

자원 재활용을 위한 모듈 설계 원칙의 체계화

목학수*(부산대 산업공학과), 양태일(부산대 산업공학과)

Systematization of Module Design Principle for Recycling

H. S. Mok(Industrial. Eng. Dept. PNU), T. I. Yang(Industrial. Eng. Dept. PNU)

ABSTRACT

In this paper, shortening of product life cycle and wide disposal of consumer product have given rise to many environmental problems, it needs to propose module design principle for saving of disassembly cost and reusing of used part and subassembly. To analyze characteristics of module for recycling, materials and function of part and subassembly must be classified. In disassembly process, a unit operation can be grasped for disassembly function, worker, tool and sorting process. As a result of applying module design principle, simpler structure and reduced structural interference can be realized for product structure. For disassembly, simpler disassembly and quicker disassembly can be obtained for recycling.

Key Words : Module design principle(모듈 설계 원칙), Recycling(재활용)

1. 서론

세계 여러 산업 국가들은 여러 가지 환경 문제에 직면해오고 있다. 이러한 환경 문제를 해결하기 위해서 버려지는 많은 부품 및 조립군들을 재 사용하고 재활용을 할 필요성이 대두되고 있다. 사용된 부품 및 조립군의 재활용에 대한 연구는 세계 여러 나라에서 수행되고 있다. 예를 들면, 독일의 자동차 회사인 아우디(Audi)에서는 자동차에 조립되는 부품에 재활용성이 높은 합성물질을 적용하였다⁽¹⁾. 독일의 IWO Munchen 대학에서는 ABC 분류 방법을 적용하여 재활용이 용이한 분리성을 평가하였고⁽²⁾, Aachen 연구소에서는 조립 평가 시스템과 같이 분리 평가 지표를 바탕으로 재활용을 위한 분리 평가 시스템을 개발하였다⁽³⁾. 미국에서는 자동차에 적용되는 소재에 대해서 재활용이 용이한 열가소성 플라스틱을 적용하였다⁽⁴⁾.

본 연구에서는 재활용을 수행하는 분리 공정에 대해서 분리 기능 또는 분리 수행체, 분리 도구 등을 분석하고, 분리 비용을 최소화 할 수 있는 모듈의 영향 요소들을 도출하여 제품 구조에서 구조적 간섭을 최소화하고, 분리 공정에서는 분리 공정을 단순화하고 빠른 분리가 가능하도록 재활용을 향상시킬 수 있는 모듈 개념을 정의하고 모듈 설계 원칙을 제시하고자 한다.

2. 제품의 분리

분리 공정은 분리 공정 전, 중, 후로써 구분될 수 있다. 분리 공정 전은 분리 작업에 대한 정보를 파악하거나, 도구와 고정구를 준비하고 설치하는 기능을 수행한다. 분리 공정 중은 부품이나 조립군으로부터 체결력을 제거하고 체결 요소를 분리하는 것으로써 정의된다. 분리 공정 후는 분리된 부품이나 조립군 및 체결 요소를 이동시켜 분류하고 세척하는 기능 등이 있다. Fig. 1은 제품의 재활용을 위해서 수행되는 분리 공정을 나타내고 있다.

사용된 제품은 재활용할 수 있는 부품 및 조립군, 폐기 처분되는 부품 및 조립군, 체결 요소로써 나누어 질 수 있다. 재활용 될 수 있는 부품 및 조립군은 수리 등과 같은 공정을 통해서 제품에 재 조립 될 수 있고, 재활용 될 수 있는 소재는 재 처리 공정을 수행하였을 때 소재가 가지고 있는 특성이 변하지 않는 소재로써 동일한 소재 특성을 갖는 소재에 대한 분류 공정과 파쇄 및 용융 공정을 통해서 새로운 제품에 사용되어진다. 폐기 처분되는 부품 및 조립군은 분류 공정을 통해서 다른 조립군과 분리되어 버려지게 된다.

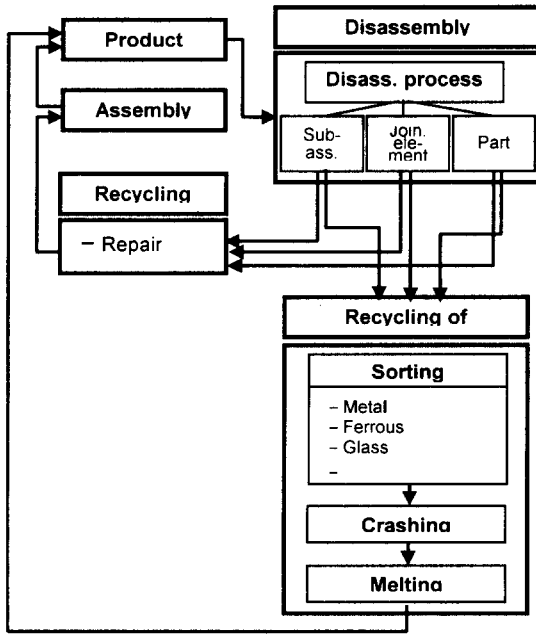


Fig. 1 Recycling process of a product

분리 공정은 분리 공정 전, 중 후로 나누어 분석될 수 있다. Fig. 2는 분리 공정에 대한 세부 기능의 분류를 나타내고 있다. 분리 공정 전의 세부 기능들은 고정, 취급, 분리점 식별 및 접근 기능이 있다. 분리 공정 중의 세부 기능들은 조립 방법의 특성과 분리 주기능에 따라서 절단, 역나사, 역스냅, 들어내기 등이 있다. 분리 공정 후에는 분리 주 기능이 발생된 후에 분리된 대상을 처리하는 기능들로서, 이송, 정렬, 분류 및 세척 기능들로서 제시될 수 있다.⁽⁵⁾

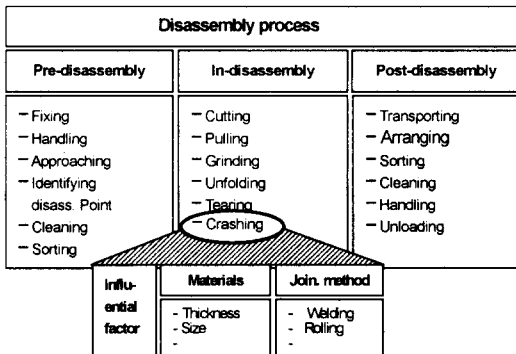


Fig. 2 Classification of disassembly function

분리 공정의 세부 기능들을 수행하는 하는데 소요되는 비용은 제품 및 공정의 영향 요소와 관련을 가지고 있다. 예를 들면, 분리 공정 중의 파쇄 기능은 소재 및 조립 방법과 밀접한 상관 관계를 가진다. 부품 소재는 두께, 크기, 물리적 특성치, 형상

등으로써 분류될 수 있고, 조립 방법은 용접, 프레스, 롤링, 주조 등이 있다.

3. 재활용을 위한 모듈 설계 원칙

3.1 재활용을 위한 모듈 설계 개념

재활용을 위한 설계 원칙을 제시하기 위해서 분리를 고려한 모듈 개념이 요구된다. Fig. 3은 재활용을 위한 모듈 개념을 나타내고 있다. 모듈 개념은 제품과 공정 측면으로 분류될 수 있다. 제품의 모듈 개념은 기능과 구조로서 제시될 수 있고, 공정의 모듈 개념은 분리가 있다. 기능에 대한 모듈 개념의 목적은 조립군간에 기능적인 관계의 복잡성을 최소화 하기 위해서 다 기능화, 단위 기능화, 독립적인 기능화로서 분류될 수 있다. 구조에 대한 모듈 개념은 복잡한 구조를 단순화하기 위해서 구조적인 분리화, 최소의 부품 및 조립군 수, 구조적인 간섭의 최소화로서 제시될 수 있다. 분리에 대한 모듈 개념은 재활용 하기 위한 분리 시간 및 비용을 최소화하고 최소의 분리 공정을 수행하기 위해서 빠른 분리, 분리 공정의 단순화, 독립적인 분리 공정 등이 있다⁽⁶⁾⁽⁷⁾.

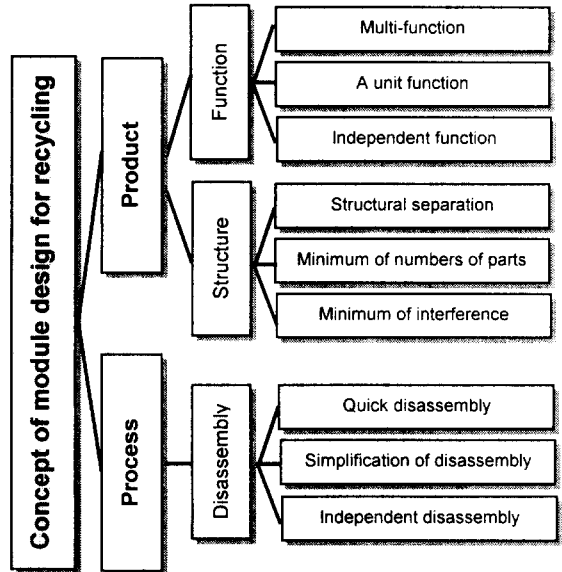


Fig. 3 Concept of module design

3.2 재활용을 위한 모듈 설계 원칙의 방법론

제품 기능 및 구조, 분리 공정에 대한 모듈 개념을 바탕으로 재활용을 위한 설계 원칙들이 제시될 수 있다. Fig. 4는 재활용을 위한 모듈 설계 원칙에 대한 방법론을 나타내었다. 예를 들어, 분리에 대한 모듈 개념에서 분리의 단순화에 대한 모듈 개념을 만족시키는 설계 원칙들 중에서 모듈 설계 원칙에

대한 대안으로써 공정의 일체화, 조립군 군으로써 분리 및 부품들의 일체화를 고려하여 “Minimize pull-out process”의 설계 원칙을 제시할 수 있고, 세부 설계 원칙으로써는 소재, 체결 요소, 부품 형상, 부품 크기, 분리 방향 측면을 고려하여 나타낼 수 있다. 예를 들면, 소재 측면에서는 “Design compound materials”, 등이 있고, 부품 형상에서는 “Design the same part geometry” 등이 있다⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

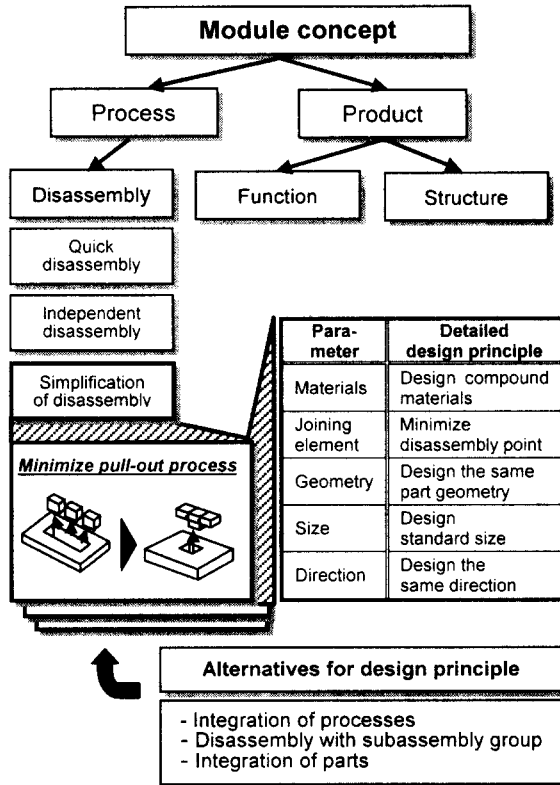


Fig. 4 Module design principle

4. 결론

본 논문에서는 자동차와 가전 제품을 대상으로 재활용이 요구되는 부품 및 조립군에 대해서 제품 구조 및 기능, 분리 공정을 분석하여 재활용을 향상 시킬 수 있는 모듈 개념을 정의하였다. 이러한 모듈 개념을 바탕으로 설계 대안을 고려하여 모듈 설계 원칙을 제시하였고, 소재, 체결 요소, 부품 형상 및 크기, 분리 방향 등과 같이 설계 원칙의 영향 요소의 특성에 따라서 설계자의 요구 사항에 적합한 세부 모듈 설계 원칙들을 도출하였다.

참고문헌

1. Joachim, M. and Andreas, D. T., “Integration der demontage in die produktgestaltung”, Wissenschaft und Technik, 1993.
2. Eversheim, W., Hartmann, M. und Linnhoff, M., “Zukunftsperspektive Demontage”, VDI-Z 134, 1992, Nr.6-Juni.
3. Jovane, F. and Altng, L., “A key issue in product Life cycle : Disassembly”, Annals of CIRP, Vol.42, No.2, 1993.
4. Jackson, P., “Solar simulation on large area plastic parts”, Automotive TECHNOLOGY international, 1994.
5. Zussman, E. and Kriwet, G., “Disassembly-oriented Assessment Methodlogy to support Design for Recycling”, Annals of the CIRP, Vol.43, No.1, 1994.
6. Hillstrom, F., “Applying Axiomatic design to interface analysis in modular product development”, Advances in Design Automation, ASME, DE-Vol. 69-2, p. 363, 1994.
7. Erixon, G., Von Yukull, A. and Arnstron, A., “Modularity: the basis for product and factory reengineering”, Annals of CIRP, Vol.45, No.1, 1996.
8. Mok, H.S. and Yang, T.I., “Determination factor of Modularization of a product”, Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 15, No.8, August, 1998.