"> • 카드뮴 : 전면사용금지(교환/대체부품포함) • 납, 수은, 6가 크롬 : 하기의 범위 내에서 적용 				
	구 분		사용분야 최대 허용한계치		
	납	합금성분	<ul style="list-style-type: none"> - 철강내 납 함량 최대 0.3% 함유 - 알루미늄내 납 함량 최대 0.4% 함유 - Window Lever, Wheel Rim 최대 4% 함유 - 구리합금 최대 4% 함유 		
		금속성분	- 연료 Tank내의 Coating, 배터리용 납		
		비금속성분	- 보호용 Paint coating 및 플라스틱의 안정제		
수 은	- 수은등 전구				
6가 크롬	- 대당 최대 2g의 다양한 부품표면의 내식성 Coating				
<ul style="list-style-type: none"> • 매년마다 EU절차에 따라 대상부품 감소 					
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> • 재질표기 : 법규 공표후 12개월 이내 • 해체정보 : 차량 출시후 6개월 이내 • 폐차 회수 : - 2001.1.1이후 출시차량 : 2001. 1. 1.적용 - 2001.1.1이전 출시차량 : 2006. 1. 1.적용 • 재활용 실적보고 : 법효력 발생 3년후 9개월 이내 제출 				

- * Reuse : 해체된 부품을 같은 용도로 재사용 하는 것(예 : 중고부품)
- * Recycling : 부품을 분쇄 및 적절한 처리를 통해 재료로 재활용하는 것(예 : 재생재료)
- * Recovery : 재료 재활용 + 열에너지 회수

처리 자료 제공, 재질표기 시행, 해체정보 제공 등의 정보 공개를 의무화하였고 2001년부터는 공인된 처리장에서 폐차가 처리될 수 있도록 리사이클링 하부구조 (Infrastructure)를 구축해야 한다. 따라서 네덜란드 등 EU 각 회원국들도 EU 법안이 확정되는 대로 이 법안의 내용을 기본으로 하는 법률을 확정·시행할 것으로 예상하고 있다.

4. 일본의 리사이클 법규 동향

통산성 및 운수성이 통합고시한 자동차에 관한 시행방침에 의하면 설계단계에서부터 부품의 재활용을 고려토록 규정하고 있으나, 독일 법규와는 달리 현실을 고려하여 업계 자율적인 참여를 유도하는 권고성 규제를 하고 있다. 하지만 ASR이 유해한 물질을 용출시킬 가능성이 있음을 인식하고 폐차처리 과정에서 발생하는 폐기물의 유해물질을 감소시키기 위하여 폐차는 해체처리 이전에 오일류, 냉각수, 배터리, 타이어 등을 의무 제거하는 “사전 선별 가이드라인”을 1995년 발표하여 시행 중이다.

또한 독일이나 EU의 지침과 같은 정량적인 관리형 규제로 정책이 변화되어 1996년 4월부터 ASR을 일반 매립에서 관리형 매립대상으로 변경하여 시행하고 있고, 1997년 5월에는 신차와 폐차의 재활용율, 매립 처분량, 납 사용제한, 유해물질 사전 제거 등을 주요내용으로 하는 “폐자동차 처리지침”을 제정하였다. 주요내용은 <표 5>와 같다.

〈표 5〉 폐자동차 처리지침 주요내용

항목	2000년	2002년	2005년	2015년
신형차의 리사이클 가능율		2002년 이후 90%		
폐차의 리사이클율		2002년 이후 85%		2015년 이후 95% 이상
신형차의 납 사용량 (Battery 제외)	2000년까지 96년 대비 1/2이하		2005년까지 96년 대비 1/3이하	
SRS Air Bag Inflator	2000년까지 전개가 용이한 구조			
Shredder Dust의 매립 처분용적의 연간 총량		96년 대비 3/5이하		96년 대비 1/5이하

5. 미국의 리사이클 법규 동향

미국에서는 넓은 국토, 소각비용보다 저렴한 매립비용, 수 십년간 축적된 폐차경험과 잘 구축된 재활용 기반으로 인해 연간 1,000만대 정도의 폐차가 발생하지만 폐차 리사이클링에 대하여 유럽보다 심각하지 않은 관계로 폐차에 대한 법적 재활용 규제는 아직 이루어지지 않고 있다.

그러나 동부 해안지역, 오대호 주변지역, 혹은 서부 해안지구 등에서는 매립지가 한정되어 있어 EPA(미국 환경청)에 따르면 현재의 매립지 5,400개소는 몇 년 사이에 가득 찰 것으로 예상하고 있어 일본의 경우와 같이 ASR의 처리비는 상승할 가능성이 있다. 재활용 관련 법률로는 1976년에 제정된 “자원보존과 재활용법(RCRA)”과 1984년에 제정된 “유해 고형폐기물법(HSWA)”이 있지만, 폐자동차에 대한 직접적인 규제는 마련되어 있지 않다. 일부 주의 경우, 플라스틱 용기류에 재질 Marking을 의무화하고 있고 많은 주에서는 최근 2년 동안 차량 리사이클에 대한 법안들을 상정하고 있다. 특히, 최근에 와서는 Maine, Vermont, New-York주를 중심으로 유해물질의 하나인 수은에 대한 Labeling 규정을 제정하는 등 환경관련 법규 제정 움직임이 활발해지고 있다.

6. 국내 리사이클 법규 동향

1992년 12월 8일 국회에서 “자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률”이 확정되었고 이에 따라 '93. 6월에 시행령과 시행규칙이 확정되었다. 93. 12월에는 제1종 지정제품으로 지정된 자동차와 가전제품에 대한 세부시행지침(<표 6>)이 환경부와 통상산업부의 통합고시로서 확정·발표되었다. 동 시행령에 의하면 자동차는 1종 지정제품으로서 제품 제조시 부터 재활용을 고려하도록 되어있고 지정사업자의 범위는 연간 1만대 이상을 제조하는 전체 사업자로 규정하고 있다. 또한 시행규칙에서는 자동차의 설계시 재활용을 위한 구조 및 재질 개선에 대한 평가를 실시하도록 규정하고 그 평가대상을 기록, 유지할 것을 요구하고 있다. 그러나 시행지침에서 규제하는 각종 내용이 포괄적인 의미를 내포하고 있어서 각 자동차 메이커에서는 사전평가를 위한 대상품목 결정 등 세부내용을 추가로 결정해야 한다. 국내에서는 통일된 사전평가 항목 및 기준이 아직 설정되어 있지 않아서 각 사의 실정에 맞게 사전평가를 실시하고 있다.

금번 제정 공포된 자원재활용법(제정주관부처: 환경부)에서는 폐자동차 부품을 재활용할 수 있도록 설계시 구조를 개선하여 재활용을 촉진하도록 되어 있으나 기존의 자동차 관리법(제정주관부처: 교통부)에서는 일부 특정부품에 한해서만 재활용을 허용하는 등 아직은 법률 시행상의 어려움이 남아있다. 또한 국내 폐차처리 업체의 영세성과 재활용 시스템 및 재활용기술의 부족 등 국내 여건이 미흡하기 때문에 법규제정 취지를 충분히 살리기 어렵게 되어 있다. 국내 재활용법규의 주요내용은 <표 6>과 같다.

〈표 6〉 국내 자원재활용 법률의 시행지침 주요내용

항 목	주 요 내 용
구조 개선	1. 재활용이 가능한 부품에 대하여 조립이 용이한 구조로 개선할 것 2. 처리하는 경우에 해체가 용이한 구조로 개선할 것 3. 비금속 부품의 경우 재질별 분리, 회수가 가능한 구조로 개선할 것
재질 개선	1. 합성수지 부품의 재질종류를 단순화 할 것 2. 합성수지 부품의 재질명 또는 재질표시를 할 것 3. 처리시 환경위해가 큰 부품은 대체물질을 사용할 것
안전성배려	구조, 재질개선시 안전성, 내구성 등에 대한 기능을 고려할 것
재활용평가	1. 설계시 구조 및 재질개선 사항에 대해 평가할 것 2. 평가사항의 내용을 기록, 관리하며 매년 1월말까지 평가내용을 한국자동차공업협회장에게 제출할 것 3. 한국자동차공업협회장은 제출된 평가내용의 적정여부를 심의한 후 결과를 환경부, 산업자원부에 제출할 것

IV. 현대자동차 리사이클 관련활동 세부내용

1. 신차종 설계시 리사이클 기술반영

폐차의 재활용율을 향상시키기 위해서는 설계단계에서부터 해체가 용이한 구조를 반영하거나 재활용이 용이한 재질을 적용하는 등 리사이클을 고려한 설계를 하여야 한다. 현대자동차에서는 국내 최초로 93년 이후 발매된 전 차종에 설계단계부터 리사이클 개념을 도입하고 있다. 95년부터 발매한 준중형승용차의 경우, Bumper를 비롯한 35개 부품의 재질개선 및 구조개선을 실시하여 재질별 분리가 용이하거나 해체가 용이한 구조를 반영한 바 있으며 실제 부품의 구조나 재질을 개선하여 리사이클성을 향상시킨 예를 살펴보면 다음과 같다.

차량의 플라스틱 부품 중 가장 부피가 큰 Bumper의 경우, 장착에 필요한 조립개소를 13개에서 8개로 줄이는 구조개선 설계를 적용함으로써 재활용을 위한 부품 해체 시간을 약 40% 줄였다. 또한 에너지 흡수재로 사용하던 Polyurethane(이하 PU) foam을 열가소성 Polypropylene(이하 PP) foam으로 재질 변경하여 재료 재활용이 용이하도록 고려하였다. 또한 계기판넬(Instrument Panel, 이하 IN-PNL)의 경우, 재료간 상용성(Compatibility)이 전혀 없는 3가지 종류의 재료로 구성된 것을 열가소성 수지인 폴리프로필렌(이하 PP) 단일 재료로 사출·성형하여 적용함으로써 리사이클성을 향상시켰다. 그리고 최근에는 유해물질 사용에 대한 규제나 관심이 고조됨에 따라 자동차 부품에 사용되는 유해물질을 저감하는 방안도 적극 추진 중에 있다.

이처럼 실제 설계시 리사이클 개념을 도입하는 것 이외에도 설계자가 자신이 직접 설계한 부품을 미리 사전에 평가하도록 하여 리사이클성이 충분히 고려되도록 하고 있다. 이와 더불어 당팀에서는 종래의 리사이클성 사전평가를 좀더 체계적이고 객관적으로 수행할 수 있도록 하기 위해 리사이클 평가기준, 범위 등을 최적화하고 이를 프로그램화한 차량 리사이클성 평가 소프트웨어를 개발하여 현재 보완, 개선 작업 중에 있다. 이 소프트웨어는 부품 설계자가 프로그램에 관련 DATA를 입력하면 대상부품의 리사이클성 문제점을 지적하고 기본적인 해결책을 제시하는 프로그램으로써 향후 현대자동차 친환경설계(DfE)에 많은 도움을 줄 것으로 기대하고 있다.


앞에서 언급했었던 것 이외에도 신규 발매되는 차량에 대해서는 차량 총 중량 대비 리사이클 가능성을 산출하여 유럽지역과 같이 환경의식이 높은 국가에 대한 마케팅 자료로 활용하고 있으며 이 결과를 각 설계팀으로 Feedback하여 향후 후속차량 설계시 참고자료로 활용토록 하고 있다.

2. 재질 Marking

사용수명이 다한 폐품을 재활용하는데 가장 고부가가치가 있고 지구상의 부존자원을 보존하는데 가장 효과적인 방안은 바로 재료로 재활용하는 방법이다. 따라서 2만여 개의 부품과 수십 가지의 다양한 재료로 구성되어 있는 자동차의 경우, 재질별로 분리하여 재활용이 가능케 하는 보조수단이 필요한데 이것이 바로 부품의 재질 Marking이라 말할 수 있다. 즉 부품마다 재질을 표시함으로써 동종의 재질끼리 선

별, 회수함으로써 재료로서 재사용이 가능토록 한다. 현대자동차에서는 이미 자체 Marking 규격을 제정하여 92년 7월 이후 승용 전 차종, 1톤 트럭, 승합차 등에 재활용 가능성이 높은 100g 이상 플라스틱부품을 위주로 재질 Marking을 실시하고 있으며 2000년부터는 국내외 리사이클 법규에 적극 대응하기 위해 금속, 고무부품 등 거의 모든 부품으로 대상을 확대할 예정이다. <표 7>에는 현대자동차 재질 Marking 규격의 표시 예를 나타내었다.

〈표 7〉 현대자동차 재질 Marking 규격 예

구분	일반 플라스틱 부품	용기류
재질 표기방법	> PP <	 > PP <

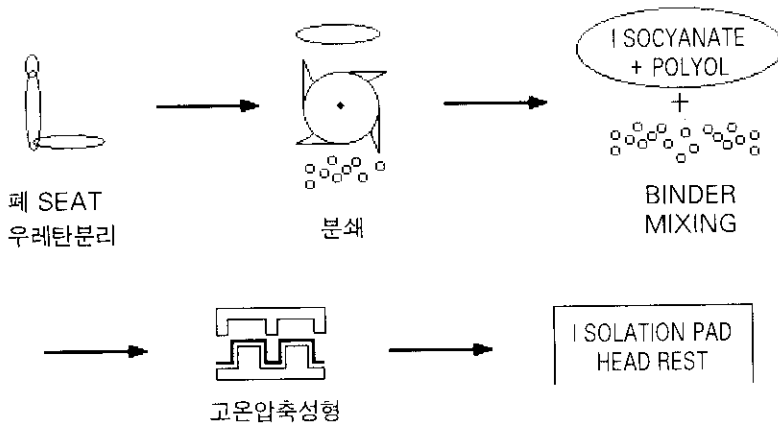
3. 폐부품의 재료 리사이클 기술개발

리사이클 방법에는 재이용(Reuse), 재료 리사이클(Material Recycle), 재자원화(Cheical Recycle) 그리고 연료화(열회수, Thermal Recycle)와 같은 4가지 방법이 있다. 현대자동차에서는 향후 폐차 처리시 발생될 Shredder Dust의 주성분인 플라스틱 부품의 재활용을 위해 92년 이후 차량내 재활용 대상부품을 선정하고 각 부품별 재활용 기술개발을 진행 중에 있다. 특히 부품의 제조 공정시 불량품의 발생이 많거나 부피가 큰 대물(大物)부품에 대해서는 다시 동종의 재료로 리사이클하는 고부가가치의 기술개발에 힘쓰고 있으며 2종류 이상의 재질로 구성된 복합 또는 적층(Laminated) 부품의 경우에는 컴파운딩 기술을 이용하여 저가격의 자동차용 재료로 다시 사용할 수 있도록 재생재료 블렌딩 기술개발에 주력하고 있다. 그리고 엔진오일, 부동액과 같은 액상재료에 대해서는 무교환 또는 장수명화를 통하여 액상류 교환에 따른 환경오염을 최소화할 수 있도록 하고 있다. 이와 같은 친환경 기술개발로 실제 개발 또는 기술이 확보되어 이미 적용되고 있는 예는 다음과 같다.

1) 폐 Seat Foam

자동차용 Seat Foam재료로 가장 널리 사용되고 있는 것은 PU Foam으로써 탄성, 내구성, 성형성 등이 뛰어나 현대자동차 전 차종에 적용되고 있다. 통상 자동차 구성 재료 중 PU Foam이 차지하고 있는 중량은 약 20kg으로써 이중 Seat Foam재료로 사용되는 PU Foam은 약 14kg을 차지하고 있다. 또한 Foam 재료는 실제 중량 대비 부피가 커서 폐기시 운반비용이 많아 들고 또한 열경화성 수지인 점을 감안할 때 재료 재생이 곤란하여 매립에 의존할 수밖에 없는 재료이다. 따라서 현대자동차에서는 폐차 처리시 발생하는 폐 Seat Foam의 재활용을 위해 다음과 같은 재활용 기술을 개발하였다. 그림 4는 폐 Seat Foam의 재활용 공정도를 나타낸 것으로서 개략적인 공정은 다음과 같다.

〈그림 4〉 폐 Seat Foam의 재료 재활용 공정도



우선 폐 Seat Foam을 1~5mm로 잘게 분쇄한 후 Polyol, 접착제 등의 첨가제를 혼합한 후 190~210℃의 온도에서 가열·가압성형하여 Chip-Mold 형태의 재료로 성형하는 방법으로써 단열, 흡차음 재료로 사용 가능하다.

실제로 현대자동차는 이 기술을 이용하여 폐 Seat Foam을 재활용하여 승용차용 Isolation Pad, BUS용 Head Rest, Arm Rest 등에 적용함으로써 년 간 860톤의 폐자원을 재활용할 수 있게 되었으며 추가로 매립, 소각처리비용을 절감할 수 있었다.

2) Bumper

a. 도장범퍼의 도막제거기술

Bumper는 차량 1대당 약 8kg 이상의 중량을 차지하는 대형부품으로 해체 및 재질별 분리가 비교적 용이하여 세계 각국의 자동차 메이커에서 리사이클 기술개발에 주력하고 있는 부품이다. Bumper는 차량 충돌시 안전성 확보 이외에도 차량의 외관 품질을 크게 좌우하므로 최근에는 값싼 차량에도 Bumper Cover에 도장을 하여 사용하고 있다. 이러한 도장 Bumper의 리사이클은 통상 별다른 처리 없이 조분쇄처리하고 용도별로 개질하여 사용하는 것이 보통이며 일본 등에서는 물류용 파레트, Trunk-Liner로 재생하는 기술이 소개되고 있다. 그러나 고가인 Bumper 재료의 부가가치를 부여하기 위한 기술개발 방향은 역시 Bumper용 재료로 다시 사용하는 것으로서 자동차 각 메이커에서도 이러한 기술개발에 몰두하고 있는 실정이다. 앞에서 언급한 바와 같이 Bumper를 다시 Bumper로 사용하기 위해서는 Bumper 표면에 부착된 열경화성 수지인 도막을 어느 정도 완벽하게 그리고 경제적으로 제거하느냐에 달려 있다. 만약 Bumper 소재에 부착된 도장을 별도 처리 없이 재료리사이클 할 경우 재료 내에 잔류하는 도막편의 영향으로 내충격성 및 신율이 급격히 저하되기도 한다. 따라서 효율적인 도막제거기술개발에 주력하고 있으며 현재 개발된 연구기술 일부를 살펴보면 <표 8>과 같다.

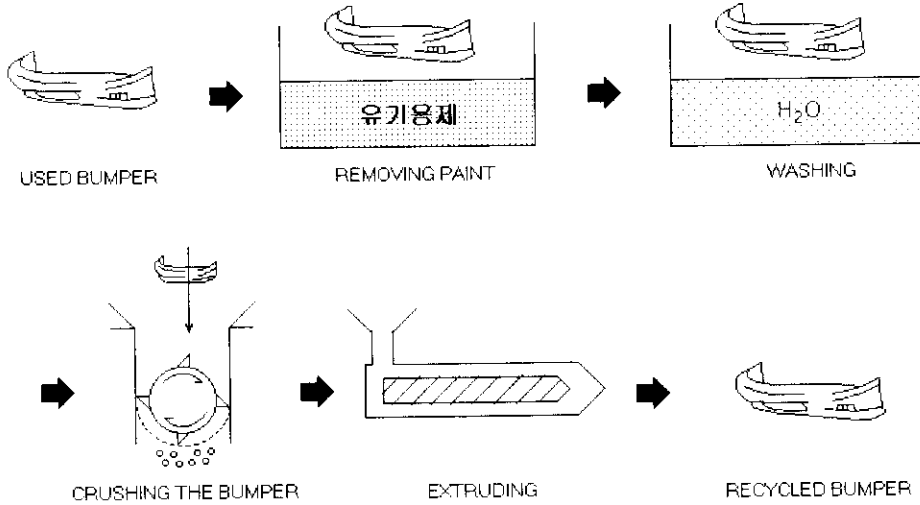
이상에서 보는 바와 같이 매우 다양한 도막제거기술이 개발되고 있으며 최근 현대자동차에서도 유기용제를 이용한 도막제거기술을 개발하여 실제 차량에 적용시키고 있다.

〈표 8〉 각사의 Bumper 도막제거 기술내용

자동차 메이커	기 술 명	기 술 내 용
TOYOTA	- 가수분해법 - 용융압출법	- 고온고압하에서 가수분해 - 반응압출기내에서 분해제에 의한 도막을 분해
NISSAN	- 유기염법	- 물, 알코올등 유기용제에 의한 도막박리
HONDA	- 다중사출법	- 다중성형시 중간층에 재생수지 혼입하여 재사용
ISUZU	- 용융압출법	- TOYOTA와 유사한 방법
후지중공업	- Roll-Mill법	- Roll-Mill을 통과시켜 도막과 수지간의 접착력을 약화시켜 분리
EIN	- 진동압착법	- 진동 및 전단력을 이용한 도막의 분리

<그림 5>는 현대자동차 도막제거기술로써 유기용제를 이용하여 도막을 제거·세척한 후 Pellet화하여 다시 Bumper용 재료로 사용하는 방법이다.

〈그림 5〉 유기용제를 이용한 도막 제거기술

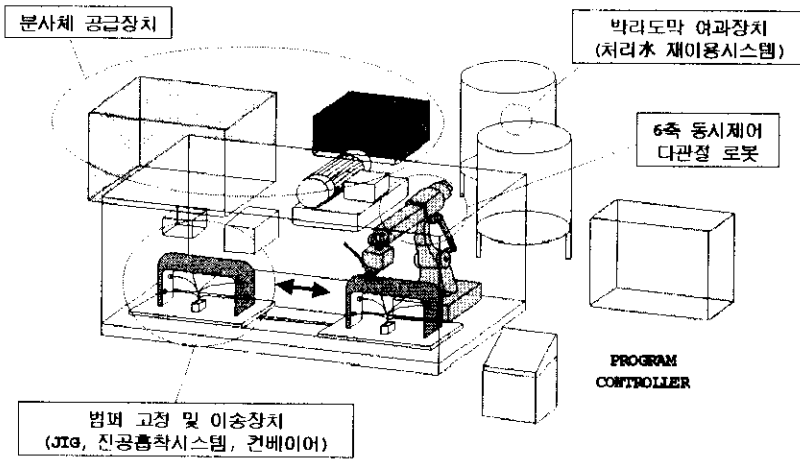


특히 본 기술은 시간당 도막제거효율이 높아 경제성이 높고 재생처리 후 물성 회복이 우수하여 고부가가치의 재생기술로써 의미가 매우 크다 말할 수 있다. 이와는 별도로 현대자동차에서는 국내 청정생산기술개발사업의 하나로써 환경에 무해한 물을 이용한 청정 도막제거기술개발을 완료하였다. 본 기술은 순수한 물만을 이용, 고압으로 분사하여 도막을 박리시키고 생산성 향상을 위해 로봇을 이용한 연속 자동화 시스템으로써 개략적인 공정은 <그림 6>과 같다.

본 기술은 종래의 기술과는 달리 도장불량범퍼를 분쇄 및 재사출없이 범퍼표면의 도막을 제거후 재도장이 가능해 도장불량 범퍼를 100% 재사용이 가능하며 폐차에서 발생하는 폐범퍼에 적용시, 열화 없이 도막제거가 가능해 100% 재생재를 이용한 범퍼제조가 가능하다. 또한 기존의 기술은 재활용성이 우수한 PP에만 적용이 가능하나 본 기술은 PP 이외에도 다른 플라스틱 재료의 도장 성형품에도 적용이 가능하다.

이 밖에도 물을 이용하는 관계로 2차 환경오염이 없고 고압의 물로 인해 별도의 세척공정도 필요 없다. 생산성 측면에서 보면 로봇을 이용한 자동화로 1명만으로 운전

〈그림 6〉 물을 이용한 도막박리 시스템

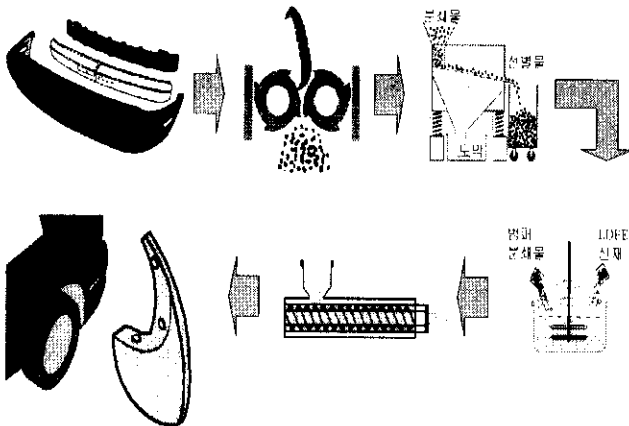


이 가능하고 선진 기술에 비해 에너지 소비를 약 80% 수준으로 절감할 수 있는 것이 특징이다. 현재 본 기술은 현대자동차 도장 불량 범퍼에 우선 적용하기 위해 양산성 검토를 진행 중에 있다.

b. 도장범퍼의 재료 재활용 기술

본 기술은 상기 도막제거기술과는 달리 완벽한 도막제거 없이 적절한 컴파운딩 기

〈그림 7〉 도장범퍼의 재료 재활용 공정도



법을 이용하여 재료 물성을 회복시키는 기술로써 도막잔류에 의한 물성 저하를 적절한 개질을 통해 최소화하고 특성화된 물성을 부여한다. 본 기술의 간략한 재생공정도를 <그림 7>에 나타내었다.

상기 우선 수거된 폐 범퍼를 분쇄 처리후 반달형 진동 Sieve와 적당한 흡입력을 이용하여 도막을 제거하고 물성 개질을 위한 첨가제를 처방하여 재생재료를 제조한다.

본 기술은 A/S 사업소에서 발생하는 폐 범퍼를 회수하여 현재 준중형 승용차용 Mud Guard 성형용 재료로 적용 중이다.

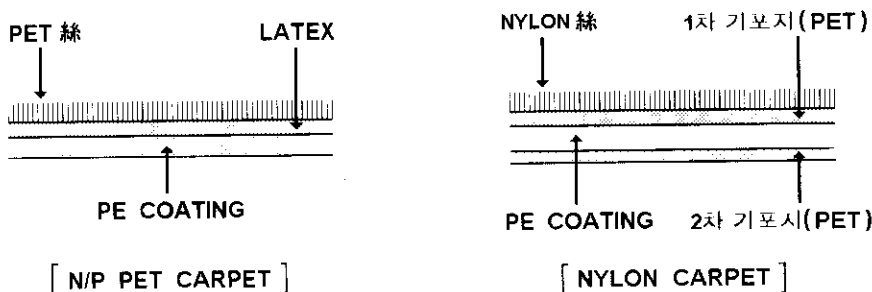
3) Carpet

차량의 실내장식, 차체 Panel을 통해 투과되는 각종 Noise의 흡·차음성능 등 다양한 기능을 요구하는 Floor Carpet는 Interior 부품의 큰 부분을 차지하는 부품으로써 일반적으로 차량에 사용되는 Carpet는 Nylon Tufted Carpet 및 PET Needle Punch Carpet가 주종을 이루며 각각의 재료구성을 살펴보면 <그림 8>과 같다.

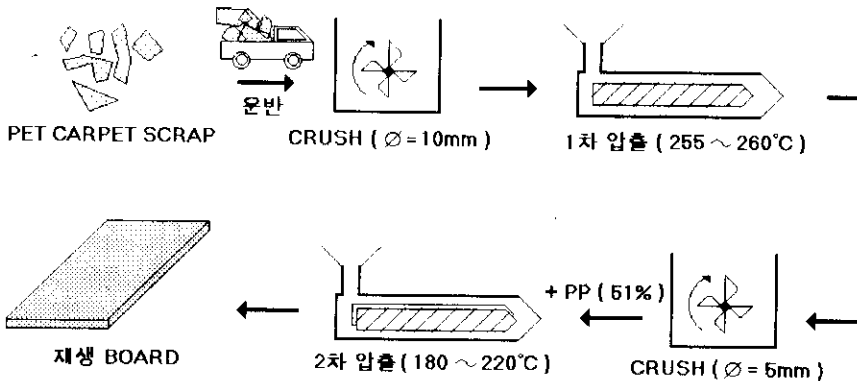
Carpet의 이종재료 구성은 제조 공정시 발생하는 Scrap 및 폐차 등에서 발생하는 폐 Carpet의 유효이용에 큰 장애요인으로 작용되어 전량 매립 또는 소각 처리되고 있다.

최근에는 자동차 메이커를 중심으로 Carpet 리사이클에 대한 연구가 이루어지고 있으며 대부분 상용화제를 이용한 Compounding 기술개발이 주류를 이루고 있다. 현재 현대자동차에서도 차에서 발생하는 Carpet의 리사이클을 위해 다각도로 검토 중에 있으며 특히 Carpet의 특성상 재질별 분리가 사실상 불가능하여 재료 리사이클 기술개발에 주력하고 있다. 지난 96년에 현대자동차는 PET Carpet에 대한 리사이클 기

<그림 8> Carpet 재료 구성



〈그림 9〉 Carpet 재활용 공정도



술을 개발하여 현재 중형승용차용 Trunk Trim용 재료로써 사용 중에 있으며 구체적인 재생공정은 <그림 9>와 같다.

본 공정을 간략히 설명하면 다음과 같다. 우선 폐 Carpet을 분쇄하고 신 수지를 첨가, 압출하여 재생보드를 제조하는 기술로써 실제 Carpet를 재생하여 차량에 현대자동차가 처음으로 차량용 재료로 적용함으로써 리사이클 기술의 독자적 확보측면에서 그 의미가 크다 말할 수 있고 또한 상기 재생방법에 의해 제조된 재생재료는 재생시 원가가 저렴하고 재생후 물성이 안정적이어서 차량용 재료로 적합하다. 특히 4회 이상의 재생 시에도 물성 회복력이 뛰어나 장기적인 재료 리사이클을 기대할 수 있다. Carpet에 대한 재생기술 확보로 현대자동차는 종래에 소각 또는 매립에 필요한 경비 절감은 물론 연간 1,700톤의 폐자원을 재활용할 수 있게 되었으며 향후 실제 폐차시 발생될 폐 Carpet 처리시 본 기술을 적용할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

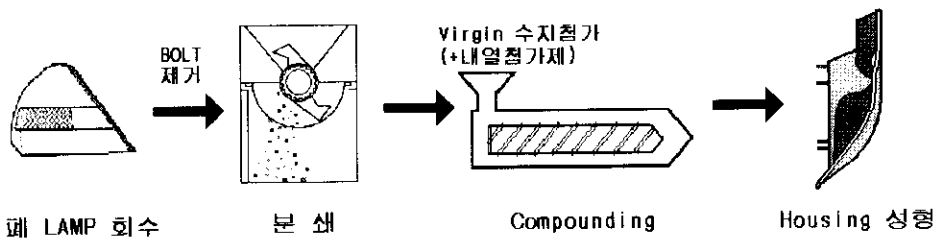
4) Rear Combination Lamp(후미등)

차량 후미에 장착되어 차량의 안전거리 유지, 주행 방향 등을 알려주는 안전부품으로써 크게 Lens, Housing 및 전구로 구성되어 있으며 비교적 대물부품이면서 해체가 용이한 부품이기도 하다. 통상적으로 Rear Combination Lamp는 Lens는 PMMA(Poly Methyl Methacrylate)를, Housing은 PP 또는 ABS(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer)를 사용하며 이들 부품은 외장부품이면서 전장부품인 관계로 Lens와 Housing사이에 수밀성이 필요하여 접착제로 접착되어 있다. 따라

서 재생시 서로 다른 재료로 구성되어 있어 재료 재활용이 곤란하고 특히 접착제로 인해 분쇄가 곤란하여 전량 폐기 처리되고 있다.

그림 10은 현대자동차에서 개발한 재생 공정으로써 회수된 폐 Lamp를 고속회전을 이용한 분쇄기로 분쇄하고 내열첨가제 등을 첨가한 후 컴파운딩하는 기술로써 다시 자동차용 Rear Combination Lamp Housing용 재료로 재사용할 수 있는 것이 장점이다.

〈그림 10〉 폐 Rear Combination Lamp ■ 이용한 재생공정도



3. 재생곤란재료부품의 대체재료기술

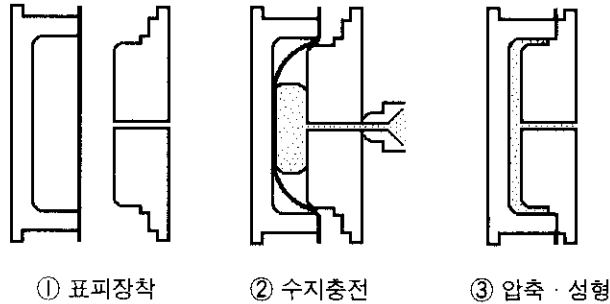
1) Door Trim

Door Trim은 내장 부품 중 가장 다양한 재료 및 성형공법이 채용되고 있는 부품으로써 일반적으로 Polyvinylchloride(PVC) Skin, Polyethylene Foam, 기재로써 Resin Felt 혹은 Wood Stock 등 이중재료로써 구성된 3층 구조를 갖고 있다. 이외에도 Hard Board, PU-RIM 기재등 다양한 재료가 적용되고 있으나 현재로서는 재료 리사이클이 불가하여 전량 폐기되고 있는 실정이다. 차량 1대당 Door Trim이 차지하는 부분이 다른 내장부품에 비해 많은 부분을 차지하고 있고 또한 공정 중 발생하는 스크랩이 많아 각 메이커에서도 이에 대한 대응책에 고심하고 있다. 최근의 일부 메이커에서는 이러한 단점을 보완함은 물론 원가절감, 리사이클성 개선이 가능한 공법을 개발하여 적용하고 있다.

이 공법은 올레핀계 표피재를 사용하며 기재와의 접착을 저압사출에 의해 일체성형 하는 공법(일명 SPM 공법)으로 대략적인 공정은 그림 11과 같다. 최근 출시된 다목적 승합차의 Door Trim은 Foam, 기재를 올레핀계 수지로 대체함으로써 리사이클

성을 향상시킨 예라 할 수 있다.

〈그림 11〉 저압 사출성형공법



2) Rear Package Tray

Rear Package Trim은 일반적으로 기재, 표피재로 구성되어 있는 부품으로써 기재는 주로 Hard Board, Wood Stock이 사용되고 있으며 표피재로서는 Polyethylene terephthalate(PET)계 부직포가 사용되고 있다. 현재 현대자동차에서는 표피재, 기재로 구성된 2중 구조를 폴리에틸렌계 수지로 사출성형함과 동시에 Speaker Grill을 일체성형 함으로써 구조적인 해체용이성 향상은 물론 리사이클성 및 원가절감을 꾀할 수 있도록 하였다.

3) Ash Tray

기존에 적용중인 페놀계 Ash Tray는 열경화성 수지를 사용하고 있어 재생이 곤란하고 또한 재료의 비중이 높아 무겁고 재료자체의 특이한 냄새가 나는 단점이 있었다. 현대자동차에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 열가소성인 PPS, Polyamide(PA, Nylon)를 사용하여 사출성형 함으로써 리사이클이 가능해 졌고 경량화 효과를 얻을 수 있었다.

4) Glass Run Channel

Glass Run Channel은 Door Frame과 유리사이에 위치하여 유격을 막아주고 수밀성, 고속 주행시 소음유입 차단 및 유리의 상승/하강시 Guide 역할을 하는 기능성

부품이다. 종래에는 열경화성 고무를 사용하고 있어 불량품이나 폐기물 발생시 재생이 곤란하였으나 현대자동차에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 열가소성 탄성체인 Thermo-plastic Elastomer(이하 TPE)를 이용한 부품 제조기술을 개발, 현재 소형승용차에 적용 중에 있다. TPE는 기존의 열경화성 고무와 유사한 물성을 가지면서 재생이 자유롭고 성형성도 우수한 소재로써 향후 열경화성 고무부품의 대체가 기대된다.

4. 액상재료의 장수명화 기술

1) 자동변속기용 오일

현대자동차에서는 액상재료의 환경친화성을 향상시키고 소비자의 차량유지비 절감을 위해 기존의 ATF SP의 저온 유동성, 산화안정성 및 마찰특성을 개선한 저점도형 ATF SP-2를 개발하여 종래 매 4만Km마다 교환하던 것을 10만Km로 연장함으로써 오일의 장수명화를 꾀하였다. 현재 승용 전차종에 적용하고 있으며 환경보호 및 자원절약은 물론 상품성 향상 및 우수기술 확보 측면에서 그 의미가 크다고 할 수 있다.

2) 부동액


엔진의 냉각에 사용되는 부동액은 주로 엔진 냉각수의 동결온도를 낮추고 극저온시 동결에 의한 냉각계 부품의 파손을 방지하는 것은 물론 냉각수 통로 내에 사용되고 있는 금속류(Al, 동, 철 등)의 부식, 녹 발생을 억제하여 냉각수 중에 불순물과 침전물이 발생하는 것을 방지하도록 하는 자동차의 필수 액상재료로서 사용되고 있다. 자동차의 엔진 냉각수에 대해서 각 자동차 메이커에서는 Long Life Coolant(LLC)를 채용하여 교환주기를 연장하고 Maintenance Free화에 의한 자원의 절약과 환경문제에 대응하고 있다. 현대자동차에서도 부동액의 리사이클성을 향상시키기 위해 많은 노력을 기울이고 있으며 주로 내구력을 향상시켜 교환주기를 연장시킬 수 있는 재료개발에 주력하고 있다. 이미 현대자동차에서는 5년 무교환형 부동액을 개발 완료하여 현대자동차 차종에 적용하고 있다. 기존 부동액에 비해 내열성, 내부식성 및 내화학성 등을 개선하여 교환주기를 연장한 장수명 부동액은 환경보호 및 자원절약에 크게 기여하고 있다.

5. 차량 환경성 평가기술

앞에서 언급했던 바와 같이 지구환경보호의 일환으로 다양한 방법을 통해 환경오염을 줄이기 위한 노력이 지속되고 있지만 제품 생산성의 향상, 물동량의 증가와 이러한 제품이 야기하는 활동의 증가는 총 환경영향의 증가를 초래하게 되었다. 따라서 엄격한 배출 농도 규제정책만으로는 환경영향을 줄이는데 한계가 있어 오염물질의 사후 규제방식(end-of-pipe)에서 근본적인 오염물질의 발생을 억제하는 사전오염예방(pollution prevention)규제로 점차 변하고 있다. 특히 자동차의 경우, 운행시 또는 폐기시 발생하는 환경 유해성분 및 발생량 증가는 향후 지구환경에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상됨에 따라 안전성과 같은 성능에 대한 요구 외에 오존층 보호, 폐차 재활용 등과 같은 환경적인 측면도 필수적으로 고려해야 할 것으로 예상된다. 이러한 시대적 조류에 부응하기 위해서는 신차 개발시, 새로운 환경경영기법의 도입을 필요로 하게 되었으며 이를 지원하는 강력한 수단으로 최근 대두된 것이 바로 전과정평가(Life Cycle Assessment, 이하 LCA)이다. LCA는 제품의 원유 취득단계부터 폐기단계까지 즉 제품의 전생애에 걸친 환경영향을 평가하는 기법으로써 1980년대부터 자동차 산업에서 LCA 연구를 시작하여 지난 몇 년간 괄목할 만한 성장을 이루었으며 이를 토대로 보다 환경성이 좋은 재료 선정, 환경영향 저감 생산기술 개발, 환경친화적인 설계/부품/자동차의 재활용 전략개발 등 환경적인 기대와 요구를 만족시키기 위한 다양한 활동을 진행하고 있다. 이와 같이 LCA는 자동차 산업에서 환경친화적인 자동차 개발을 위한 환경성 평가의 유용한 도구로 평가되고 있으며 자동차 설계시 고려되는 기술, 경제, 환경 3가지 요구조건의 조화를 위한 중요한 요소로 평가받고 있다. 이러한 시대적 흐름에 대응코자 신차 부품 설계시, 환경성을 객관적이고 정량적으로 측정할 수 있는 환경영향 평가수단이 필요하게 되었다. 현재 현대환경연구원과 공동으로 자동차용 부품에 대한 LCA를 98년부터 실시하고 있으며 향후에는 LCA 기법을 이용한 독자적인 환경영향 평가기법을 개발할 예정이다.

V. 결 론

‘환경기술을 가진 국가나 기업이 미래경제를 좌우한다’는 말이 나올 정도로 지금 전세계는 지구환경보호와 부존자원절약에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근 구미 선진국은 이러한 환경기술 및 규제를 무역장벽으로 활용하기 시작했으며 향후에는 모든 수출품에 적용하려는 움직임을 보이고 있다. 특히 우리 나라의 경우, 지난 30년간 급속한 경제성장을 이루어 후발 선진국 대열에 진입하였지만 환경에 대한 국가나 국민 의식, 사회기반시설, 환경기술 등은 아직 후진국의 수준을 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 이미 앞서서도 언급했듯이 유럽의 경우, 이미 1998년부터 자동차에 대한 리사이클 법규가 시행중이며 EU법규가 제정되는 2000년대 초반에는 자동차의 환경성이 차량형식승인 조건으로 채택될 가능성이 높아 적극적인 대처방안 수립이 없다면 수출에도 큰 타격을 입을 것이 확실하다.

따라서 폐차 리사이클에 대해 체계적이고 지속적으로 발전시키기 위한 정부, 자동차메이커, 재료메이커, 부품메이커 및 폐기물처리업자 등이 서로 협력하는 범국가적인 유대가 절대적으로 요구된다. 또한 자동차메이커 및 관련업체에서는 차량의 폐기에서 부품의 분별회수에 이르기까지 폐차에서 발생하는 각종 재료의 유효자원화를 위한 재활용 처리 기술을 개발하고 자동차의 친환경 설계(Design for Environmental, DfE), 리사이클 용이재료 개발, 유해물질의 삭감/처리기술 및 차량 환경성 평가기법 등의 각종 환경기술을 확보하기 위한 지속적인 노력이 필요하다고 생각되며 21세기에는 현대자동차가 세계 최고의 자동차메이커로 발돋움 할 수 있기를 기대한다. 

□ 현대환경연구원 발간 자료 목록 □

(1999년 12월 1일 현재)

■ 연구보고서

- 97-01 VOCs 배출 및 규제정책 현황과 기업의 대응 방안 (1997. 3)
- 97-02 OECD 가입과 국제환경협약 가입에 따른 현대그룹의 단계적 전략 (1997. 3)
- 97-03 환경시대와 환경제도 (1997. 7)
- 97-04 환경경영 어떻게 구축할 것인가? (1997. 8)
- 97-05 기후변화협약에 따른 기업의 대응 전략 (1997. 11)
- 97-06 TBT(트리부틸주석)가 해양 생태계에 미치는 영향과 국내의 규제 동향 (1997. 12)
- 97-07 환경친화 상품과 소비자의 최대지불의사 분석 (1997. 12)
- 98-01 환경성과평가(EPE)의 동향과 향후 과제 (1998. 1)
- 98-02 전과정평가(LCA)의 동향과 향후 과제(1998. 3)
- 98-03 기업의 자율적 환경관리제도 정착을 위한 자발적 협약의 도입에 관한 연구 (1998. 4)
- 98-04 최적 제철 환경 모델 연구 (1998. 5)
- 98-05 폐자동차 재활용 전략 (1998. 10)
- 98-06 유해화학물질 환경배출량 보고제도와 기업의 대응 (1998. 10)
- 98-07 그린라운드와 산업구조 조정 (1998. 11)
- 98-08 휘발성 유기화합물 배출 최소화 대책 수립 연구 (1998. 12)
- 98-09 IMF, 환경, 그리고 경제 : 환경문제의 해법 (1998. 12)
- 99-01 국내외 대기중 질소산화물 저감정책 분석 (1999. 4)
- 99-02 자동차용 부품의 환경성평가연구-범퍼 backbeam용 재료의 LCA연구(1999. 4)
- 99-03 환경성과평가의 도입방안 연구-현대전자 환경성과평가 사례를 중심으로(1999. 5)
- 98-04 전기로 제강분진의 적정처리기술에 관한 연구 (1999. 6)

■ 환경 VIP 리포트 (월간)

- 제13호 IMF 한파의 환경적 의미와 '98년 환경법규 개정 내용, 1998. 1.
- 제14호 배출권 거래제도의 내용과 특성, 1998. 2.
- 제15호 에너지 효율화와 환경오염 예방, 1998. 3.
- 제16호 부착방지도료에 이용되는 트리부틸주석의 규제 동향, 1998. 4.
- 제17호 환경감사 고찰, 1998. 5.
- 제18호 폐수처리와 재활용, 1998. 6.
- 제19호 환경호르몬에 대한 최근 논의와 시사점, 1998. 7.

- 제20호 APEC과 주요 환경논의 : 조기개방과 Ecotech, 1998. 8.
- 제21호 환경 그리고 WTO의 딜레마, 1999. 9.
- 제22호 선진 자동차 회사들의 환경친화적 자동차 개발 동향, 1999. 10.
- 제23호 온실가스 배출권 거래제도의 성공적 정착을 위한 선행 조건, 1998. 11.
- 제24호 실내공기오염 문제의 이해, 1998. 12.
- 제25호 자연환경복원을 통한 지역개발 방안, 1999. 1.
- 제26호 토양정화 기술 및 시장 동향, 1999. 2.
- 제27호 대만의 청정생산 추진 정책, 1999. 3.
- 제28호 자동차용 부품의 전과정(LCA) 평가사례 연구, 1999. 4.
- 제29호 환경산업의 발전전망 및 육성방안, 1999. 5.
- 제30호 중국의 환경오염 실태와 일본의 대중 환경협력 현황, 1999. 6.
- 제31호 기업 환경보고의 현황 및 문제점, 1999. 7.
- 제32호 질소·인 고도 처리기술의 현황과 전망, 1999. 8.
- 제33호 전기로 제강분진 재활용과 해결 과제, 1999. 9.
- 제34호 자발적 이니셔티브 : 효율적인 환경개선을 위한 새로운 전환, 1999. 10.
- 제35호 우리나라 주요 환경설비기술의 수출경쟁력과 유망시장 분석, 1999.12.

■ 현대환경리포트 (계간)

◎ 1998 봄 호

- 『국민의 정부』 환경정책 추진 방향
- IMF시대와 기업의 환경경영
- IMF시대, 환경보존을 위한 민간환경단체의 제언
- 자발적 협정의 주요 내용과 국내외 도입 사례
- 현대그룹 통합환경관리시스템의 운용 목적 및 기대효과

◎ 1998 여름호

- 환경문제와 지방자치단체의 역할
- 지방자치단체의 환경정책 방향
- 지역개발과 환경정책
- 지방자치단체의 환경친화도 평가와 시민운동 실천과제
- Estimating the Economic Impacts of Pollution in Estuaries

◎ 1998 가을호

- 자연개발과 환경보전의 조화
- 자연개발에 따른 환경파괴와 자연친화적인 개발

- 수자원 개발과 환경문제
- 환경복원기술의 현황 및 전망
- 현대전자 환경친화적 경영 성공 사례
- 세계화와 환경

◎ 1998 겨울호

- 도시 자연환경과 녹지 보전
- 도시 개발과 도시 경제
- 지속가능한 개발을 위한 서울시 환경관리 방안
- 환경보전과 환경친화기업 지정 제도
- 식물정화기술을 활용한 오염지역의 환경복원
- Structures and Concepts for an Automobile Recycling System

◎ 1999 봄 호

- 지속가능한 도시를 위한 도시정부의 역할
- 환경친화적 도시건축 기술 개발
- 환경과 건축
- 그린빌딩 평가의 해외 동향 및 그린빌딩 사례
- 기후변화협약과 우리가 해야 할 일
- 청정개발체제(CDM)를 둘러싼 이슈 분석
- 청정생산기술 도입의 장애 요인과 육성 방안에 관한 소고

◎ 1999 여름호

- 환경회계의 도입방안 : 재무회계적 관점
- 환경원가의 측정
- 환경회계의 국제동향 및 도입 사례
- 청정생산기술의 보급확산을 위한 정부정책
- 우리나라 환경컨설팅시장의 전망과 과제
- 태화강 조류(鳥類) 실태 조사 보고서

◎ 1999 가을호

- 재생가능 에너지의 개발과 활용 : 21세기의 새로운 의제
- 선진국의 신재생에너지기술 개발 동향
- 선진국의 에너지 절감 정책 및 기업의 도입 성공사례
- 현대건설 환경기술 개발 동향
- 부지환경평가의 최근 동향과 주요 내용