CLEAN TECHNOLOGY, JUNE, 2000, 6(1) pp. 1 - 6

제품설계와 환경

홍 순 성

수원대학교 전자공학과

Product Design and Environment

Soon-Sung Hong
Dept. of Electronic Engineering, The University of Suwon

요 약

현재 우리나라에서는 제품 설계 단계에서, 기능 설계와 제품의 생산 문제를 동시에 해결하려는 concurrent engineering 이 발전되고 있고, 여기에 추가하여 environment의 영향을 고려한 concurrent 설계의 개발이 필요한 시기가 되었다. 청정 기술이 제품 설계단계에서 활용될 수 있는 예를 제시한다. 또한 design engineer 가 환경문제를 해결하게 하기 위하여는, 기초기능 specification 단계부터, 제품별 환경 spec과 같은 data base 가 PC에서 쉽게 점할 수 있도록 청정기술자의 도움이 필요하다.

Abstract : In the Korean manufacturing industries, it becomes a common practice to carry both design activities and production planning activities concurrently. We should help product design engineers to apply environmental techniques in the design phase. General design engineers are busy enough to provide new technical features and to reduce the product cost. Professionals in the clean technology field should assist the product design engineers by providing the data basis of environmental specifications and appropriate solutions for each product group. This data basis should be easily accessible through internet or other forms appropriate for the personnel computers.

1. 서 론

우리는 신문 또는 방송 등을 통하여 경제냐 환경이냐, 산업이냐 환경이냐 택일을 하여야만 된다는 기사를 수시로 접하고 있다. 특히 요즘 같이 IMF 여파로 많은 산업체가 어려움을 겪고 있는 시기에, 환경문제는 경제가 우선 이라는 이유로 뒤로 물러서 무시되는 경우를 수없이 보고 있다. 과연 산업과 환경은 공존하고 상호 돕는 것이 불가능한 것인가? 청정기술을 이해하고 기술발전을 위하여 일하고 있는 많은 사람들은 경제 발전과 환경보존이 공존할 수 있음을 알고 있으나, 산업체에서의 일반 engineer들을 포함한 많은 사람들의 인식들은 그렇지 못하다.

우선 일반인들이 왜 환경과 경제 발전이 공존하지 못한다고 생각하고 있는지 배경부터 재고하여볼 필요가 있다. 과거를 돌이켜보면 환경과 산업관계가 두 단계로 진행되어왔다. 첫 단계에서는 산업활동으로 일어나는 폐기물을 사후처리에 의한 환경기술에 의존하여 해결하려 하였다. 그러나 환경개선에 대한 욕구가 늘어나, 시화호 사업에서도 보듯이, 사후처리에는 제한이 있음을 알게 되었다. 다음 단계는 정부가 주도하여 각종 환경규제를 만들어 과거의 잘못을 고치려고 노력을 하는 것인데, 이것이 우리의 오늘날의 현실이다. 팔당호 수자원 보호처럼 이런 규제만을 통한 환경개선이 한계가 있다는 것을 신문과 방송을 통하여 오늘날에도 자주 보고 있다. 이러한 현실 하에서, 일반인들이 경제 발전과 환경이 공존할

수 없다고 인식하고 있는 것은 무리가 아니다.

우리 engineer들이 앞으로 설계하고 개발할 제품이 생산에 들어가기 전부터 환경에 미치는 영향을 고려하도록 하여야 한다. 그러기 위해서는 우리가 현장 engineer들과 현재 학교에서 공부하고 있는 학생들을 교육시킴과 동시에 청정기술을 지속적으로 발전시켜야 한다. 설계에서부터 환경영향을 고려하지 못한다면, 경제발전과 환경개선의 두 마리 토끼를 동시에 잡는 과제는 해결되지 못 할 것이고 경제위기 때마다 환경문제는 무시 될 것이다.

산업에서 발생되는 환경문제는 생산공정과 제품분야로 구별할 수 있다. 새로이 설계되는 공정이 아닌 기존의 공장에서 생산공정에서 발생되는 문제를 해결한다는 것은 경비도 많이 들뿐만 아니라 기술적으로도 공정의 변경은 많은 난관이 있어 어려움이 있다. 그러나 제품설계 분야에서는 좀 더 가능성이 있다. 같은 제품이라도 제품 설계 engineer는 플라스틱, 금속, 나무, recycle된 재료 등 사용재료 중에서 선택의 폭이 가능한 경우가 흔히 있다. 따라서 제품 설계자는 설계단계에서 환경문제를 고려하는 것이 바람직하다. 현재 우리 나라에서는 제품 개발단계에서 기능설계와 제품의 생산문제를 동시에 해결하려는 concurrent engineering(동시공학)이 많이 발전되고 있다. 여기에 환경 문제를 고려한 concurrent 설계기술의 개발이 필요한 시기가 되었다고 본다. 본 논문에서는 제품설계과정에서 설계 engineer가 고려할 환경사항들에 대한 Grandel의 보고서 [Ref1]을 정리하여 소개하여 보고자 한다.

2. 설계 절차

우선 제품설계 단계에서 환경에 미칠 사항들을 미리 고려하도록 일반 설계 engineer를 돕기 위해서는 설계 절차를 이해할 필요가 있다. 제품설계자는 먼저 구매자가 어떤 기능과 어떤 가격을 선호할 것인가를 고려하여 기본적인 제품의 사양(specification)을 만들어 설계에 들어가기 시작한다. 현대에서는 이 이외에도 다음과 같은 사항을 고려하여 사양을 정한다.

- 조립성: 생산단계에서 조립이 용이한지, 조립단계에서 생기는 error를 줄이려면 어떻게 해야 되는지, 다른 제품과 부품을 공통으로 사용할 수 있는지 등
- 신뢰성(reliability): 제품의 사용자가 제품 사용시 발생하는 여러 가지 상황에서 사용에 문제가 없도록 한다. 예를 들면 떨어트려 충격이 있어도 고장이 안 생기도록 하거나 겨울이나 여름 등 온도 및 습도의 변화에도 사용하는데 문제가 없도록 한다.
- 사후관리(after service, A/S): 문제가 생겨도 용이하게, 고칠 수 있도록 하여야 된다.
- 검사성(testability): 생산과정과 A/S 과정에서 test하기 쉽게 설계 specification이 되어야한다.
- 규제준수: 정부의 각종규제(안전문제 등)를 준수하도록 한다.

Table 1. Example of toxic chemicals

Benzene	Cadmium and compounds
Carbon tetrachloride	Chloroform
Chromium and compounds	Cyanides
Dichloromethane	Lead and compounds
Mercury and compounds	Methyl ethyl ketone
Methyl isobutyl ketone	Nickel and compounds
Tetrachloroethylene	Toluene
Trichloroethane	Trichloroethylene
Xylenes	

즉 설계는 사양결정 단계부터 기본기능 이외에 생산시 문제, A/S시 문제 등을 동시에 고려하여야 하며 이것이 우리 나라에서도 보편화되고 있는 concurrent engineering이다. 그러나 안타깝게도 제품 specification단계에서 고려하여야 하는 환경문제는 concurrent 설계 engineering에 포함되지 않고 있는 것이 현재 우리의 실정이다. 설계 첫 단계부터 제품이 환경에 미칠 영향을 고려하여 specification되도록 함이 무엇보다도 중요하고 이 단계에서 일반 design engineer와 청정 기술 전문가가 같이 일할 수 있는 방안이 필요하다. 둘째 단계는 재료의 선택이다. 이 단계에서 설계자는 어느 정도 융통성을 갖고 있다. 이것은 아래에서 좀더 상세히 설명하기로 하고, 셋째 단계에서는 상세설계에 들어가게 된다. 이 단계에서 기능, 신뢰설, 생산성, 원가 등이 주체적으로 검토되어 specification이 재 수정되는 경우가 많다. 이 단계에서도 환경문제는 trade-off되는 경우가 많아서 특별히 유념하여야한다.

넷째 단계에서는 새로운 설계가 생산과정에 미치는 영향을 고려하게 된다. 예를 들면 휴대폰은 계속 소형화되는 추세이기 때문에 printed board의 환경영향성을 고려하여 사양이 결정되었다 하더라도 소

형화단계에서 환경에 관한 사양이 비 생산성이라는 명목으로 무시될 수도 있다.

다음 단계는 부품 하청업체의 선정이다. 이 단계에서 일반설계자는 부품의 성능, 신뢰성, 가격 및 부품의 납기 등을 주로 고려한다. 이때에도 청정기술 자는 recycle된 부품이 사용되도록 하고 부품자체가 환경에 미치는 영향이 없는 것을 선택하도록 지원하여야 된다. 이렇게 모든 제품 설계과정에서 청정 기술자의 도움이 필요할 뿐만이 아니라 마케팅 관계자와도 협력하여 제품의 포장 및 폐기단계에서 환경에

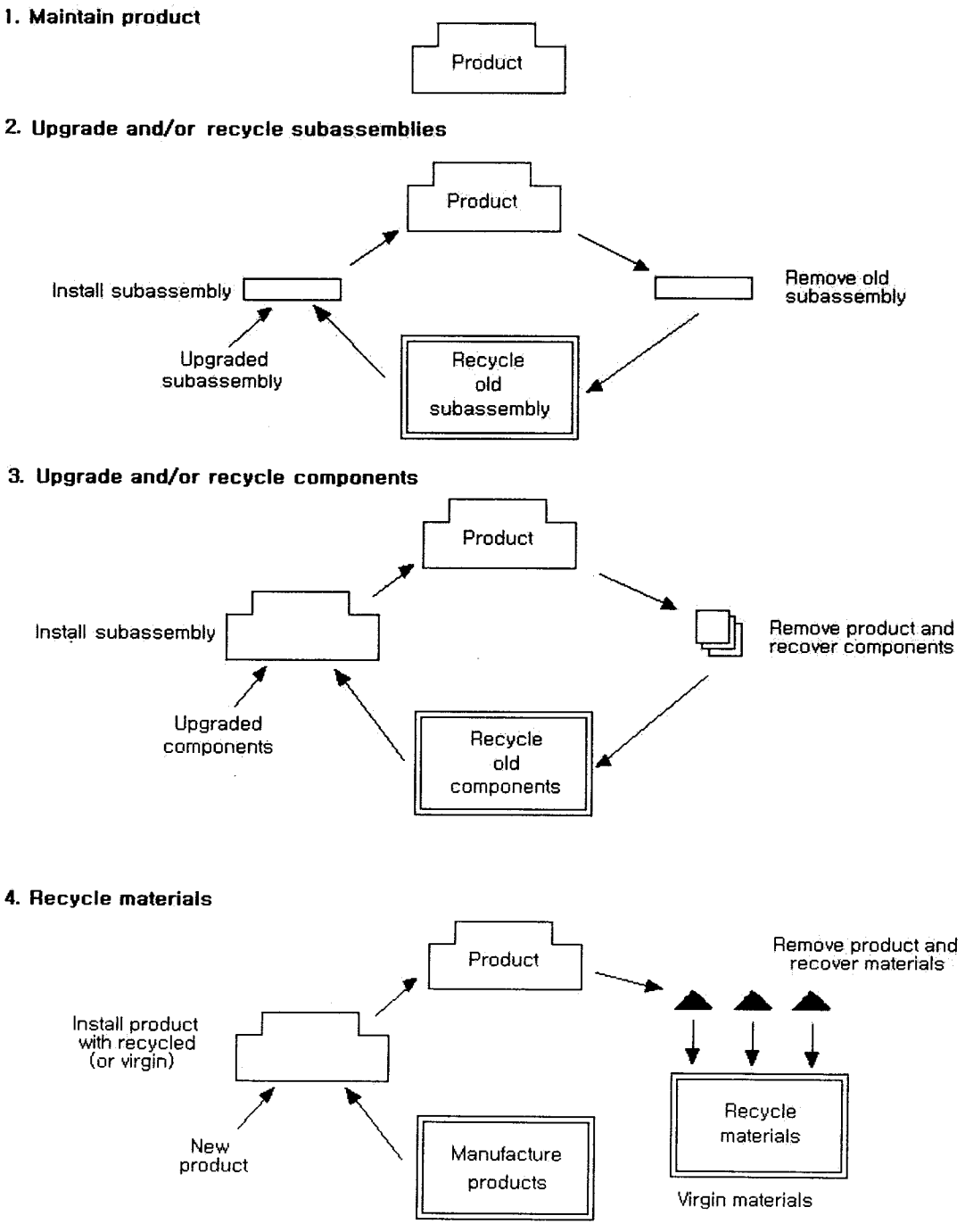

Fig. 1 Step-wise upgrade and strategy

미치는 영향이 없도록 함이 필요하다.

3. 재료 선택

설계단계에서 제품의 재료를 선택할 때 우선적으로 할 일은 유독성 물질이 없거나 작은 재료를 선택하는 것이다. Table 1에서는 유독성 화학물질의 예를 들고 있다. Cadmium, chromium, lead, mercury, nickel등은 제품의 도금에 많이 쓰여지고 있고 나머지는 공정에서 solvent나 cleaner로 쓰이고 있다. 재료선택에서 유독성이 있는 재료를 피하려면 설계자는 제품자체의 재료뿐만 아니라 제조공정에서도 유독성 있는 화학물질이 최소화 되도록 재료선택에 유의할 필요가 있다. 공기에 유독한 물질의 목록은 200개나되고 계속 증가하는 추세이다.[Ref.1, App.B] 유독성 화학물질 이외에도 방사성물질로 인체에 해를 미치지 못하도록 주의 하여야한다. 예를 들면 시계, smoke detector, 계측기 등에 발광물질을 쓰고있는데 이것들은 방사선 물질이 대부분이다. 이런 유독성 물질이 제품 생산시나 사용시에 인체에 해가되지 않도록 설계되어 있다 하더라도 제품 폐기시 문제가 되는 경우가 비일비재하여 설계시에 유독성물질을 다른 비 유독성재료로 대치하거나 최소화할 필요가 있다.

설계당시에 유의만 한다면 많은 재료의 사용량을 줄일 수도 있다. 예를 들면 stress 분석을 하여 기계적 구조변경으로 사용되는 철판이나 플라스틱 두께를 줄이는 것도 설계단계에는 가능하다. 또한 항상 전에 사용하였다고 하여 습관적으로 쓰지 말고 대체 재료를 써서 전체적인 재료의 양을 줄일 수가 있다. 이러한 방법으로 제일 성공한 예가 자동차이다. Table 2에서 보듯이 설계시 유의함으로서 같은 크기의 자동차라도 10%나 양이 줄어들었고, 전자제품은 소형화하여 재료의 양을 줄이는 것을 우리는 늘 보고 있다.

4. 제품 수송 및 사용과 환경

쓰레기 처리장에 가보면 쓰레기의 30%가 제품 포장재임을 알 수 있다. 특히 플라스틱은 전 생산량의 30%가 포장용으로 쓰이고 있다. 제품의 사용자 입장에서 보면 포장재는 포장을 여는 순간부터 불필요한 것임으로 바로 폐기하게 된다. 따라서 제품 설계자는 포장설계자와 같이 공조하여 포장재료의 양을 줄이도록 설계에 유의하여야 된다. 포장재료는 제품을 수송 중 보호하기 위한 것인데 재료 선택에 따라 양을 줄일 수 있다. 예를 들면 컴퓨터 키보드 포장은 polystyrene만을 사용하나 카드보드와 polystyrene을 같이 사용하면, 포장재료의 30%를 줄일 수가 있다. 포장재는 궁극적으로는 폐기하게 됨으로 될 수 있는 대로 recycle한 재료 또는 재활용을 할 수 있는 재료를 선택하도록 설계하는 것이 바람직하다.

자동차 배기가스로 인한 공해문제에서 볼 수 있듯이 제품의 상용단계에서 여러 가지 환경 문제가 제기되고 있다. 제품의 생산시에 일어나는 환경문제는 생산공장의 종업원에 의하여 어느 정도의 해결이 가능하나, 일단 제품이 사용자에게 전달되어서 생기는 공해문제는 제품설계에 의하여만 해결이 가능하다. 예로서 자동차 배기 가스의 공해문제는 엔진 자체를 전기 모터로 바꾸는 개발이 진행되고 있고, 배기가스 필터의 문제도 새로운 설계가 필요하다. 가정용 세탁기에 의한 물의 공해문제는 세정제의 새로운 개발이나 물의 양과 세정제를 최소화하는 세탁기의 설계로만 가능하다. 또 하나는 제품 사용시 사용되는 에너지의 절약으로 경제성과 환경을 동시에 성취하는 효과가 있고, 이 또한 제품 설계자가 설계시에 해결

Table 2. Material composition change used in automotive

material	1978	1988	% change
Carbon steel	870	654	-25
High-strength steel	60	105	74
Stainless steel	12	14	19
Other steels	25	20	-19
Iron	232	207	-11
Plastics	82	101	23
Fluids	90	81	-10
Rubber	67	61	-8
Aluminum	51	68	32
Glass	39	38	-2
Copper	17	22	32
Zinc castings	14	9	-33
Other	62	57	-9
Total	1621	1427	-11

하여야만 가능하다.

대우전자가 "TANK 주의"라고 하여 광고한 제품의 수명을 길게 하는 것도 자원을 오래 사용하여 궁극적으로는 폐기물을 줄이고 경제성을 올리는 방안이다. 이 또한 설계 단계에서 제품이 오래 사용 되도록 설계하여야만 가능한데 maintainability requirement 라고 한다. 오래 사용하기 위해서는 제품이 견고하여 고장이 잘 안 나도록 설계되어야 한다. 다음은 제품 부품들이 쉽게 고쳐지거나 대치될 수 있어야 한다. 개인용 컴퓨터와 같이 새로운 기능이 계속 나오는 제품에서는 upgrade가 용이하도록 설계되어야 제품의 수명이 길어 질 수 있다.

5. Recycling과 제품 설계

때로는 휴대용 전화기에 쓰는 배터리의 접속 플라스틱이 깨어져 교환하고 싶더라도 전화기 자체를 버리고 새 모델로 사라는 권유를 받는 경우가 있다. 2년 조금 지난 모델이라 쓰기에는 불편이 없었는데 오래된 구형이라 맞는 부품이 없다는 것이다. 둘러보니 상당히 많은 사람들이 사용하는데 아무 불편이 없지만 신형의 휴대용 전화기를 너무 빨리 폐기하고 있다. 정부가 새로운 규제로 6월부터는 단말기 매입시 보조금을 지불 못하게 되어 많은 사람들이 서둘러서 단말기를 교체하고 있다. 장기간은 모르겠으나, 우선 많은 단말기가 폐기되고 있음을 볼 수가 있었다. 아직도 주위에서 보면 486PC가 사용되지는 않고 있으면서도 그대로 있는 경우가 있다. 고장이 난 것이 아니라 구형이라 쓰지를 않기 때문이다. 이대로 가면 2005년에는 무려 1억 5천만대의 PC가 쓰레기장에 매립되리라는 예측이 나오고 있다. PC 이외에도 많은 가전제품의 폐기 문제가 심각하게 논의되고 있다.

현재는 recycling이라고 하면 폐기된 제품을 완전히 분쇄하여 기본원료로 다시 만드는 것을 흔히 말한다. 그러나 설계 단계에서 maintainability, upgradability, recyclability를 종합적으로 고려하면 제품의 수명이 길어질 것이다. 따라서 진취적인 recycle model을 제시하여 본다.

이런 recycle system을 가능하게 하기 위해서는 설계 단계부터 제품의 구성을 module화하여 upgrade를 일부 module에서만 하고 나머지는 그냥 쓸 수 있게 하여야 한다. 또 각 제품을 module 별로 용이하게 disassemble 되도록 처음부터 설계하고, upgrade가 필요하지 않은 module은 수명이 길도록 설계되어야 할 것이다.

6. 결론

IMF와 같이 경제적으로 어려운 시점에서 산업이 우선인가 환경이 우선인가라는 논쟁이 일어나면 늘 환경은 우선권을 잃게 되는 것이 현실이다. 따라서 우리는 어떻게 하면 산업과 환경을 동시에 발전시켜야 되는가에 초점을 맞추고 그 해결 방안을 연구하고 제시하여야 한다. 규제나 사후처리 기술만으로는 미약하다는 것을 많은 사람들이 인식하고 있기 때문에 청정기술이 각광을 받고 있는 것도 사실이다. 사전처리 기술로 볼 때 생산공정도 고쳐야 되고 대체물질/상품도 개발되어야 하나 좀 더 근본적으로 설계단계에서부터 환경문제가 해결되도록 함이 바람직한 것을 논의하였다. 그러나 우리 나라에서는 환경친화상품이라고 한동안 Green Computer가 유행하였으나 곧 사라지고 말았다. 원인은 어디에 있는 것일까? 환경의 중요성을 제조업체에 종사하는 engineer들이 몰라서 그런 것은 아닐것 이다. 기술이 일반적으로 급격히 변하고 있는 이 시대에 제품 설계 engineer들은 새로운 기술의 습득, 새로운 기능의 구현, 또 cost reduction 등에 바빠서 설계 단계에서 환경문제를 고려하고 해결할 만큼 기술과 시간의 여유가 없다. 청정기술자들이 제품 설계자와 협조하여야만 정말로 환경 친화적인 제품이 나올 것이다. 기초성능 specification 단계에서 제품별 환경 사양은 무엇이고, 그 사양의 배경은 무엇인가 하는 data base를 설계 engineer들이 쉽게 PC에서 볼 수 있도록 하여야 한다. 또 다음 단계인 상세 설계 단계에서 여러 spec이 재검토되고 trade-off된다. 이 때는 좀더 자세하고 구체적인 해결 방안이 제품별로 PC data base에서 일반 engineer가 볼 수 있도록 하여야 청정기술이 설계단계부터 활용될 수가 있을 것이다. 더 나아가 대학 교육 curriculum에서도 설계 과목이 강조되고 있는데, 환경 해결이 설계의 한 항목이고 그 방법은 무엇인지가 포함되어야 진정한 환경 친화적 제품을 개발할 기술자들이 양성될 것이다. 청정기술과 설계기술이 concurrent engineering 형태로 실현화 될 때 경제성이 우선인가 환경이 우선인가 하는 논쟁은 줄어들 것이다. 이미, 미국, 유럽 및 일본에서는 설계단계에서 청정기술의 도입으로 생산비도 줄고 환경도 개선되는 사례가 늘 보고되고 있고,

산업의 경쟁력이 있는 나라일수록 공해문제도 적다는 것은 우리가 해외여행을 할 때마다 느끼는 점이다.

참고 문헌

1. T. E. Gradel and B. R. Allenby, "Design for Environment," Prentice Hall, 1998.
2. J. Fiskel, "Design for Environment," McGraw-Hill, 1996.
3. H. Brezet and C. van Hemel, "ECODESIGN," UNEP, 1993.