

자동차 리사이클을 위한 역제조 기술

Remanufacturing for Automotive Recycle

윤 여 성 / 자동차부품연구원 실장
Yeo Seong Yoon / Korea Automotive Technology Institute

오늘날에는 급속한 제조기술의 발전과 생활방식의 변화로 자원의 고갈과 폐용제품에 의한 환경문제가 대두되고 있고, 특히 환경에 대한 관심의 증가와 폐기물 처리에 민감하게 대처 방안을 모색하고 있는 시대이다. 이렇듯 세계 각국은 지구온난화 등 환경보전 문제의 해답을 찾고자 많은 노력을 기울이고 있으며 그중 역제조기술을 통해 그 답을 찾고자 노력하고 있다. 역제조기술이란 용어는 용어 자체가 우리에게 다소 생소한 느낌을 줄 뿐만 아니라 아직까지 일반인들에게 널리 인식되지 않은 기술이라 하겠다. 하지만 실질적으로 우리 일상과 밀접한 관계를 가지고 있는 기술로서 본 논고에서는 역제조기술의 개념과 자동차산업에 있어서의 역제조기술 적용에 관해 이야기 하고자 한다.

1. 서론

산업혁명 이후부터 지속적이며 급속하게 진행된 산업화로 야기된 환경 문제는 현재 국제사회 문제로 대두되고 있다. 특히 21세기에 들어서면서부터 급속한 산업화, 도시화로 인한 환경오염 물질 및 폐기물의 과대 발생, 지구온난화, 오존층 파괴 등에 의한 심각한 지구환경 오염 등으로 지구 환경문제에 대한 관심이 높아지면서 모든 제품으로부터 발생하는 유해요소들에 대한 규제 움직임이 활발히 진행되고 있다. 기후변화 협약, 바젤협약 등 각종 국제협약이 대두되고 있으며

OECD, WTO 등을 중심으로 무역과 환경의 연계에 대한 논의가 활발해지고 있다.

이에 따라 세계 각국의 기업들도 환경에 대응하는 방식에 많은 변화를 보이고 있다. 지난 수십 년간 기업들은 환경문제를 아예 무시하거나 오염물질을 회석하여 배출하거나 오염관리를 통해 사후처리를 해왔다. 하지만 최근 들어 기업들은 환경부하를 줄이는 동시에 이윤을 제고시킬 수 있는 방안들을 고려하기 시작했다. 즉, 환경문제를 단순히 비용으로 간주하는 데서 벗어나 생산공정 혹은 제품에 의해 발생하는 환경적 피해를 줄이면서 경제성을 극대화시킬 수 있는 방안들을 검토하고 있다.



이렇듯 환경문제는 단순한 단체들의 이념 추구를 넘어서 무역규제의 한 방법으로 환경이 경제적 가치로 변해가고 있는 실정이다. 즉 환경기술을 보유한 국가나 기업이 미래경제를 이끌어 간다고 할 수 있을 정도로 지금 전 세계는 지구환경보호와 부존자원절약에 대한 관심이 고조되고 있는 상황이다. 이러한 지구환경보호와 부존자원절약의 해결책의 하나로 역제조기술 개발에 많은 관심과 노력을 기울이고 있다. 특히 미국은 DOE에서 Remanufacturing Vision을 제시해 놓고 Vision을 실현하기 위한 여러 분야에서의 역할과 기술개발 사항들을 제시 해놓고 있다.

2. 역제조기술이란

모든 제품은 그 생산에서 최종 폐기물이 될 때까지 어떤 형태든 환경 부하를 일으키기 때문에 이러한 환경문제의 해결책의 하나의 방안으로 환경친화적인 제품 생산을 그 목적으로 할 뿐만 아니라 이미 사용되어 그 수명이 다한 제품을 경제적이고 환경에 유익한 방법으로 처리하고 재활용하는 방법들에 관한 기술을 역제조기술이라 하며, 기존에 우리가 알고 있는 단순한 Recycled, Repaired, Restored, Used라는 개념과는 조금 다르게 인식되어야 할 것이다.

즉, 역제조 기술에는 공산품 및 기계의 폐기시 발생하는 환경문제를 해결하기 위하여 리사이클링을 고려한 설계, 가공, 분해 및 재생기술을 모두 포함하는 개념이 된다. 이러한 역제조 기술을 적용하기 위해서는 생산 시스템에서는 어떠한 변화가 필요한가, 역제조 기술을 적용하기 위해서는 필요한 개별 기술은 무엇이며, 이들을 어떻게 조합할 것인가가 주요 기술 중의 하나이다.

역제도가 가능한 제품

간단히 말해서 제조가능한 모든 제품은 역제조 역시

가능하다는 것이다. 각 분야별 적용 제품들을 살펴보면 다음과 같다.

- 자동차(엔진, 클러치, 발전기, 시동용 모터 등을 포함한 승용차 및 트럭의 구성요소)
- 컴프레서(컴프레서, 열교환기, 에어컨이나 냉장고 등에 쓰인 모터류)
- 전기제품(전기모터, 변압기, 스위치 기어 등)
- 기계류(산업용 기계, 설비)
- 사무용 가구(책상, 의자, 캐비닛 등)
- Retread Tires(자동차, 트럭, 비행기용 타이어 등)
- Toner Cartridges(Laser Toner, Ink Jet Cartridges 등)
- 산업용 밸브(Control 및 Relief Valves 등)
- 기타(농업, 수산업, 광업용 설비, 컴퓨터, 텔레비전, 비디오카세트, 비행기용품, 의료용품, 휴대폰 등)

기술한 여러 분야의 제품 이외에도 더 많은 분야의 제품, 즉 산업 전반에 걸쳐 적용 할 수 있다.

3. 역제조산업의 시장성

미국의 경우 NCR3's(National Center for Remanufacturing & Resource Recovery)의 보고서에 의하면 역제조 산업의 시장성은 미국의 경우 1999년 현재 연간 \$ 53 Billion 정도이며 약 73,000개 업체에 약 480,000 이상의 종사원이 있으며 이중 자동차 부품 분야는 가장 큰 단일분야이며 연간 약 \$36 Billion의 시장성을 갖고 있다. 사무용 가구를 예를 들면 역제조 기술에 의해 사무용 가구를 제작 처리하면 처리비용 약 \$93 Million 정도를 절감할 수 있으며 30~50% 정도의 구입비용을 절감할 수 있다. 또한, 역제조에 의한 에너지 절감 효과는 세계적으로 연간 120 Trillion Btu's 정도로 원유 16 Million Barrels 과 동일한 에너지 절약 효과를 가지고 있으며, 연간 14 Million Ton 정도의 재료 절감을 가지고 온다고 발표하고 있다.

〈표 1〉 미국 내 역제조 산업 시장

분 야	업체수	판매(\$ Million)
자동차	50,538	36,546
컴프레서	155	249
전기제품	13,231	4,633
기계류	120	434
사무용가구	720	1,663
타이어	1,390	4,308
토너카트리지	6,501	2,475
산업용 밸브	410	589
기타	250	2,009
합계	73,315	52,906

4. 자동차분야에서의 역제조 기술

자동차는 사회가 발달 할수록 편의성과 경제성을 찾는 소비자들의 욕구 증대로 차량 등록대수가 폭발적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 폐차대수가 점차 늘어남에 따라 폐자동차의 처리문제는 소각에 의한 대기오염과 유해물질 생성, 매립으로 인한 매립지 감소와 매립비용의 상승등 환경 부하 발생 등에 많은 문제점을 야기 하고 있다.

이에 따라 폐차처리법규도 폐기물의 원천적 감량화 차원에서 생산자에게 재활용 책임을 부과하여 제품의 생산단계에서부터 감량화 목표를 달성할 수 있도록 생산자의 책임을 강화하는 확대생산자책임(EPR: Extended Producer Responsibility) 제도로 변화되고 있다. 이렇듯 자동차는 생산에서 폐기 까지 전과정에 걸쳐 지구환경, 도시기후, 소음, 폐기물 처리를 포함한 다양한 환경문제에 영향을 끼치고 있다. 이에 대한 해결 방안으로 회수된 자동차의 리사이클링이 제기 되고 있다.

유럽의 경우, 이미 1988년부터 자동차에 대한 리사이클 법규가 시행중이며 EU법규가 제정되는 2000년대 초반에는 자동차의 환경성이 차량형식승인 조건으로 채택될 가능성이 높아 체계적으로 적극 대처하지

않는다면 수출에도 큰 타격을 입을 것이 확실하다.

폐차 리사이클을 체계적으로 지속적으로 발전시키기 위한 정부, 자동차메이커, 재료메이커, 부품메이커 및 폐기물 처리업자 등이 서로 협력하는 범국가적인 유대가 절대적으로 요구된다.

자동차 메이커 및 관련업체에서는 차량의 제조부터 폐기에서 부품의 분별회수에 이르기까지 자동차 전 과정에서 발생하는 각종 재료의 유효자원화를 위한 재활용 처리 기술개발을 확보해야 한다.

또한 친환경적인 차량제조를 위해 자동차 업계는 차량을 개발할 경우 차량 폐기시 발생가능한 모든 환경 부하를 최소화 하고 재료의 유효자원화를 위해 친환경적인 재활용기술 개발, 자동차의 친환경설계(DFE: Design for Environmental)을 통해 자동차를 원재료 단계부터 부품 디자인, 부품 조립, 차량 Assembly, 사용, 폐기 단계 등의 환경영향 등을 정량적으로 평가할 수 있는 리사이클성을 고려한 해체용이설계, 리사이클 성용이 재료 개발, 유해물질의 삭감/처리 기술 및 차량환경성 평가기술 등 자동차의 친환경성을 확보하기 위한 지속적인 노력이 필요하다.

특히 리사이클 과정을 위해 분해 및 조립대상을 정하여 공정전·후를 파악하여 좀더 환경 친화적 제품 설계를 위해 많은 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

현재 설계단계에서의 리사이클 사전평가는 국내 자동차 완성차 경우 1994년부터 도입하여 시행하고 있으며 설계단계에서 좀더 객관적이고 정량적인 평가를 수행하기 위해 가치공학 및 해체용이설계 개념을 도입한 리사이클성 평가용 S/W를 개발하여 적용하고 있다.

이러한 사전평가 S/W 개발은 정확성을 향상 시킬 뿐만 아니라 평가 기간도 대폭 단축시킬 수 있다. 한편 이러한 S/W들은 설계 단계에서 개선된 사항들이 실차에 적용되었는지 여부를 확인하기 위하여 실차를 이용한 리사이클성 평가를 수행하여 S/W에 대한 신뢰도를 입증해야 한다.

자동차 리사이클링이 어려운 이유는 대부분의 제품



자동차생산기술

이 다양한 재료로 이루어진 여러가지 부품으로 구성되어 있기 때문에 리사이클링을 위한 작업의 용이성이 떨어지기 때문이다.

폐자동차 부품의 재사용과 폐기물의 재활용을 효과적으로 수행하기 위해서는 폐자동차의 해체가 가장 중요한 관건이다. 효율적인 해체작업을 위해서 재활용율을 높일 수 있도록 설계단계에서 부품과 재질에 따른 분리가능성을 고려하여 설계 작업이 진행되어야 한다.

폐차의 재활용성을 향상시키기 위해서는 설계 단계부터 해체가 용이한 구조를 반영하거나 재활용이 용이한 재질을 적용하는 등 리사이클을 고려한 설계가 필요한데 이는 설계자 자신이 직접 설계한 부품을 미리 사전에 평가하도록 하여야 한다.

폐차는 경제적 부가가치가 낮고 2만여개의 이상의 부품으로 이루어지며, 수백 수천 개의 협력업체에서 공급된 2,500여개 이상의 조립 부품이 사용되어 하나의 자동차가 만들어 지기 때문에 이러한 여러가지 부품으로 이루어진 복잡한 제품인 관계로 재이용을 위한 사전처리가 필수적이며 대부분 수작업에 의존함으로써 처리비용이 높다. 또한 중고부품의 재이용에 대한 부품주기가 짧아 극히 한정적인 범위 내에서만 사용되고 있으며, 폐차 전체 중량의 75% 정도가 평균적으로 재활용(대부분 철, 비철금속)되고 나머지 25%는 ASR로 매립되고 있는 실정이다.

이렇듯 국내폐차업체 현황은 경제적 가치를 가질 수 있는 폐차대수(약 100만대)가 발생되지 않아 폐차처리를 위한 Infra가 잘 구축이 되어 있지 않고 있으며 폐차과정에서 발생하는 중고부품의 재활용은 평균 5% 내외로 저조한 실정이며, 중고부품의 새사용률은 약 8%로 일본의 15~45%에 비해 현저히 낮다. 업체는 매우 영세하여 사용 가능 부품을 단순절단 등 수작업 위주로 처리하고 있는 실정이며, 대부분 폐차장에서 Shredder 설비를 보유하지 못해 압축처리만 행해지고 있어 재료의 선별, 재가공을 하지 못하고 저급한 고철만 생산하고 있다

그러나 폐자동차를 재활용한다는 것은 단순히 환경 문제에 대한 하나의 해결책이라는 점보다는 자원을 재

활용 한다는 점에서 그 의미가 더 크며, 재활용율이 높아질수록 보다 높은 경제성이 확보될 수 있다. 따라서 자원이 빈약한 우리나라의 실정으로는 폐자동차의 재활용율이 더욱 절실히 요구된다.

외국의 자동차 메이커들은 재활용율을 높이기 위해 많은 연구를 진행해오고 있으며, 실제적으로 최적 해체를 위한 설계 및 해체지침서의 작성, 부품의 모듈화 및 코드화에 관한 연구를 수행하고 있다. 또 자동차의 전과정 평가(LCA) 기법을 도입하여 환경 친화적이고 경제적인 소재의 선택과 제조 및 회수 처리까지의 단계적 해결방안을 모색하고 있다.

특히, 대부분 회수되어서 재활용되는 금속 소재와는 달리 대부분 슈레서 상태로 단순 매립되거나 저급한 용도로 사용되는 플라스틱 소재의 재활용 기술 확보는 더욱 필요하게 되었다.

재활용을 고려한 자동차용 플라스틱 부품설계를 위해서는 재활용이 쉬운 재료로 대체하거나 새로운 재료를 개발함으로써 재활용이 용이한 소재를 최대로 사용하고, 복합구성 부품의 재료를 그룹화하고 조립부품을 재료별로 그룹화하고 조립부품을 재료별로 종합화함으로써 부품구성재료를 통일하는 것이다.

또한 도장과 같은 표면처리를 생략하고 Insert의 삽입을 억제함으로써 이물질이 섞이는 것을 방지하고, 부품수의 감소, 부품의 종합화 및 일체화를 통해서 해체성을 개선하기 위한 구조를 개발하는 등의 연구가 진행되어야 한다.

자동차용 플라스틱 재료의 재활용율을 높이기 위한 신기술을 확보하는 것은 시급한 문제이며 설계단계에서부터 재활용을 고려한 부품 설계를 하는 것이 폐차 단계에서 슈레더 더스트를 재활용하는 것보다 더 효율적이다. 즉 재활용이 쉬운 재료로 대체하고 이들을 최대로 사용하며 복합구성 부품의 재료를 단일화 하고, 조립부품을 재료별로 종합화함으로써 부품 구성 재료를 통일하여야 한다.

도장, 표면처리, Insert의 삽입 등을 억제함으로써 이물질이 섞이는 것을 방지하고, 부품수를 최소화, 종합화 및 일체화함으로써 재활용성을 개선하기 위한 구

조를 개발하는 연구가 되어야 할 것이다.

즉, 제품의 전과정을 통해 환경에 미치는 부정적 영향을 최소화 시킬 수 있도록 환경·안전·보건 등을 고려한 설계를 체계적으로 이행하는 것을 의미한다.

제품에 사용되는 자원, 제조과정, 폐기물의 흐름 등이 결정되는 단계가 바로 설계 단계이므로 설계초기부터 역제조에 대한 개념이 포함되어야 한다.

역제조를 통한 원료물질의 효율적 사용, 폐기물 다량 발생형 기술이나 비효율적인 공정의 개선, 원료물질의 누출 방지등은 생산성을 제고 시킬 수 있다. 또한 작업장 내에서 사용하는 독성물질의 수를 줄임으로써 작업자의 안전장치 착용의 필요성을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 작업환경의 안전도도 제고 시킬 수 있다.

제품 설계 단계에서부터 환경을 고려하므로 환경을 덜 오염시키고 인간에 미치는 부정적 영향을 줄이는 동시에 제품의 작동, 유지에 드는 비용도 절약할 수 있는 것이다. 또한 제품을 차별화 시켜 제품의 시장 점유율도 높일 수 있다.

소비자들의 환경에 대한 관심이 커져감에 따라 환경친화적 제품에 대한 요구도 점점 더 늘어나고 있다. 이러한 요구들은 제조 차원을 넘어 사용 및 전 과정에 걸쳐 이루어지고 있다. 이러한 소비자의 요구에 부응할 뿐만 아니라 자사의 제품을 경쟁사의 제품과 차별화 시켜 결국 제품의 시장 점유율이 높이는데 기여하게 된다. 또한 기업의 환경친화적 이미지를 제고 시킬 뿐만 아니라 국지적 환경문제 및 오존층 파괴와 같은 전 세계적 환경문제를 해결하는 데도 기여하게 된다.

5. 결론

역제조기술이 모든 산업 분야에 적용되어진다면 많은 경제적 효과뿐만 아니라 지구환경보존이라는 가치를 따질 수 없는 큰 효과를 가질 수 있을 것이다.

- 재활용성 제고에 의한 자원 회수가 가능
- 사후처리가 아닌 예방차원의 환경성 예측에 의한 최적 설계 및 처리비용 최소화
- 분해기술, 재사용기술등 관련 기술의 사업화를 통한 신산업군 발굴 가능
- 국제 환경협약과 선진각국의 환경규제 강화에 대한 조기 대응으로 인한 대외 경쟁력 확보 및 환경인지도 제고
- 자동차 부품의 재활용을 위한 관련 법규 제정 및 Infra에 대한 제안
 - 설계단계에서 가공성, 환경친화성, 체계적 분해를 통한 재활용성 예측
 - 최적의 설계를 할 수 있는 통합 S/W 개발
 - 자동차 부품들의 설계 및 가공공정 개선
 - 생산품의 재활용성과 생산공정의 환경친화성을 근원적으로 개선
- 재활용성 평가 방법론 및 LCA 기술 확보
- 환경친화형 제품의 설계 및 평가기술 확보
- 청정생산 및 재료기술 확보
- 분해용이성 설계기술 확보
- 회수 및 처리 기술, 부품 재사용 및 소재 재활용 기술 확보
- 폐자원의 재활용을 위한 분해 및 분류기술 확보
- 폐기물 감용화 및 유효이용 기술 확보
- 저에너지 제조 및 오염물질 저감 기술 확보
- 재생시스템의 순환 및 정보 관리 기술 확보 등의 많은 효과를 기대할 수 있다.

(윤여승 실장 : ysyoon@katech.re.kr)