

전과정평가(LCA)를 통한 소형온풍기의 친환경적 디자인 Eco-Friendly Design for Electrical Small Heater through Life-Cycle Assessment(LCA)

*이백희¹, #유희천¹, 허준연¹, 이재훈¹, 김진을², 장필중³, 이화조³

*B. H. Lee¹, #H. C. You(hcyou@postech.ac.kr)¹, J. Y. Heo¹, J. H. Lee¹, J. Y. Kim²,
P. J. Jang³, H. C. Yi³

¹포항공과대학교 산업경영공학과, ²포항공과대학교 기계공학과, ³영남대학교 기계공학과

Key words : eco-design, electrical small heater, life-cycle assessment

1. Introduction

친환경에 대한 사회적 관심이 증가함에 따라 친환경적 제품디자인의 중요성이 점차 높아지고 있다. 제품의 친환경적 디자인(eco-design)이란 제품이 자연생태계에 더 이상 피해를 주지 않으면서 자연의 순환과정에 순응할 수 있도록 디자인하는 것을 의미한다(서흥석, 1998).

친환경적 제품디자인을 위해 제품과 환경에 관련된 복합적인 문제를 해결하기 위한 방법으로 전과정평가가 활용된다. 전과정평가(life-cycle assessment, LCA)는 서비스를 포함한 제품 및 공정의 환경성을 종합적, 객관적으로 평가하기 위한 기법이다(국가LCI정보망, 2012). 본 연구는 소형온풍기의 LCA를 통하여 소형온풍기의 친환경적 디자인을 위한 개선방안을 도출하였다.

본 연구에서는 두 가지 소형온풍기(H사, T사)를 대상으로 제품의 성능 및 사용성평가, 그리고 6단계 친환경적 디자인 절차(환경산업기술원, 2010)가 적용되어 소형온풍기의 친환경적 디자인 방안이 분석되었다.

2. Methodology

본 연구는 두 가지 소형온풍기에 그림 1과 같은 6단계 친환경적 디자인 절차를 적용하여 분해를 수행하고, 각 단계별로 분석을 수행하여 결과를 도출하였다. 또한, 본 연구는 제품의 성능 파악을 위해 1분 간격으로 10분

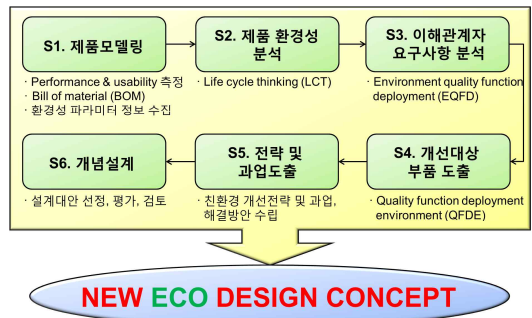


Fig. 1 6-step eco-design process (환경산업기술원, 2010)

동안(1분 이하는 10초 간격으로) 온도, 습도, 풍속, 소음, 그리고 전력량을 측정하였으며, 사용성평가를 위해 본 연구진은 대상($n = 4$)으로 심미성, 운용관련 주관적 만족도(단순성, 정보 제공성, 사용자 지원, 조작 용이성, 사용 안전성), 성능관련 적합도(소음, 온도, 습도, 풍속), 그리고 전반적 만족도에 대하여 5점 Likert 평가 척도를 사용하여 수행하였다.

3. Results

본 연구는 두 가지 소형온풍기의 제품 성능을 측정한 결과, 사용목적에 따라 온풍기를 운용해야 효율적인 것으로 파악하였다. 온도와 습도의 경우, 반비례 관계로 분석되어 건조함을 방지해 줄 수 있는 가습기능을 추가하는 것이 고려될 수 있다. 풍속의 경우, 두 제품이 2 m/s 정도 차이 나는

것으로 분석되어(H사: 0 ~ 0.5 m/s, T사: 2 ~ 2.5 m/s), 에너지를 효율적으로 사용하기 위해서는 사용목적에 따라 사용하는 것이 권장된다. 소음의 경우, 정량적인 수치는 H사(60 ~ 65 dB)가 크게 나왔으나, 사용자가 느끼는 주관적 만족도가 같이 고려될 필요가 있다. 전력량의 경우, T사는 기준전력량(1,200 W)보다 50 W 초과하는 것으로 나타났으며, 온도측면에서 두 제품이 유사한 성능을 보이는 ‘악’ 단계에서는 H사의 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

본 연구는 두 가지 소형온풍기의 사용성평가 결과, H사 온풍기가 사용안전성과 온도 및 풍속 적합도 측면에서 2점 이상 높은 것으로 파악하였다. 본 연구는 사용안전성의 경우, T사 온풍기의 온도조절버튼이 열판 하단에 위치하여 부적절하고, 온도 및 풍속 적합도의 경우, H사 온풍기는 fan을 이용하여 가열된 공기를 고르게 뿌려주어 사용자가 더 효율적인 것처럼 느끼기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구는 두 가지 소형온풍기에 6단계 친환경적 디자인 절차를 적용한 결과, 그림 2와 같은 세 가지 solution 기반의 네 가지 concept을 도출하였다. 첫 번째 단계에서는 제품 분해를 통하여 두 제품의 부품 수는 유사(H사: 68개, T사: 60개)하며, T사의 온풍기가 모듈화(modularization)가 잘 되어 있어 분해가 용이한 것으로 파악되었다. 두 번째 단계에서는 두 제품 모두 전과정 중 사용단계에서의 탄소배출량이 상대적으로 높은 것(H사: 2143 kgCO₂-eq., T사: 2232 kgCO₂-eq.)으로 나타나, 성능을 유지하고 전력량을 줄이는 방안이 필요한 것으로 분석되었다. 세 번째 단계에서는 이해관계자의 요구사항을 분석한 결과, 환경성 파라미터 중 원료물질, 유해물질, 사용 중 에너지 소비, 그리고 재활용률이 중요한 것으로 나타났다. 네 번째 단계에서는 개선대상 부품을 도출한 결과, 열판부와 구동부(모터)의 개선이 에코디자인 측면에서 가장 효과적인 방법으로 파악되었다. 다섯 번째 단계에서는 과업별 해결방안 도출 결과, 환경성 24개, 사용성 14개의 과업이 도출되었다. 마지막 단계에서는 개념설계 결과,



Fig. 2 Eco-design method for electrical small heater

bottom-up과 top-down approach를 고려하여 그림 2와 같은 네 가지 기반의 concept이 도출되었다. 예를 들어, eco-efficient heater는 열원 전력 최소화화 and 부품 재활용률의 최대화를 통해 전기요금 부담 없고 친환경적인 소형온풍기의 concept을 보여준다.

4. Discussion

본 연구는 두 가지 소형온풍기의 전과정평가(LCA)를 위한 6단계 친환경적 디자인 절차 적용과 성능 및 사용성 평가를 수행하여 네 가지 소형온풍기의 친환경적 디자인 방안을 제시하였다. 본 연구에서 제시된 방안들은 추후 소형온풍기뿐만 아니라 전기난방기기 제품을 디자인하는 일반적인 지침으로서의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgments

본 연구는 2012년도 포항공과대학교 에코디자인 전문인력양성사업(2012-4.0007076.01)의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

1. 국가LCI정보망, “전과정평가(LCA)의 정의”, Retrieved from <http://www.kncp.re.kr>, 2012.
2. 서흥석, “환경친화적 제품 개발을 위한 분해 디자인(DFD)에 관한 연구”, 홍익대학교 석사학위논문, 1998.
3. 환경산업기술원, “에코디자인 프로세스 적용 제품군별 매뉴얼”, 2010.