

◆ 특집 ◆ 지속 성장 가능 생산시스템

재제조 단위공정을 고려한 재제조 시스템 평가

Evaluation of Remanufacturing System considering Unit Processes

✉ 목학수¹, 류광열¹, 한창효¹, 전창수¹, 송민준¹, 박상진¹

✉ Hak-Soo Mok¹, Kwang-Yeol Ryu¹, Chang-Hyo Han¹, Chang-Su Jeon¹, Min-Jun Song¹ and Sang-Jin Park¹

¹ 부산대학교 산업공학과 (Department of Industrial Engineering, Pusan Univ.)

✉ Corresponding author: hsmok@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-2426

Key Words: Quantitative Evaluation (정량적 평가), Remanufacturing System (재제조 시스템), Core Collection (코어회수), Remanufactured Products (재제조품), Unit Process (단위공정)

1. 서론

전 세계적으로 재제조 산업에 대한 많은 관심과 연구가 활발하게 진행되고 있다. 선진국의 재제조 산업은 국내와 같이 음성적인 산업이 아니라, 재제조품을 만드는 기업에서 자체적으로 재제조 품질인증 기준을 마련하여 소비자들이 재제조된 제품을 믿고 살 수 있도록 하고 있다.

최근 들어, 국내에서도 재제조산업에 대한 관심을 가지고, 재제조품에 대한 품질인증기준 마련을 위해 정부 차원에서 지원을 하고 있다. 현재까지는 시동모터, 교류발전기에 한하여 품질인증기준이 마련되어 있다. 하지만, 아직까지 재제조된 제품 중 대부분의 제품이 품질인증 기준 없이 소비자들에게 유통되고 있는 실정이다. 이렇게 유통되는 재제조품은 소비자들의 신뢰를 받지 못하고 있다. 소비자들이 재제조품에 대한 관심을 가지게 하려면, 재제조 기업 자체적으로 현 재제조 기업의 취약점을 파악하기 위한 재제조 시스템에 대한 평가가 필요하다.

Fig. 1 은 국내에서 재제조 되는 8 개 부품에 대한 경제적 효과를 나타낸 것이다. 국내 재제조 시장규모는 약 7,700 억 원 이고, 미국은 약 65,800 억 원으로 약 8 배 이상이 차이가 난다.

재제조 시스템 평가를 통해, 현 국내 재제조품

판매가격이 신품 가격의 약 30%~40% 수준으로 선진국에서의 70%~80%보다 낮은 가격으로 판매되고 있지만, 재제조 기업의 단위공정을 취약점을 개선함으로써 국내 재제조품에 대한 가격을 선진국 수준으로 높일 수 있을 것이다. 또한, 재제조품에 대한 소비자의 인식을 높일 수 있을 것이다.

Fig. 2 는 재제조에 관련된 최근 연구동향을 나타낸 것이다. 재제조된 엔진에 대한 LCA 의 연구

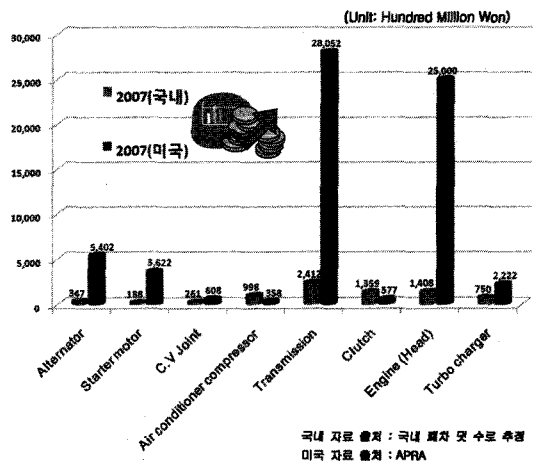


Fig. 1 Yearly Economical Effect of Automobile Part Remanufacturing

는 Yang¹ 이, 자동차 부품 재제조품에 대한 LCA 는 Hwang² 이 연구를 하였고, 재제조 가이드라인에 대한 연구는 Ijomah³ 가, 재제조를 위한 설계최적화는 Park⁴ 이 연구를 하였다.

Inderfurth⁵ 는 제조와 재제조 시스템의 최적화 정책에 대한 연구를 하였다. 그리고, 재제조 전략에 대한 연구는 Webster⁶ 가 재제조에서의 경쟁적 전략에 대한 연구를 하였고, Seliger⁷ 는 제품에 대한 지속가 능한 가치 창출에 대한 연구를 하고 있다.

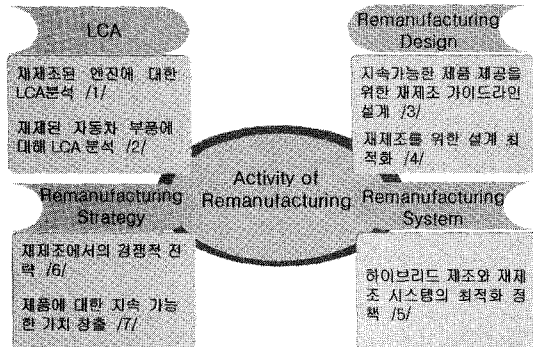


Fig. 2 Trend of Remanufacturing Researches

본 연구에서는 국내 재제조 기업의 각 단위공정에 대한 문제점 분석을 통한 재제조 시스템 평가를 하고자 한다. Fig. 3 은 연구절차를 나타낸 것이다.

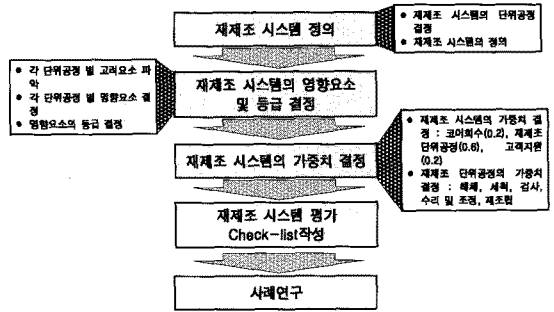


Fig. 3 Procedure of Study

2. 재제조 시스템의 정의 및 영향요소 결정

재제조품이란 수명이 다한 제품이나 부품이 해체, 세척, 검사, 수리 및 조정, 재조립을 통해 신제품과 동일한 성능 및 유사한 성능을 가지는 제품을 말한다.⁸

재제조 시스템은 코어회수부터 제품 판매까지의 모든 일련의 과정이라고 정의하였다.

재제조 기업의 재제조 시스템을 평가하기 위한 재제조 시스템의 단위공정을 코어회수, 재제조 단위공정, 고객지원(판매)으로 결정하였다(Fig. 4).

코어회수 및 고객지원(판매)을 재제조 시스템에 포함한 것은 코어 회수업자나 재제조 기업에서 회수한 코어가 통상적으로 불량률이 약 20%~30%에 이르고 있고, 또한 재제조된 제품이 시장으로 유통 후 불량률이 약 20%내외로 재제조품이 반품



Fig. 4 Unit Process of Remanufacturing System

되고 있다. 그러므로, 5 개의 재제조 단위공정에 코어회수와 고객지원(판매)을 포함하여 재제조 시스템의 단위공정으로 결정하였다.

재제조 시스템의 단위공정에 대한 영향요소는 각 단위공정에서 고려해야 될 사항을 이용하여 각 영향요소를 도출하였다. 재제조 시스템에는 총 28 개의 영향요소가 있다. Fig. 5는 재제조 시스템에서 각 단위공정 별 영향요소 및 영향요소의 등급을 나타낸 것이다. 도출한 각 단위공정 별 영향요소

등급의 점수는 1, 3, 5 를 주었다.

고객지원(판매)의 영향요소 중에서 재제조품에 대한 이력관리에 대한 등급이 3 개의 등급으로 나뉘어 지는데, 이력관리를 전산화하여 관리하고 있으면 5 점을 주었고, 수작업으로 관리하고 있으면 3 점을 주었다. 그리고, 이력관리를 하고 있지 않으면 1 점을 주었다. 이러한 등급에 대한 점수는 재제조 시스템 평가 Check-list 에 평가를 위해 사 사용하였다(Mok^{9,10}).

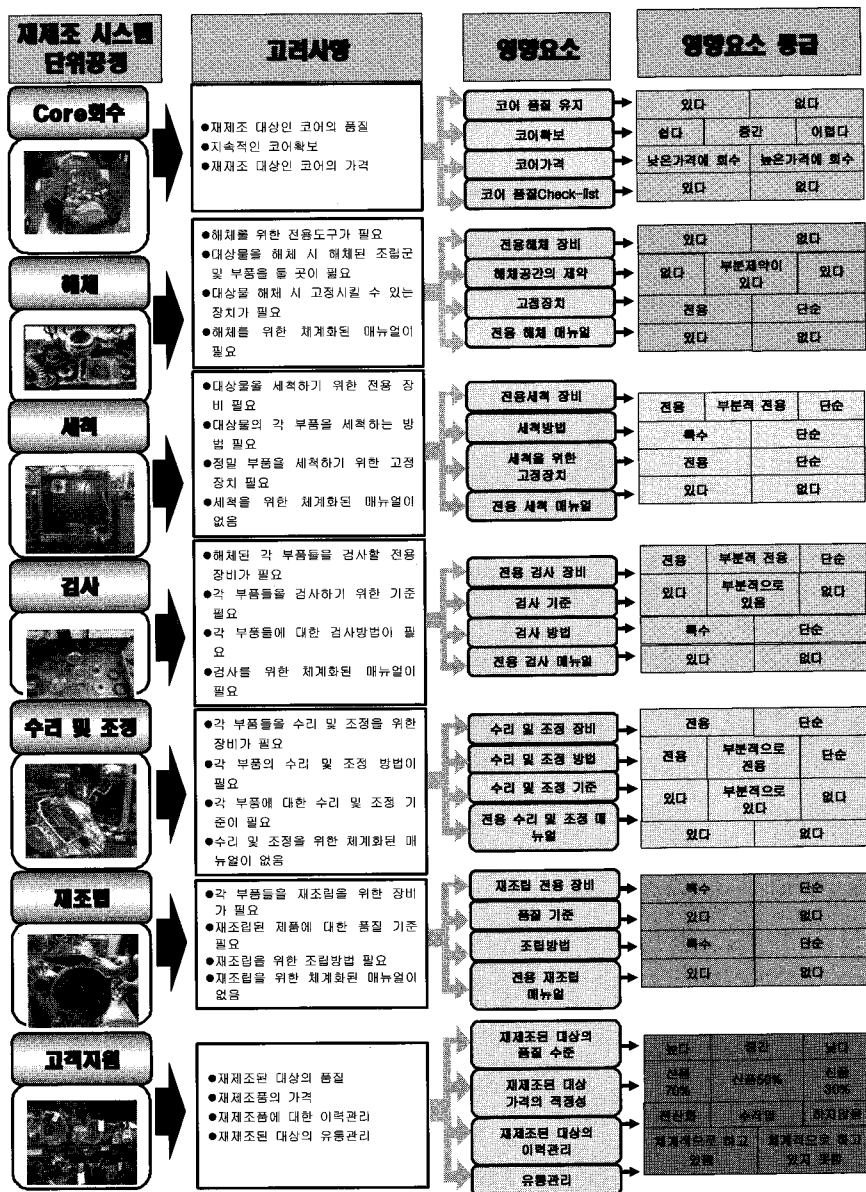


Fig. 5 Influencing Factors of Remanufacturing System

3. 재제조 시스템의 단위공정 가중치결정 및 재제조 시스템 평가 체계

재제조 시스템은 코어회수, 재제조 단위공정, 그리고 고객지원으로 구성되어 있다. 코어회수와 고객지원(판매)에 대한 가중치는 각각 0.2 로 가정을 하였다. Fig. 6 은 재제조 단위공정의 가중치를 결정하는 단계를 보여주고 있다.

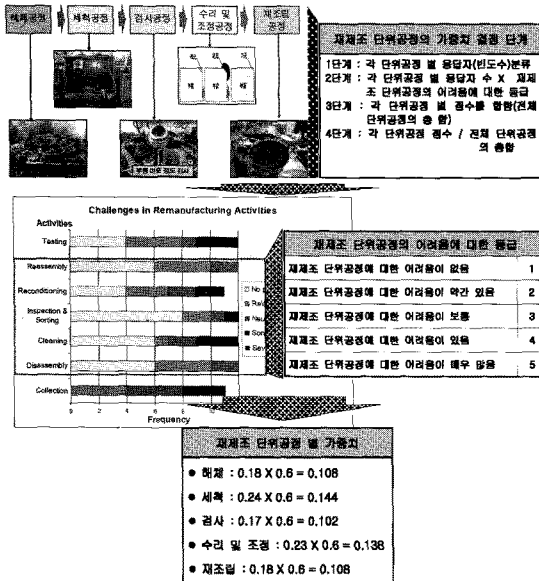


Fig. 6 Decision Procedure for Weight of Unit Process

재제조 단위공정에는 해체, 세척, 검사, 수리 및 조정, 그리고 재조립으로 구성되어 있다. 재제조 단위공정의 가중치를 결정하는 단계는 4 단계로 구성되어 있다. 1 단계에서는 각 단위공정 별 응답자(빈도수)를 분류한다. 2 단계에서는 각 단위공정 별 응답자수에 재제조 단위공정의 어려움에 대한 등급을 곱한다. 재제조 단위공정의 어려움에 대한 등급은 총 5 등급으로 정하였다. 3 단계에서는 각 단위공정 별 점수를 합한다. 4 단계에서는 2 단계에서의 각 단위공정 별로 구해진 값을 3 단계에서 구한 값으로 각각 나눈다.

재제조 단위공정의 가중치를 구하기 위해 독일의 재제조 기업을 대상으로 재제조 단위공정에서 느끼는 어려움에 대한 설문에 대한 응답을 사용하였다. 재제조 단위공정 중에서 해체공정의 가중치는 0.108 이다. 다음은 해체공정에 대한 가중치결정 과정이다.

- 1 단계 : 해체공정에 대한 어려움이 없음(1 등급): 6 개 기업
해체공정에 대한 어려움이 약간 있음(2 등급): 4 개 기업
해체공정에 대한 어려움이 보통(3 등급): 2 개 기업
- 2 단계 : 각 단위공정에 재제조 단위공정의 어려움에 대한 등급을 곱해서 더함
- 3 단계 : (해체공정)20+(세척공정)26+ (검사공정)19+(수리 및 조정)25+ (재조립공정)20 = (단위공정의 총합) 110
- 4 단계 : $\{(\text{해체공정}) 20 / (\text{단위공정의 총합}) 110\} \times 0.6 = 0.108$

Fig. 7 은 재제조 시스템 평가를 위한 단계를 나타낸 것이다. 재제조 기업이 가지고 있는 문제점을 파악하고, 파악된 문제점을 재제조 시스템 평가 Check-list 에 체크를 하게 된다. 재제조 시스템 평가 Check-list 에 체크된 정보를 이용하여 7 개의 재제조 시스템의 단위공정의 점수를 산정하게 된다. 이렇게 산정된 점수는 100 점으로 환산한다.

재제조 시스템 평가를 통하여 재제조 시스템의 취약한 단위공정을 파악할 수 있기 때문에 재제조 기업에서 취약한 단위공정을 중점적으로 개선할 수 있도록 정보를 제공할 수 있다.

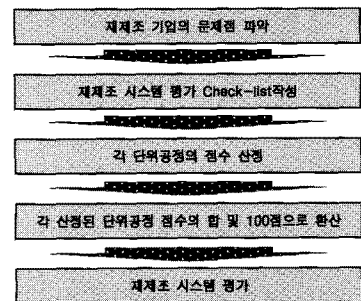


Fig. 7 Evaluation Procedure of Remanufacturing System

4. Case Study

본 연구에서는 국내 자동차 부품 재제조에서 가장 경제적 효과가 큰 트랜스미션으로 연구대상으로 정하였고, 재제조기업체 두 곳에 대해 재제조 시스템을 평가하였다.

재제조 시스템의 7 개 단위공정에 대해 재제조 기업이 가지고 있는 문제점을 파악한 후 재제조 시스템 평가 Check-list 에 체크를 하였다(Fig. 8).

		재제조 A 기업		재제조 B 기업		평가 항목		A 기업		B 기업	
		핵심점 사항						중요도	중요성	중요도	중요성
재제조 시스템 단위 공정	코어회수 공정	● 일련의 코어 수급의 어려움 (코어의 상하 파악을 중심으로 함)	● 일련의 코어 수급의 어려움 (코어의 상하 파악을 중심으로 함)	● 일련의 코어 수급의 어려움 (코어의 상하 파악을 중심으로 함)	● 일련의 코어 수급의 어려움 (코어의 상하 파악을 중심으로 함)	1. 코어회수 용기에 대한 방법이 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4	14	1. 코어회수 용기에 대한 방법이 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	제조공정	● 해체되어진 부품의 분리가 되지 않아 개별 부품관리가 어려움	● 해체되어진 부품의 분리가 되지 않아 개별 부품관리가 어려움	● 해체되어진 부품의 분리가 되지 않아 개별 부품관리가 어려움	● 해체되어진 부품의 분리가 되지 않아 개별 부품관리가 어려움	2. 코어의 구분?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.32	6.48	2. 코어의 구분?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	세척공정	● 해체된 부품의 취체를 위한 공간이 부족	● 해체된 부품의 취체를 위한 공간이 부족	● 해체된 부품의 취체를 위한 공간이 부족	● 해체된 부품의 취체를 위한 공간이 부족	3. 코어의 구분?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.08	7.14	3. 코어의 구분?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	수리 및 조립 공정	● 재제형된 공정의 부재로 작업시간이 많이 소요	● 재제형된 공정의 부재로 작업시간이 많이 소요	● 재제형된 공정의 부재로 작업시간이 많이 소요	● 재제형된 공정의 부재로 작업시간이 많이 소요	4. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	26.96	61.12	4. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	검사공정	● 부품에 따른 세척방법 부족	● 부품에 따른 세척방법을 구비하고 있음	● 부품에 따른 세척방법을 구비하고 있음	● 부품에 따른 세척방법을 구비하고 있음	5. 부품 검사방법 고충사항은 어떤가?	<input type="checkbox"/> 현행(1) <input type="checkbox"/> 개선(1)	4.08	7.14	5. 부품 검사방법 고충사항은 어떤가?	<input type="checkbox"/> 현행(1) <input type="checkbox"/> 개선(1)
	포장공정	● 작업자를 보호할 수 있는 시설이 부족	● 작업자를 보호할 수 있는 시설이 있음	● 작업자를 보호할 수 있는 시설이 있음	● 작업자를 보호할 수 있는 시설이 있음	6. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.08	7.14	6. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	수리 및 조립 공정	● 수리 및 조립을 위한 장비가 부족	● 수리 및 조립을 위한 장비가 있음	● 수리 및 조립을 위한 장비가 있음	● 수리 및 조립을 위한 장비가 있음	7. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.08	7.14	7. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	포장공정	● 수리 및 조립을 위한 기준 미흡	● 수리 및 조립을 위한 기준이 있음	● 수리 및 조립을 위한 기준이 있음	● 수리 및 조립을 위한 기준이 있음	8. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.08	7.14	8. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	고객지원 (판매)	● 고객지원 부문의 분리가 되지 않아 재회수 시 어려움 발생	● 고객지원 부문의 분리가 되지 않아 재회수 시 어려움 발생	● 고객지원 부문의 분리가 되지 않아 재회수 시 어려움 발생	● 고객지원 부문의 분리가 되지 않아 재회수 시 어려움 발생	9. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.08	7.14	9. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)
	고객지원 (판매)	● 재제조에 대한 이해로 인한 고객지원의 어려움	● 재제조에 대한 이해로 인한 고객지원의 어려움	● 재제조에 대한 이해로 인한 고객지원의 어려움	● 재제조에 대한 이해로 인한 고객지원의 어려움	10. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)	4.08	7.14	10. 코어회수 Check 방법론 있는가?	<input type="checkbox"/> 있다(1) <input type="checkbox"/> 없다(1)

Fig. 8 Evaluation Sheet using Weight of Unit Process

재제조 시스템 평가 결과 A 기업이 100 점 기준으로 26.96 점을 받아 모든 단위공정에 대해 취약하게 나왔고, 61.12 점을 받은 B 기업은 재제조 시스템 단위 공정 중에서 재조립공정과 고객지원(판매)에서 취약공정으로 평가 되었다(Fig. 9).

모든 단위공정에 대해 취약하다고 평가된 A 재제조 기업체의 평가 결과 중 코어회수, 세척공정, 재조립공정, 고객지원이 가장 낮은 점수를 받아 우선적으로 취약점을 개선해야 할 것이다. B 기업은 재조립공정과 고객지원을 우선적으로 개선을 해야 할 것이다.

Fig. 10 은 취약점 개선방안을 나타낸 것이다.

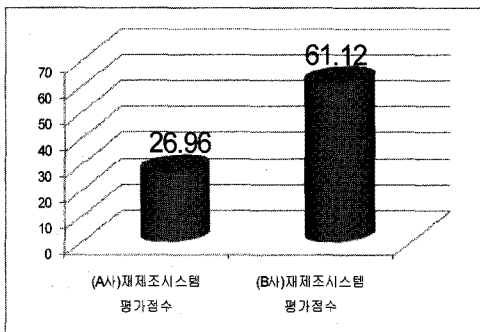


Fig. 9 Evaluation Score of Remanufacturing System

양품의 코어를 회수할 수 있는 기준을 만들어야 할 것이고, 원활한 코어 수급을 위해 기업간 네트워크를 형성해야 할 것이다. 세척공정의 경우는 단순 세척을 위한 장비를 개선해야 할 것이다. 재조립공정의 경우는 재조립에 대한 기업자체 품질 기준을 작성해야 하고, 고객지원의 경우에는 재제조품에 대한 제품 이력관리를 해야 할 것이다.

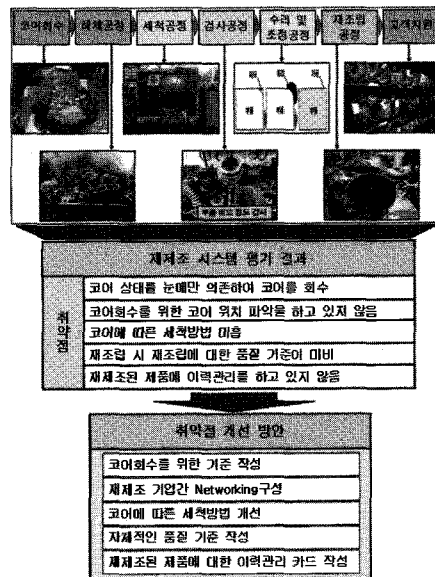


Fig. 10 Improvement of Weak-Points

코어회수에 대한 취약점 개선을 위해 코어회수 시

5. 결론

국내 재제조 기업의 현 상황을 파악하기 위해 재제조 기업이 가지고 있는 재제조 시스템을 정량적으로 평가 하였다. 이를 위해 재제조 업체의 재제조 시스템의 단위공정으로 코어회수와 고객지원(판매)를 추가하여 해체공정, 세척공정, 검사공정, 수리 및 조정공정 그리고 재조립 공정까지 7 개의 단위공정이 고려 되었으며, 이들 각 단위공정 별 영향요소 및 가중치를 결정하여 평가가 이루어졌다.

국내 재제조 기업의 재제조 시스템을 정량적으로 평가함으로써, 기업들이 가지고 있는 단위공정 별 취약점을 파악할 수 있다. 단위공정 별 취약점들에 대한 정보는 재제조시스템의 효율 향상 및 단위 공정 들의 생산성과 유연성을 향상시킬 수 있는 대안의 작성에 도움을 줄 뿐만 아니라, 재제조시스템의 개선을 위한 투자의 크기를 결정해 주는 중요한 자료로 사용될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 에너지 및 자원순환기술 개발 보급사업(2007-N006-00)의 지원과 부산대학교 동남권부품소재산업협력사업단(ILIC)의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

1. Yang, M. and Chen, M., "Life cycle of remanufactured engines," Journal of Central South University of Technology, Vol. 12, No. 2, pp. 81-85, 2005.
2. Jo, H. J., Hwang, Y. W., Park, K. H. and Kang, H. Y., "LCA Application for Remanufactured Parts of Automobile," Global Conference On Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering-Sustainability and Remanufacturing VI, pp. 246-250, 2008.
3. Ijomah, W. L., McMahon, C. A., Hammond, G. P. and Newman, S. T., "Development of design for remanufacturing guidelines to support sustainable manufacturing," Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 23, Issue 6, pp. 712-719, 2007.
4. Park, H. S., Dang, X. P. and Lee, G. B., "Design Optimization of a Plastic Armrest Frame," Global Conference On Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering-Sustainability and Remanufacturing VI, pp. 120-125, 2008.
5. Inderfurth, K., "Optimal policies in hybrid manufacturing/remanufacturing systems with product substitution," International Journal of Production Economics, Vol. 90, Issue 3, pp. 325-343, 2004.
6. Webster, S. and Mitra, S., "Competitive strategy in remanufacturing and the impact of take-back laws," Journal of Operations Management, Vol. 25, Issue 6, pp. 1123-1140, 2007.
7. Seliger, G., "Sustainable Value Creation Nets," Global Conference On Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering-Sustainability and Remanufacturing VI, pp. 2-7, 2008.
8. Steinhilper, R., "Remanufacturing (The Ultimate Form of Recycling)," Ministry of Knowledge Economy, Korea, 2005.
9. Mok, H. S., Moon, K. S., Kim, S. H. and Moon, D. S., "The Complexity Evaluation System of Automobile Subassembly for Recycling," J. of KSPE, Vol. 16, No. 5, pp. 132-144, 1999.
10. Mok, H. S., Jeon, C. S., Han, C. H., Song, M. J., Park, B. S., Kawk, H. S. and Park, S. J., "Evaluation of disassembly/reassembly in remanufacturing system," Global Conference On Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering-Sustainability and Remanufacturing VI, pp.138-142, 2008.