

◆특집◆ 역제조 기술

제품 개발에서 환경 친화성

박홍석\*

Environmental Agreeableness in Design Process

Hong-Seok Park\*

**Key Words :** 환경 평가 기술(Environment Evaluation Criteria), 재활용 사양(Recycling Requirements List) 분해성 해(Disassemblability Analysis), 재활용 핸드북(Recycling Handbook)

1. 서론

그린라운드 등으로 최근에 증가되는 환경에 대한 인식은 새로운 제품의 개발에 큰 영향을 미친다. 경제성, 품질과 스타일링 같은 기존의 관점 외에도 환경 친화성, 편의성 및 안전성이 더 큰 역할을 한다.<sup>1,2)</sup>

이런 배경으로 설계의 초기 단계에서 다양한 부품들을 환경 및 경제적인 측면에서 평가하여, 그 결과를 개발 과정에 피드백 시킬 수 있는 도구가 요구된다. 여기에서 자동차 산업을 중심으로 지속적으로 제품의 환경 친화성을 개선할 수 있는 도구를 소개한다. 환경 친화성의 평가 기준으로는 자원 효율성, 재활용, 소재 이용성과 배출 공해를 활용한다

2. 제품 개발 프로세스

시장과 경쟁력 심화는 최근에 설계와 개발 공정에 큰 변화를 초래하였다. DMU(Digital Mockup) 기술과 동시 공학 이론 등에 의해 개발 기간은 점점 짧아지고 있다. 이들의 적용을 통한 제품 개발에 참여하는 부서간의 협력을 위해서는 새로운 형태의 모델이 요구된다. 협력은 개발 공정의 각 단계에서 요구되는 특수 사항을 고려하여 이루어져야 한다. 협력에 의한 개발 공정 흐름의 관리를

통해서 프로젝트 제어와 중요한 설계 결정이 행해진다(그림 1).

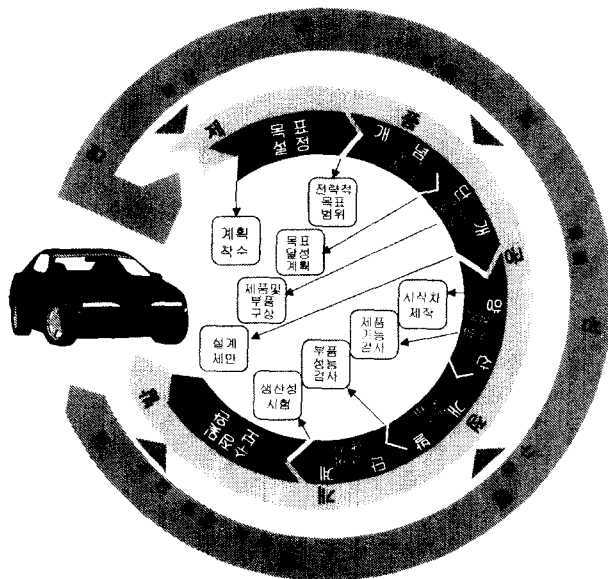


그림 1: 제품 개발 공정 흐름

연구 및 선행 개발 단계에서는 경험, 외적 충동, 착상, 개념 구상과 개발 및 생산 환경 변화에 기인한 외적 요소 등이 제품 및 개발 공정 측면에

\* 울산대학교 기계-자동차 공학부  
Research Center for Machine Parts and Material Processing  
Tel. 052-259-2294, Fax. 052-259-1680  
E-mail : hosk@uou.ulsan.ac.kr

서 분석된다. 결과로서 전략적인 목표들, 즉 설계 사양이 작성되고, 이에 도달하기 위한 수행 계획이 요구된다. 목표 설정 단계에서 공정 진행중 생성될 각 모듈에 대한 성능들이 정해지고, 제품 성능, 제조 방안, 설비 특성 등을 고려하여 전체적인 입장에서 각 목표들이 조화를 이루도록 한다. 이 과정에서 전 제품에 관련하여 환경 및 재활용에 대한 요구사항 카다로그가 작성된다. 이 요구 사항들이 환경 친화성의 측면에서 자원 효율성, 재활용, 소재 이용성과 배출 공해 등의 기준에 따라 분류되어 정리된다. 이어지는 개념 단계에서 제품 구조와 제조 공정과 관련하여 구상되어진 대체해가 잠재 능력 및 위험성 측면에서 평가되어진다. 이를 통해서 완성품 및 부품에 대한 구상이 완성되고, 이에 도달하기 위한 달성 계획과 납품 업체 선정이 이루어진다.

양산 개발 단계에서 제안된 대체 해들에 대한 생산 가능성이 평가된다. 평가 수행을 위해 제조 공정의 타당성 검증과 시험 절차 계획 등이 행해진다. 수정 및 보완 단계에서 모델의 시험 생산 동안 나타난 제품 및 공정상의 결함에 대해 수정 계획이 작성되고, 실행되어진다.

### 3. 환경 친화성 기준들

환경 친화성은 제품 및 부품이 사람과 환경에 미치는 영향으로 평가된다. 본문에서는 특히 자동차의 환경 친화성에 대해 논의한다. 이를 위한 평가 기준으로는 아래 같은 사항들을 들 수 있다.

- **자원 효율성** : 에너지나 자재 소모 절감. 양적인 평가는 환경 기준에 따른다.
- **재활용** : 폐기물의 자원적인 재활용성을 의미하며, 소재의 재생 가능성과 부품이나 소재의 분리성이 고려된다.
- **소재 이용성** : 소재의 선택에서 폐기 용이성과 분류시 소재 종류의 다양성 감소를 지향하고, 재생 용이한 소재가 우선적으로 적용된다.
- **배출 공해** : 배기 가스, 소음 공해와 폐기 처리 용이성 등의 측면에서 평가된다.

이 기준들은 차량과 구성품에 관련해서 카다로그의 형태로 작성된다. 이것의 도움으로 설계자는 재활용, 경량화, 편의성, 안전성과 비용 등에 대한 복잡한 요구사항들 간의 많은 상충 요소들을 해결 할 수 있다. 상반 요소의 절충은 가능한 고객 만족 측면에서 이루어지도록 한다.

## 4. 환경 친화적인 개발을 위한 도구

### 4.1 제품 개발 사양서

3 장에 소개된 기준들에 따라 새로운 모델 개발의 개념 단계에서 완성차에 대한 환경 측면의 요구사항들, 즉 경량화, 연비, 생산 폐기물, 금지된 성분, 자원적 및 열적 재생량, 배기 및 소음량 등이 작성된다. 개발 공정의 진행에 따라 상위의 요구 사항들은 수행되어야 할 부품들의 계층적 기능에 의하여 점점 상세화 되어진다.

이 요구 사항들에 의해 목표치가 설정되고 부품 개발에 이용되도록 한다. 아울러 상위의 요구 사항들에 의해서는 전체 시스템으로서의 최적화가 추구되도록 한다. 또한, 환경 친화성의 만족을 위해 위 4 가지 기준에 따른 평가를 위한 차량 수행 실험 등의 시험 계획도 작성된다.

### 4.2 부품 개발 사양서

환경 친화적인 부품 개발 사양은 일반적인 사양과 부품 특성 사양으로 구성된다. 첫 번째 사양으로는 생산에서 발생하는 폐기물이 소재량의 10%를 초과하지 않도록 한다. 부품의 특수성에 의한 것으로는 환경 친화적이고 경제적인 처리를 위한 구체적인 사항들, 즉 분해성과 파쇄에 대한 방안 등이 존재한다. 사양서에는 이 외에도 재생 용이성과 재활용률에 대한 목표치가 제시된다. 또한 소재 선택을 위한 구체적인 사항들이 존재한다. 이 사양서는 협력 업체 관련자들에게도 제공된다.

부품 개발과 아울러 전체, 시스템으로서의 환경 영향성을 평가하여 최적화를 추구하여야 한다. 이를 위해 실제 주행 시험 등을 통해 소개된 환경 친화성을 4 가지 기준에 따라 평가한다.

### 4.3 분해성 해석

재활용을 위한 최적화 구조와 환경 친화적인 제품의 개발을 위해 분해성 평가를 위한 다양한 도구가 사용된다. 제품은 기능에 따라 모듈별로 구분되어 이들의 분해성 평가를 위해서는 효율적이며, 체계적인 분해 계획 도구가 요구되어진다<sup>[3]</sup>(그림 2).

분해도로서 분해 순서와 그 시점에서 획득할 수 있는 부품과 그 상태를 파악한다. 동시에 같은 레벨에서 수행할 수 있는 분해 공정과 후속으로 수행되어야 할 공정은 다른 레벨에 기술된다. 또한 OR/AND 기능을 이용하여 OR 기능은 분해 순

서를 임의적으로 할 수 있으나, AND(그림 2에서 두줄선)로는 정해진 순서에 따라 분해가 행해진다.

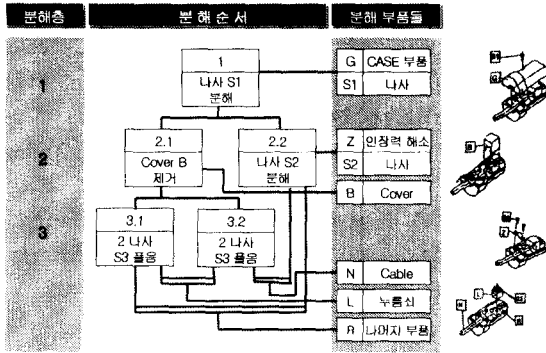


그림 2: 분해 계획도

특정 부품의 분해를 위해서는 분해도상에서 그 부품을 기준으로 상위로 진행하면 된다. 쉽게 분해될 수 있는 단품은 상위 레벨에 놓여질 수 있다. 분해도 상에서 수평적인 관계를 나타내는 것은 부품들이 중심적인 구조로 결합되어 있으므로 부분 분해가 가능하다. 그러나, 수직적인 관계는 계층 구조이므로 부품 재활용을 위해서는 거의 완전 분해가 이루어져야 한다.

시간과 비용 절감을 위한 경제적인 분해를 위해서는 필요한 정도까지만 분해되어야 한다. 재활용의 경제적인 요구 사항들을 고려하여 분해 정도가 결정된다.<sup>[14]</sup>

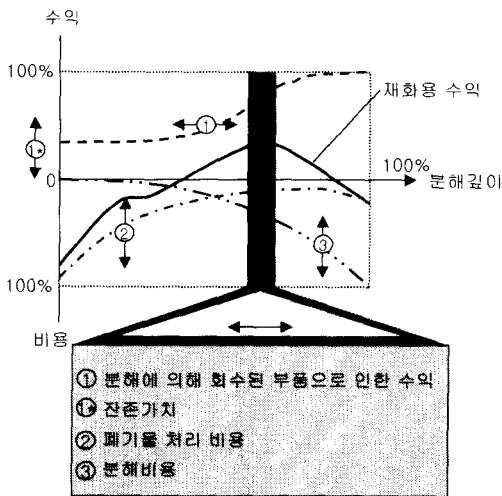


그림 3: 경제적인 최적 분해 깊이

분해 비용과 추가 비용은 환경 친화적인 매립과 선별 및 분류 비용 등에 의해 영향을 받는다. 재활용의 경제성은 재생된 소재와 분해된 부품의 판매 수익에도 의존한다. 이 비용들의 총합에 의한 최대 수익값이 경제적인 최적 분해 깊이를 결정한다.

소재의 양적인 재생성에도 중요성이 인지된다. 소재 재생성율은 신 소재 사용 비용(소재 구입 가격 + 수명 후 폐기 처리비용, 즉 매립이나 소각 비용)에 대한 재생 비용(분해, 재생 처리 비용과 물류 비용)비로서 산출된다. 재활용의 경제성을 위해서는 이 값이 80% 이상 놓여야 한다. 가격이 싼 소재의 재활용은 경제성이 없을 수 있다. 소재 재생성과 분해율과의 관계를 차량의 여러 플라스틱 소재에 대해 그림 4에 나타내었다.<sup>[15]</sup>

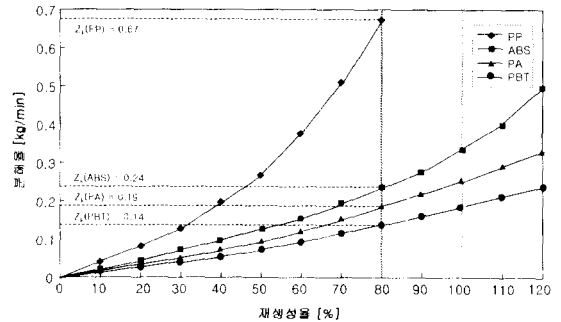


그림 4: 여러 플라스틱 소재에 대한 분해율

경제성의 경제값인 재생성비 80%와 만나는 점을 기준 분해율이라고 한다. 재생비 산출에 근거가 되는 비용들과 가격에 기준하여 플라스틱 PP에 대해서는 분당 670g 이상이 분해되어야 한다. 고가의 재료에 대해서는 이 값은 더 낮아진다.

이들 기준외에도 위험물 및 각종 구동유 제거와 재사용을 위해 반드시 분해되어야 하는 부품들도 있다.

이러한 분해 해석으로 얻을 수 있는 결과는 아래와 같다.

- 분해율, 즉 시간당 분해되어 분류되는 양
- 재활용 친화적인 소재 및 부품
- 차량에 대한 재활용률
- 차량의 구성 성분
- 차량 구성 모듈과 그의 분해도
- 분해와 체결 기술의 상관 관계
- 재활용 지향적인 차량 구조
- 기존 차량에 대한 분해 정보

#### 4.4 재활용-핸드북

앞 절들의 해석 결과들을 법칙화함으로서 재활용-핸드북으로 편집하고, 이를 회사 내부와 협력 및 폐기 업체에 규범으로 활용할 수 있게 한다.

핸드북에는 일반적인 법칙뿐만 아니라 예로서 아래에 소개된 소재 특성에 대한 법칙도 존재한다.

- 금속 비율 80% 이상이고 사용이 제한된 물질이 포함되지 않는 부품들은 재활용에 적합하다.
- 무게 100g 이하의 비금속 물질은 재활용에 적합하지 않다.
- 모든 고무류와 고분자 화합물은 재활용에 적합하지 않다.
- 모든 케이블류는 재활용에 적합하다.

이 외에도 소재 선택과 체결 기술에 대한 설계의 지침서로도 핸드북이 활용된다. 또한, 분해 및 재활용 용이성을 위해 각 부품 및 조립군의 재활용 지향적인 구조에 대한 개선안도 제안한다. 재활용 구조는 실제 현장에서 재활용 분해 작업으로 획득 지식에 근거한다.

### 5. 결론

경쟁력 강화 차원에서 환경 친화적인 제품 개발을 위한 환경 관련 기준을 정의하고 새로운 도구들을 소개하였다. 이것으로 설계자는 개발 과정 중 기술적, 환경적 및 경제적인 측면에서 상호 충돌하는 목표들을 절충하여 시장성 있는 제품을 개발할 수 있다.

환경 친화적인 제품은 일사불란하고 효율적인 개발 프로세스를 요구한다. 개발 초기에는 가능한 충돌이 일어나지 않으면서, 무게, 차량 소음, 부품 및 소재에 대한 재사용률과 재생율에 대한 정확한 목표값을 산정해야 한다. 또한 사용시 연비와 각종 구동유 등의 절감과 환경 영향 물질 배출 및 배기 절감안도 고려하여야 한다. 계속되는 설계 과정에서는 전체로서의 최적화도 추구되어야 한다.

### 참고문헌

1. Okada, H., Ono, H. and A. Yamano, "Disassemblability Evaluation and Designing for Environmentally Conscious Products," EcoDesign '99 Int. Symposium, Tokyo, pp. 281-284, 1999.
2. Meedt, O., "Effizienzsteigerung bei Demontage und

Recycling durch flexible Demontagetechnologien und Optimierte Produktgestaltung," Meisenbach Verlag, 1999.

3. Bopp, R. and Bullinger, H. -J., "Methoden und Hilfsmittel zur Recyclinggerechten Produktentwicklung," VDI-Nachrichten, No. 1171, VDI-Verlag, pp. 145-185, 1994.
4. Nickel, W., "Recycling-Handbook," VDI-Verlag, 1996.
5. Franze, H. A and Neumann, U. et al, "Life-Cycle Optimization of Car Components," SAE Int. Congress, Detroit, 1995.