

환경 친화적 디자인과 생산 시스템

홍순성

수원대학교 전자공학과

1. 서론

현대 산업사회는 기술개발을 통하여 부가가치가 높은 상품을 대량 생산하고, 대량소비를 촉진시켜 경제적 발전을 도모하여 왔다. 그러나, 경제성장에 따르는 부작용으로 폐기물의 대량배출이라는 환경문제가 날로 심화되고 있다. 예를 들면 전자산업은 우리나라 총 수출의 35%를 차지하는 국가기반 산업이나, 현재 국내에서 배출되는 폐가전제품은 년 43만대에 이르고 있으며 폐기량은 계속 증가될 것으로 전망된다. 따라서, 산업체는 대량생산과 대량소비로 인해 발생하는 폐기물을 절감시킬 의무를 사회로부터 요구받고있다. 이 문제를 해결하기 위하여 단순한 recycling만이 고려되고 있을 뿐이다. 전자업계에서는 제품판매의 유통망을 이용하여 폐가전 제품을 회수한 후 중간처리 업체에 인수토록 추진하고 있다. 중간업체는 분해/분쇄 과정을 거쳐 철, 알루미늄, 폴리우레탄 등을 기본원료 형태로 회수한 후 재활용업체로 넘기는 복잡한 단계로 이루어져 있어 고비용 구조가 우려되고 있다. 이와 같이 재활용 단계가 복잡한 원인은 제품설계와 생산과정이 환경여건을 고려하지 않았기 때문이다. 본 논문에서는 Design for Environment(DFE)의 개념을 든, 제품설계단계와 생산 단계에서 DFE를 응용함으로써 폐기물처리 비용의 절감이 가능함을 설명하고자 하며, 또한 앞으로의 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

2. Design For Environment

Design For Environment는 제품 설계 단계에만 국한되는 것으로 생각할 수 있으나, 제품의 전체 life cycle에 응용하여야 그 효과를 최대화 할 수 있다. 제품의 설계,

부품선택, 제품생산 및 유통단계 뿐만 아니라, 소비자의 사용이 끝난 후 처리단계까지 life cycle을 포함하여야 한다.

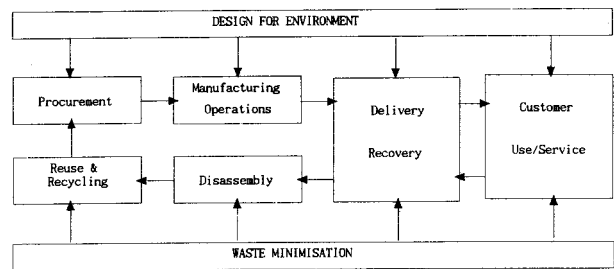


Fig. 1. DFE와 Product Life Cycle.

DFE에서 제품이란 product 자체와 유통단계에서 사용되는 packaging material을 포함하며, 기본개념은 3R 즉, Reduce, Reuse 및 Recycle을 통하여 waste를 최소화 함으로서, 폐기물의 매립과 소각을 최소화하는 것이다. 따라서 DFE는 재료의 선택 및 구매 단계에서 다음과 같은 점을 고려하여야 된다. 오래 사용할 수 있는 재료, 독성이 적은 화학물질을 선택하고, 양이 적게 드는 재료를 선택하는 것이 DFE의 원칙이다. 특히 오래 사용할 수 있는 재료를 product와 packaging에 사용하므로써, 제품의 사용이 끝난 후에도 부품의 재사용율이 높수록 경제적 효과가 크다. 제품설계 과정에서는 disassembly 해체가 쉽고, 부품의 수를 가능한한 줄이며, 각 부품에는 labelling을 부착하므로써, 부품의 재사용시 재처리과정이 명시와, 재활용 가능한 부품을 code화함으로써, 재생산이 용

이하도록 하여야한다. 또한 Personnel Computer 같이 상품의 수명이 짧은 것은, upgrade가 쉽게 이루어질 수 있도록 설계 과정에서 고려하는 것도 DFE의 원리이다. 부품의 수명을 연장시키면 제품의 cost가 올라간다고 생각하지만, 많은 부품이 재사용되면 전체적으로는 원가가 절감된다. Rank-Xerox사는 복사기 분야에서 이미 DFE 원리를 적용하여, Fig. 2에 제시한 바와 같이 연간 약 8천만불에 달하는 경제적 성과를 이루고 있다.

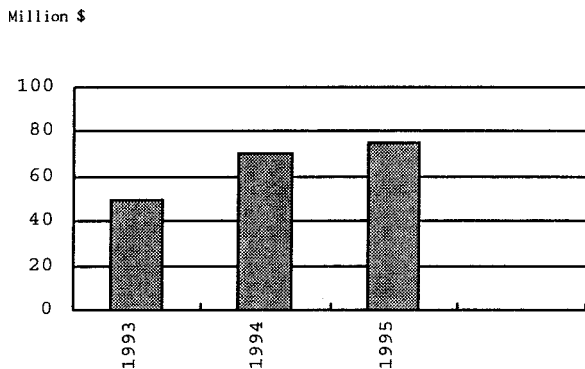


Fig. 2. 재생산을 통한 재료비 절감 예 : Rank Xerox.

제품의 유통단계에서는 packaging material을 최소화하고 재사용함으로써 packaging에 의한 폐기물 발생을 최소화하여야 된다. 이 점을 가장 근접하기가 용이하고 효과도 단시일에 가시화될 수 있어 DFE의 개념을 이 분야에 가장 먼저 고려할 만하다. 제품사용단계에서는 오염물질의 발생을 최소화하고 energy 효율을 높이도록 제품을 설계하여야 하는데, 이 단계만이 DFE의 응용분야라고 오해하기가 쉽다. 다음 제품의 생산 단계에서는 독성 있는 화공약품의 사용을 줄이고, 사용 후 수거된 제품이 disassembly 단계와 수거된 부품이 재사용이 가능토록 생산 system이 설계되어야 된다. 제품의 수명이 끝난 후에도 부품을 reuse하거나 recycle이 가능하여야 하며 그밖에 남은 부품은 환경에 미치는 영향을 최소화시킬 수 있는 폐기처분 과정도 고려하는 것이 DFE의 개념이다.

따라서 DFE개념에 의해 제조된 제품(product와 packaging을 포함한 것)은 재료 선택에서 폐기 단계까지 전 과정에서 waste를 줄임으로써, 폐기물에 의한 환경 영향을 최소화 함과 동시에 제품원가를 줄이는 효과를 얻게 된다. Rank-Xerox사는 이러한 개념

을 asset management라고 부른다. 자기 회사에서 생산된 모든 물건은 cost가 들어간 자기 재산임으로 폐기물이라는 개념을 버리고, asset이라고 하여 폐기하지 않고 reuse 하도록 유도하므로써 Fig. 2와 같은 경제적 효과를 이루고 있다.

3. A CLOSED LOOP MANUFACTURING SYSTEM

사회는 산업체가 생산한 모든 제품을 소비자가 사용한 후 매립 또 소각 등의 방법에 의해 폐기하지 않고 가능한한 reuse와 recycle할 것을 요구하고 있다. 전자제품에서는 잘 검토하여 보면, 많은 부품이 reuse할 수 있도록 설계가 가능한 것이 많이 있다.

부품설계 과정에서 제품수명과 부품수명이 다르도록 설계하는 것인데, 주의할 점은 reuse된 부품을 사용할 경우 remanufacturing된 제품이 새 부품만을 사용하여 생산된 제품과 품질에서 차이가 없도록 하여야 된다. manufacturing 단계에서는 해체된 부품을 우선적으로 분류한 후(reuse, recycle 및 폐기로 구분), 재처리와 검사 과정이 포함되도록 manufacturing system이 체설계되어야 한다. Fig. 3은 Rank-Xerox사가 현재 채택하고 있는 과정이다.

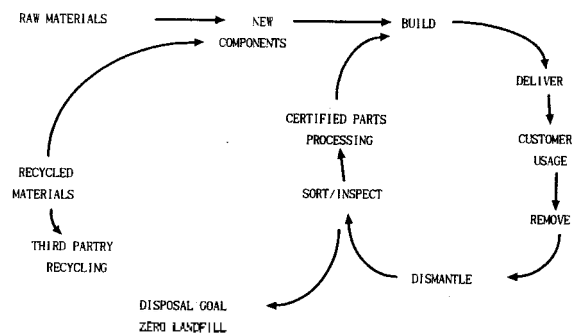


Fig. 3. A Closed Loop Manufacturing Cycle.

니에서는 Ecofactory라고 하여 Fig. 4와 같은 manufacturing system의 연구가 진행중이다.

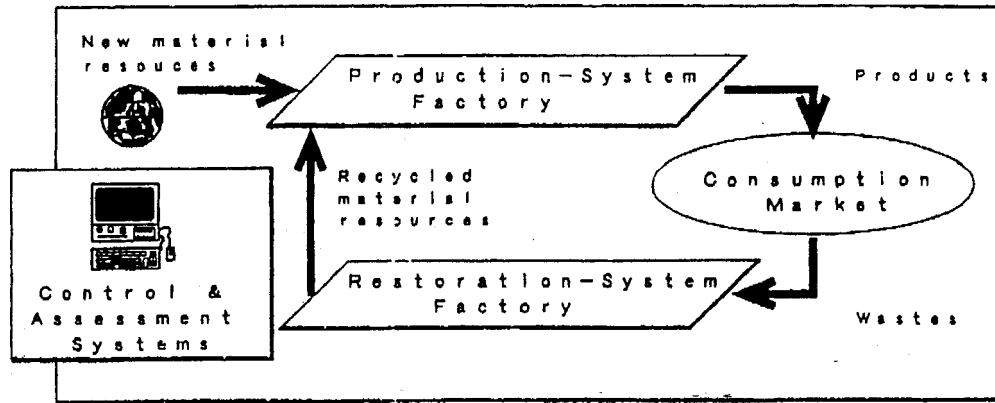


Fig. 4. Main Fields of the Ecofactory.

4. 기술개발 과제

DFE 원리를 이용한 A Closed Loop Manufacturing System을 발전시키기 위하여 다음과 같은 기술과제가 우선적으로 개발되고 실용화되어야 한다.

4-1. 설계·생산기술

설계·생산단계에서 안전성, 신뢰성, 필요기능을 확보하면서 분해, 재자원화하기 쉬운 재료와 제품을 설계, 생산하는 기술. remanufacturing 단계에서는 재자원화된 재료 및 부품을 받아들이기 위한 설계·생산기술의 개발이 요구된다.

4-2. 정보 활용 기술

A Closed Loop Manufacturing System이 원활하게 운영되기 위하여는 제품의 life cycle의 전 과정에서 정보를 공유할 필요가 있으며, 제품 각각에 각종 정보(제조년월일, 조립방법, 분해방법, 재생/재활용방법, 폐기방법)등이 기록되어 있으며, remanufacturing 단계에서 수거된 제품에 부착된 정보를 활용하는 기술의 개발이 필요하다.

4-3. 분해기술

각종 정보에 기초한 수거된 제품의 부품단위, 재료 단위를 용이하게 (가능한 한 자동적으로) 분해

하고 sorting 하는 기술을 말한다.

4-4. 재생기술 및 recycling

제품의 부품을 분리한 후 신제품생산에 재사용될 부품으로 투입하기 전 단계에서 불순물 제거기술, 신부품과 같은 품질에 이르게 하는 고도 재생기술 및 품질 관리 기술이 필요하다.

5. 결론

소비자의 사용이 끝난 제품을 생산 업체가 수거하여, 매립 및 소각을 하지 않고 재처리하는 것을 사회가 요구하고 있는 것이 현실이다. Design for Environmental 원리를 이용한 A Closed Loop Manufacturing System에서는 폐기를 절감은 물론 제품의 원가 절감도 가능하다. Rank-Xerox사에서는 이러한 DFE 개념을 제품 제공 공정에 도입하여 막대한 경제적 효과를 거두고 있다. 향후 우리 나라에서도 DFE개념을 이용하여 단순한 재료의 recycling 단계를 넘는 manufacturing 기술의 개발 및 실용화가 필요하다고 본다.

참고 문헌

1. 한국자원재생공사 : "폐가전 제품 파쇄 및 선별시설 설치 운영 타당성 조사"(1994)

2. 김남하 : “가전폐가물 회수/처리체계” , 그린 삼성, Vol. 37(1997)
3. 최우진, 홍순성 : “The Concept of Industrial Ecology”, , Clean Technology, Vol. 2, No. 1(1996)
4. World Industry Council for the Environmental : “Design For the Environment”(1994)
5. Rank-Xerox : “Environmental Performance Report” (1995)
6. Hideo Inoue : “Ecofactory : Ecologically Conscious Technology for the 21st Century” , J. of Environmentally Conscious Design & Manufacturing”, Vol. 4, No. 1(1995)
7. M. Hattori, N. Nomura, D. Sommer, and H. Inoue : “Fundamentals of Environmentally Conscious Product Design” , J. of Environmentally Conscious Design & Manufacturing, Vol. 4, No. 1(1995)