

모듈을 고려한 조립군의 교체성 평가

목학수*, 양태일*, 곽동영*

Evaluation of Ease of Exchange of Subassembly Considering Module

Hak- Soo Mok*, Tae- Il Yang*, Dong -Young Kwak*

ABSTRACT

In this paper, to evaluate ease of exchange of subassembly considering module, it needs to analyze structure and function of subassembly, assembly and disassembly process. Exchange process of module can be divided into pre-process and in-process, and determination factors of exchange process are defined by analyzing characteristics of assembly and disassembly process. Based on the analysis of characteristics for structure and function of subassembly, influential factors of module can be proposed. Considered the interrelationship between determination factors of ease of exchange and influencing factors of module, ease of exchange can be evaluated

Key Words : Module (모듈), Subassembly (조립군), Ease of exchange (교체성)

1. 서 론

다품종 소량생산으로 인해 부품 및 조립군의 표준화가 어려워지고, 제품 기능과 구조의 복잡성, 제품에 사용되는 부품 수의 증가, 제품의 수명 주기의 단축 등으로 기업의 생존환경은 갈수록 치열해지고 있다. 이런 환경하에서 타 기업보다 경쟁우위에 서기 위해서 생산설비의 자동화, 가공비용의 최소화, 조립시간의 단축, 마케팅의 강화, 신기술의 개발 등의 연구가 활발하게 진행되고 있다.⁽¹⁾

최근의 소비자의 구매를 보면 고가의 신모델의 제품을 구매하기보다 기존제품을 중심으로 일부분을 변경한 저가 제품을 구매하거나, 개인이 소유하고 있는 제품에서 필요한 부품이나 조립군만 교체하는 추세다. 이러한 조립군의 교체상황에서 제품의 정상적인 작동이 보장되는 범위 내에서 교체

가 용이하게 되는 조립군을 설계함으로써 고장이나 기능의 상향 조정 시 조립군을 교체하는 비용을 절감하고, 사용자의 유지 및 보수를 용이하게 할 수 있다. 따라서 모듈을 고려한 교체성을 향상하기 위한 제품설계는 필요하다고 할 수 있다.

세계 여러 나라에서는 모듈설계에 대한 많은 연구를 수행하고 있다. Daabub와 Abdalla는 DFA개념을 바탕으로 수 조립과 자동 조립 측면에서 조립 방법을 선정하고 부품의 기하학적 형상 및 소재, 제품 구조의 요소들에 의한 수 작업과 자동 조립의 특성을 파악하여 취급 비용, 삽입 비용, 공급 비용 등의 비용 요소를 바탕으로 조립의 용이한 정도를 구하였다.⁽²⁾ Kroll과 Carver는 DFD(Design for Disassembly)개념을 바탕으로 분리 시간을 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다. 이 논문의 방법론은 접근성, 위치성, 분리력 등의 분리를 위한 영향 요소를 도출하고 MTM(Method Time

* 부산대학교 산업공학과, 기계기술 연구소

Measurement)과 작업의 어려움(Difficulty rating)에 의한 분리 평가 표를 작성하여 분리 작업 수, 분리 도구의 수, 분리 취약점 측면에서 분리 시간을 고려한 분리성 평가를 하였다.⁽³⁾

기존 연구들과 본 연구의 방법론의 차이점은 연구의 범위를 수작업으로 한정하여 제품 기능적인 측면 뿐만 아니라 제품 구조 및 조립과 분리 공정 측면을 동시에 고려하였고, 부품 측면보다는 조립군 측면을 대상으로 교체성 정도를 평가하기 위하여 평가 기준을 적용하였다.

Fig.1 은 제품에 대한 모듈화 개념을 나타내고 있다.

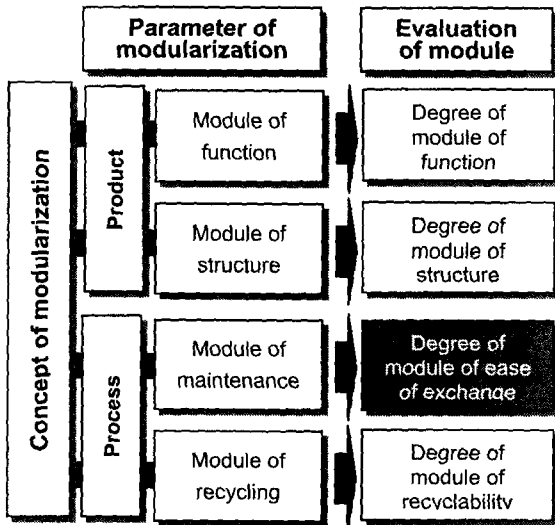


Fig. 1 Concept of modularization

제품에 대한 모듈화 개념은 제품과 공정측면에 고려될 수 있다. 제품측면의 모듈화는 기능과 구조에 대한 모듈화로 제시될 수 있고, 공정측면의 모듈화는 관리와 재활용측면으로 분류될 수 있다. 본 연구에서는 관리측면의 모듈화에 대한 교체성의 정도를 평가하고자 한다. 이를 위해 연구 범위를 다품종 소량생산의 수명주기가 짧은 중소형 가전 제품의 조립군이나 개인용 컴퓨터의 조립군의 교체에 해당하는 경우로써, 한 사람의 작업자가 하나의 작업대에서 의자에 앉아 있거나, 서서 조립군을 교체하는 수작업으로 설정하였다.

2. 모듈과 교체성

2.1 모듈의 정의

조립군이란 두 개 이상의 부품이 결합되어 있는 구조로써 단위 조립 요소라고 할 수 있다. 모듈은 조립군 중에서 두 개 이상의 부품으로 구성되어 있는 표준화된 중간 조립군으로 제품의 기본적인 구성 단위이고, 단위기능을 가지며 분리 및 재조립이 용이하고, 여러 제품에 적용 가능한 조립군의 특징을 가진다. 이러한 모듈 특성에서 조립군의 교체 공정에서 고려될 수 있는 모듈은 조립군의 표준화, 교체 가능한 조립군, 단위 기능의 조립군 등이 있다. 표준화된 조립군은 정해진 규격의 크기나 성능 등의 특성을 가진다. 교체 가능한 구성 단위 요소는 제품에 포함되는 부품 및 조립군 단위 등을 동일한 특성, 동일한 크기 등의 성질을 만족시키는 같은 종류나 다른 종류의 부품단위나 조립군 단위 등으로 바꿀 수 있다. 시각적으로 구분 가능한 구성 단위요소는 제품에 포함되어 있는 부품 및 조립군 단위 등이 눈으로 보아 단위별로 구분될 수 있는 것으로 소형 카세트의 헤드폰의 경우, 눈으로 보아 머리부, 귀덮개부, 연결부 등으로 구분할 수 있다. 제품의 기본적인 구성 단위요소는 한 모듈에 체결된 조립군, 부품, 체결요소가 많더라도 제품에 체결될 때 이 모듈은 한 단위로 분류된다는 것이다.^(4,5) 단위 기능을 가지는 조립군은 자동차의 오디오 기능처럼 뚜렷하게 타 조립군과 기능을 구분할 수 있는 것으로 기능의 추가나 분리가 가능하다.

Fig.2 는 컴퓨터의 모듈들을 나타내고 있다.

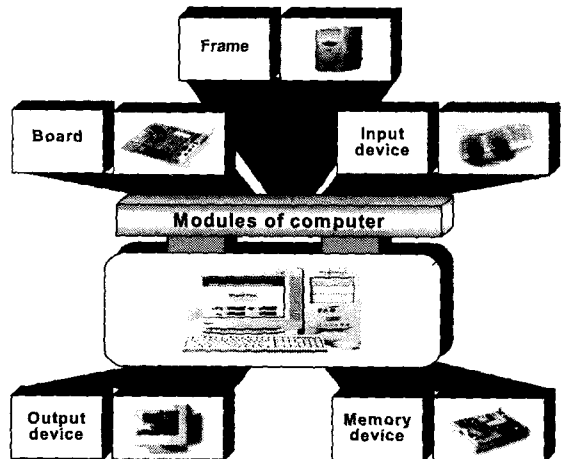


Fig. 2 Modules of computer

컴퓨터의 모듈들은 frame, board, input device, output device, memory device 로써 나누어질 수 있다. 예를 들어, frame 은 컴퓨터의 부품 및 조립군들을 지지하는 모듈로써 몸체 조립군, 지지판 조립군 등이 있다.

2.2 교체성의 정의

기존 제품에서 조립군이나 부품의 손상이나 마모, 기능의 상향 조정 및 새로운 조립군의 추가로 인하여 조립군이나 부품을 분리하여 새로운 부품이나 조립군을 조립할 때까지의 과정을 교체라고 하고, 교체가 행해지는 공정을 교체 공정이라 한다.⁽⁶⁾ Fig.3 은 조립군의 교체 공정과 교체성의 정의를 나타내었다.

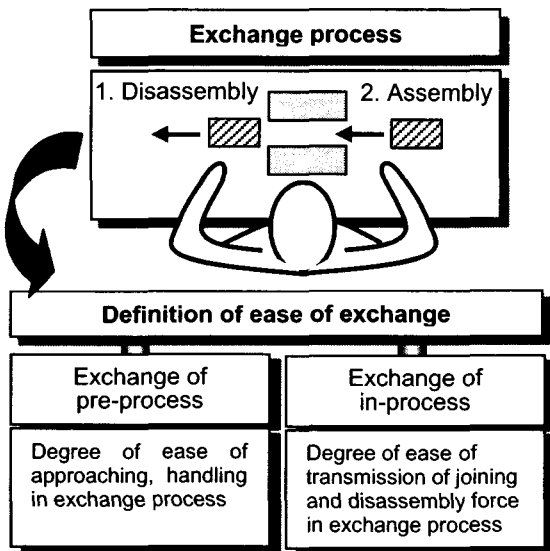


Fig. 3 Definition of ease of exchange

교체성은 조립군의 교체 공정에서 분리는 제품에 포함되어 있는 특정 조립군이 개별화되는 과정으로 정의된다. 예를 들면, VCR 의 헤드(Head)가 수명이 다하여 분리되는 경우 VCR 에 조립되어 있는 헤드부분만을 빼내는 것을 말한다. 분리 공정이 끝난 후 교체될 조립군에 대한 조립의 정의는 대상을 체결요소나 대상 자체의 체결 형상으로써 결합시키는 것이다. 예를 들면, 고장 난 VCR 의 헤드대신 새로운 헤드를 체결하는 것을 말한다. 교체 공정을 바탕으로 교체성이란 교체의 용이한 정도로 정의할 수 있고, 공정 전의 교체성과 공정 중의 교체성으로 분류할 수 있다. 공정 전의 교체

성이란 교체 공정 작업자가 작업장의 조립군에 대한 취급, 운반 등에 대한 작업이 용이한 정도이고, 공정 중의 교체성이란 작업자가 교체대상에 직접 체결력이나 분리력을 전달하기 쉬운 정도이다. 즉, 교체성이란 교체 공정 작업을 할 때 작업자가 작업장에서 조립군을 다루는 데 있어 위치파악, 취급, 접근, 호환에 대한 작업이 용이한 정도와 교체대상에 직접 체결력이나 분리력을 전달하는 데 쉬운 정도이다. 교체를 위해 분리 및 조립을 할 때 고려해야 할 요소는 크기나 기능, 소재, 구조, 분리 방법 및 체결 방법 등이 있고, 분리력이 전달되기 전, 후와 체결력이 전달되기 전의 취급에 있어 장애요인 유무를 파악해야 한다.

또한, 분리를 할 때 도구의 접근이 쉬워야 하고 체결을 할 때에는 도구와 조립군의 접근이 쉬워야 한다. 체결된 부위에 분리력을 가할 때 체결점에 영향을 주지 않거나 최소한의 영향을 미치면서 해체가 이루어져야 한다. 조립군을 교체할 때에 새로운 조립군이 기존의 조립군 대신에 체결되어도 기능이나 크기, 소재 등에 이상이 없어야 하며, 분리된 조립군 대신 새로운 조립군을 재조립 할 때 교체할 조립군의 체결이 쉬워야 하고 분리된 조립군이 지닌 체결력을 유지할 수 있어야 한다.^(5,6)

모듈과 교체성의 정의를 바탕으로 조립군과 모듈의 교체성을 비교하면 조립군의 교체성은 교체시 다른 부품 및 조립군의 간섭이 발생할 수 있고, 새로운 조립군에 대한 호환성이 확보되지 않아 체결 방법의 변경이 요구되며 종속적인 조립 및 분리 순서에 의해 교체시 다른 조립군을 분리하는 부가적인 작업이 발생할 수 있다. 반면에, 모듈의 교체성은 교체시 다른 조립군 및 부품의 간섭 없이 독립적으로 조립과 분리가 가능하며, 표준화되어 새로운 조립군에 대한 호환성이 확보되고 독립적인 조립 및 분리 순서에 의해서 다른 조립군의 분리 없이 교체가 가능하다.

3. 조립군의 교체 공정 분석

3.1 교체 대상

교체 대상은 작업 수행체가 분리 작업을 수행할 대상물과 분리된 대상물 대신 새롭게 조립 작업을 할 대상물을 말한다. 일반적으로 조립 대상과 분리 대상에 대한 구조적 측면의 영향 요소는 Fig.4 와 같다.

Influential factors	Definition
Space of subassembly	Space for exchanging Subass.
Materials of subassembly	Materials among existing and new subass.
Function of subassembly	Function of subass. for product performance
Structure of subassembly	Structure for joining Subass.
Size of subassembly	Size for handling subass.
Feature of Subassembly	Geometric feature for Subass.

Fig. 4 Influential factor of product structure

조립 부품은 소재의 절삭 및 비절삭의 가공 작업을 통하여 조립이 가능하도록 만들어진 단위 조립요소로써, 예를 들면, 가공 부품, 구매 단위부품 등이 있다. 조립군은 두 개 이상의 부품이나 조립군이 체결된 조립 구조로 다시 조립이 가능한 단위 조립 요소이다. 체결 요소는 부품 및 조립군이 용이하게 조립될 수 있도록 이들을 서로 지지 또는 결합시켜주는 요소이고, 분리할 때 체결력을 제거하기 위해 분리력을 가하는 대상이 된다. 교체 대상을 조립군으로 한정시켜 구조적 측면으로 분류하였다. 구조적 측면의 영향 요소는 조립군 공간, 조립군 소재, 조립군 기능, 조립군 구조, 조립군 크기, 조립군 형상이 있다. 조립군 공간은 제품의 내부 또는 외부에서 조립군이 교체되는 공간으로 정의되고, 조립군 소재는 기존의 조립군과 새로운 조립군간에 고려해야 할 소재의 특성이다. 조립군 기능은 제품에서 필요로 하는 특정의 성능을 발휘하는 것으로 정의되고, 조립군 구조는 조립군이 가지는 체결 구조이다. 조립군 크기는 교체 작업을 할 때 취급되는 대상의 크기이고, 조립형상은 조립군의 기하학적 구분이 될 수 있는 형상으로 정의된다.⁽⁷⁾

3.2 조립군의 교체 기능의 분석

조립군의 교체 공정이란 기존의 제품에서 조립군이나 부품의 손상이나 마모와 기능이나 디자인상의 개선, 비용 절감 등의 필요로 해당 조립군이

나 부품의 분리에서 새로운 부품이나 조립군을 조립할 때까지의 과정이 행해지는 공정을 말한다. 교체 공정은 분리 공정과 조립 공정을 포함하고 있다. 분리 공정의 기능과 조립 공정의 기능 중에서 교체 공정에 있어 중요한 영향을 미치는 기능을 Fig.5 와 같이 분류하였다. 교체 기능은 크게 분리 기능과 조립 기능으로 나눌 수 있고, 이 기능은 각각 주기능과 부기능으로 분류될 수 있다. 교체 공정에서 필요한 분리 기능의 주기능은 해체 기능이고 부기능은 위치파악 기능, 취급 기능, 접근 기능이다. 교체 공정에서 요구되는 조립 기능의 주기능은 호환 기능과 체결 기능이고 부기능은 취급 기능과 접근 기능이다.^(8,9)

	Main-function	Sub-function
Dis-assembly	<ul style="list-style-type: none"> • Dismantling 	<ul style="list-style-type: none"> • Handling • Identifying disass. point
Assembly	<ul style="list-style-type: none"> • Interchanging • Joining 	<ul style="list-style-type: none"> • Approaching • Handling

Fig. 5 Functions of exchange process

교체 공정의 기능 중에서 분리 기능에 대한 주기능인 해체 기능을 예를 들면, 해체 기능은 해체하려는 대상물에 직접적으로 분리력을 가해 체결된 상태를 유지하는 힘을 제거시키는 기능이다. 해체 기능에 사용되는 방법들은 기계적 분리와 물리적 분리, 온도, 상 변화, 열에 의한 분리, 화학적 분리로써 분류된다. 기계적 분리는 주로 도구 및 기계를 사용한 분리로 절단, 프레스, 톱질작업, 연마, 역스냅과 역나사, 파쇄 등이 있다. 물리적 분리는 재깎, 당김, 들어 올림, 펴기, 떼기, 사포, 들어냄, 뽑기, 자유낙하, 충격, 밀기 등이 있다. 온도, 상 변화, 열에 의한 분리는 소재에 열, 압력을 가해 상을 고상에서 액상으로 변화시켜 분리하는 방법으로 녹이기, 용접, 수축, 팽창 등이 있다. 화학적 분리는 소재의 화학적 성질을 이용하여 체결력을 없애면서 분리하는 것으로 용제 사용, 전기 분해, 화학 반응 등이 있다.

조립 기능에 대한 주기능인 체결 기능은 조립 시스템 내에서 두 개 이상의 부품이나 조립군이 단위 조립군으로 작업되어 질 때 부품 및 조립군간에 체결력을 전달하는 기능으로써, 체결 요

소에 의한 체결, 형태 변화에 의한 체결, 간섭에 의한 체결, 상 변화에 의한 체결, 열에 의한 체결 로써 분류된다. 체결 요소에 의한 체결은 체결 요소를 사용하여 체결한 경우로, 볼트 체결, 리벳 체결, 못에 의한 체결, 썸기에 의한 체결 등이 있다. 형태 변화에 의한 체결은 조립될 부품에 형태를 변화시켜 체결력을 갖게 하는 방법으로, 시이밍, 롤링, 접기, 스웨이징 등이 있다. 간섭에 의한 체결은 조립될 두 개 또는 그 이상의 부품의 형상들의 간섭에 의해 체결력을 갖게 하는 방법으로, 끼워 맞춤, 스냅 체결, 억지 끼워 맞춤, 접착제를 이용한 끼워 맞춤, 스프링 클리핑 등이 있다. 상 변화에 의한 체결은 소재를 고체 상태에서 액체 상태 또는 기체 상태로 바꾸어 체결력을 가지게 하는 것으로 단조, 도금과 같은 플레이팅, 페인팅, 스프레이에 의한 방법 등이 있다. 열에 의한 체결은 고온으로 금속 등의 부품이나 소재를 녹여 체결하는 방법으로 용접, 주조, 경납, 연납 등이 있다.

3.3 조립군의 공정적 측면의 영향 요소

교체 공정의 기능인 분리 기능과 조립 기능을 분석한 후 작업장에서 교체 공정 전, 중에 큰 영향을 미칠 수 있는 영향 요소로 Fig.6 과 같이 결정하였다.

Influen. factor	Detail factor
Approaching	Approaching direction
Disass. method	Number of disass. method
Joining method	Number of joining method
Oper. sequence	Sequence of ass. and disass.

Fig. 6 Influential factor of exchange process

교체 공정의 영향 요소 중에서 접근 방향은 조립군과 도구의 접근 방향으로 분류하였다. 분리 방법은 영구 체결 방법을 제외한 비영구 체결 방법에서 분리 방법 수에 대한 측면을 고려하였다. 체결 방법의 경우 새로운 모듈을 교체할 때 몇 가지 체결 방법을 사용하느냐에 따라 분류하였다. 작업 순서는 대상물을 분리하거나 교체될 대상물을 조립하는 순서를 의미하고, 교체 작업의 단순한 정도와 분리작업 전이나 조립 작업 전에 선행 작업의 필요여부, 교체 작업 후 마무리 작업의 필

요여부를 고려하여 분류하였다.^(8,9,10)

4. 모듈 영향 요소의 분류

교체 대상의 분석과 조립군의 교체 공정의 분석에서 구한 구조적 측면의 영향 요소와 공정적 측면의 영향 요소를 고려하여 모듈의 영향 요소를 결정하였다. 구조적 측면의 영향 요소는 교체 대상인 조립군의 구조의 특성에 의해 조립군 공간, 조립군 소재, 조립군 기능, 조립군 구조, 조립군 크기, 조립군 형상 등으로 분류할 수 있다. 공정적 측면의 영향 요소는 교체 공정의 분석에서 도출된 영향 요소로 제품 구조의 특성에 의해서 조립 공정이 독립적으로 분리되어 수행될 수 있는 것으로써 접근 방향, 분리 방법, 체결 방법, 작업 순서 등으로 분류하였다

4.1 모듈의 구조적 측면의 영향 요소

모듈의 구조적 측면의 영향 요소 중에서 예를 들어, 조립군 구조는 부품 및 조립군들이 위치되어져 있는 구조적 특성에 의해서 선택 구조와 필수 구조로 나누어진다. 선택 구조는 독립형 구조이고, 최종 제품에 있어 해당 모듈이 제품에 없어도 전체 제품 구조에 장애가 없는 구조이다. 필수 구조란 종속형 구조이고, 최종 제품의 구성에 있어 모듈이 반드시 포함되어져야 할 구조이다. 이 경우 교체를 할 때 주변의 조립군과의 구조에 대해 고려해야 하기 때문에 독립 구조에 비해 교체가 용이하지 못하다.^(7,8) 선택 구조와 필수 구조는 Fig.7 과 같이 체결 구조에 따라 단일 구조, 이중 구조, 다중 구조로 분류될 수 있다.

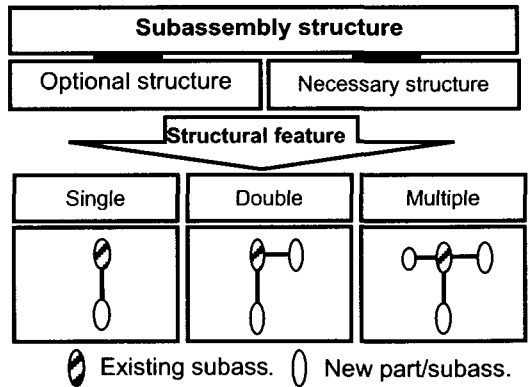


Fig. 7 Classification of subassembly structure

단일 구조란 모듈이 한 개의 부품이나 조립군에 연결된 구조이고, 이중 구조란 두 개의 부품이나 조립군에 연결된 구조를 말한다. 다중 구조란 세 개 이상의 부품이나 조립군에 연결된 구조를 말한다. 다른 부품이나 조립군에 연결된 수가 적을수록 교체가 용이하다.

4.2 모듈의 공정적 측면의 영향 요소

모듈의 공정적 측면의 영향 요소는 제품의 구조적 특성에 의해서 영향을 받을 수 있는 작업자, 작업 도구, 작업 방법의 특성에 따라서 접근 방향, 분리 방법, 체결 방법, 작업 순서 등으로 분류될 수 있다. 예를 들면, 조립군의 접근 방향은 신체의 사용 부위와 방향 변경 수 및 방향성으로써 분류된다. 접근 방향 변경 수는 방향 변경 수가 많을수록 접근이 용이하지 않다. 방향성은 직선, 곡선, 복합 방향으로써 분류하였다. Fig.8 에서 직선, 곡선, 복합 방향의 접근 방향의 방향성 중에서 직선 방향의 세부 기준을 분류하여 10 단계로써 나누었다. 예를 들어, SJS 단계는 조립군의 접근이 직선 방향이고, 손가락만 사용하는 경우와 tool 접근이 대칭 방향인 경우이다.^(8,9,10)

Direction	Classification of detail criteria
SJS	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use joint of finger Approaching direction of tool is symmetric
SJA	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use joint of finger Approaching direction of tool is asymmetric
STS	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use wrist Approaching direction of tool is symmetric
STA	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use wrist Approaching direction of tool is asymmetric
SES	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use elbow Approaching direction of tool is symmetric
SEA	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use elbow Approaching direction of tool is asymmetric
SWA	<ul style="list-style-type: none"> Approaching direction of subass. is straight Use waist Approaching direction of tool is asymmetric

Fig. 8 Criteria of straight direction for approaching

5. 조립군의 교체성 결정 요소의 분석

5.1 조립군의 교체성 결정 요소

교체성 결정 요소는 공정 전과 공정 중으로 분류될 수 있다. 공정 전의 교체성이란 교체공정 작업자가 작업장의 조립군에 대한 취급, 운반 등에 대한 작업이 용이한 정도이고, 공정 중의 교체성이란 작업자가 교체 대상에 직접 체결력이나 분리력을 전달하기 쉬운 정도이다. 교체성 결정 요소는 교체점의 위치파악과 교체 대상의 취급, 접근이 일어나는 교체 공정 전과 해체와 호환, 체결이 일어나는 교체 공정 중으로 분류된다.⁽⁸⁾

공정전의 결정 요소인 위치파악 용이성은 교체하려는 대상의 체결 방법을 인식하고 분리점과 체결점을 파악하기 쉬운 정도로 정의된다. 위치파악 용이성의 영향 요소들은 시각성, 분리 정보, 부품간 간섭, 체결점, variant 로 파악하였다.

취급 용이성은 분리력이 작용되기 전, 후로 분리될 조립군의 취급과 새로 체결될 조립군이 체결 지점으로 운반이나 취급하기가 쉬운 정도로 정의된다. 형상이 단순할수록 취급이 용이하고, 취성이 높으면 취급하는데 주의를 요구하게 되므로 취성이 낮을수록 취급 용이성이 좋다. 취급 용이성의 영향 요소들은 무게, 공정 위험도, 작업 영역, 취급 정도, 취급 보조도구로 파악하였다.⁽⁹⁾

접근 용이성은 분리를 위해 도구를 조립군에 접근시키기와 체결을 위해 새로운 조립군과 도구를 접근시키기가 쉬운 정도로 정의한다. 도구를 접근시킬 때 작업 영역이 확보되어야 하고, 다른 부품이나 조립군 등의 형상에 접근장애가 없어야 접근 용이성이 좋아진다. 접근 용이성의 영향 요소들은 시각성, 공정 위험도, 부품간 간섭, 방향 전환 수, variant 로 파악하였다.⁽⁸⁾

해체 용이성은 체결된 부위에 분리력을 가해 체결력을 제거하기 쉬운 정도로 정의된다. 교체에서 해체의 경우 분리될 조립군이 분리과정에서 분리될 조립군이나 체결 부위에 손상을 가져오는 분리 방법은 사용할 수 없으므로, 교체 방법은 비 영구 체결 방법으로서 가정하였다. 해체 용이성의 영향 요소들은 공차, 분리 정보, 부품간 간섭, 분리력, 작업 영역으로 파악하였다.^(9,10)

호환 용이성은 제품을 구성하는 조립군을 교체할 때 타 부품이나 조립군 단위와 형상이나 기능, 크기 등에 있어 호환되기 쉬운 정도로 정의된다.

		Ease of handling					Points
		Weight	Dangerous process	Working space	Degree of handling	Auxiliary tool	
	Space of subass.	○	●	●	●	●	17
	Materials of	●	●	○	●	●	19
	Size of subass.	●	●	●	●	●	23
	Disass. method	○	●	●	○	●	11
	Joining method	○	●	●	●	●	13
	Opera. sequence	○	○	○	●	●	9

● High interrelationship(5 points) ● Middle interrelationship(3 points) ○ Weak interrelationship(1 point)

Fig. 9 Interrelationship between ease of handling and influential factor of module

예를 들면, 새로 체결될 조립군이 기존의 분리된 조립군과 간섭을 받지 않는 범위 내에서 크기가 달라도 기존 조립군이 가진 기능과 동일 기능을 제품에 제공하는 것이 가능할 때 호환 용이성이 향상된다. 영향 요소들은 공차, 조립 정보, 부품간 간섭, variant, 재사용성으로 파악하였다.⁽⁹⁾

체결 용이성은 두 개 이상의 부품이나 조립군이 접해 있을 때 한 쪽이 다른 쪽에 체결되기 쉬운 정도로 정의된다. 교체에서 체결의 경우 취성이 낮고 내구성이 높고 유해성이 낮은 경우에 체결이 용이하다. 영향 요소로는 공차, 접촉 상태, 체결력, 조립 정보, 부품간 간섭 등이 있다.^(10,11)

5.2 조립군의 교체성 결정 요소에 대한 영향 요소 분석

조립군의 교체성 결정 요소의 분석을 하기 위해 결정 요소의 영향 요소와 모듈 영향 요소간의 상관 관계를 분석하여 평가 기준들을 제시하였다. Fig.9는 교체성 결정 요소 중에서 취급 용이성과 모듈 영향 요소간의 상관 관계를 나타내었다. 취급 용이성과 모듈 영향 요소간의 상관 관계에서 밀접한 상관 관계를 가지면 5점, 중간정도의 상관 관계를 가지면 3점, 상관 관계가 없으면 1점을 주었다. 각 용이성 별로 평가점수의 합이 다른 영향 요소에 비해 상대적으로 높은 50% 이상의 모듈 영향 요소를 선택하여 이들을 모듈을 고려한 조립군의 교체성 정도를 평가하는 기준 요소로써 결정하였다. 이렇게 정해진 기준요소의 점수를 합하여 기준요소의 수를 나누면 교체성의 각각의 결정 요소의 평가점수에 할당되는 가중치 점수를 얻을 수 있다.

Influ. factor	Classification of evaluation criteria	
	Characteristics of materials	
	1	Very attentive handling
	3	Attentive handling
	Simplicity of joining structure	
	1	Num. of joining subass. are over 3
	3	Num. of joining subass. are 2
	Handling to size	
	1	Use of auxiliary tool by small size
	3	Use of two hands
	Geometric shape of subassembly	
	1	Complexity and sharp of shape
	3	Complexity or sharp of shape
Points	Interference of subassembly	
	1	Very difficulty of handling
	3	Difficulty of handling
	5	No interference

1 point : Low ease of handling
3 points : Middle ease of handling
5 points : High ease of handling

Fig. 10 Evaluation criteria of ease of handling

취급 용이성의 영향 요소와 관련하여 점수가 높게 나온 모듈 영향 요소로는 구조적 측면에서는 조립군 공간, 조립군 소재, 조립군 크기, 조립군 형상이 있고, 공정적 측면에서는 접근 방향이 있다.

Fig.9의 상관관계 표를 바탕으로 취급 용이성과 관련하여 Fig.10과 같이 평가 기준들을 제시하였다. 예를 들어, 조립군 소재에 대한 취급 용이성

기준들은 소재의 특성에 의한 작업자의 주의 정도에 따라 가중치를 1, 3, 5 점으로 제시하였다. 가중치가 1 점인 경우는 취성이 강한 소재, 유연성이 높은 소재 등과 같이 소재의 특성으로 인하여 작업자가 매우 세심한 주의를 요구하는 경우이다. 가중치가 3 점에 해당되는 경우는 작업자의 주의 정도가 낮은 경우로써 정의될 수 있다. 가중치가 5 점인 경우는 강성이 높은 소재 등과 같이 작업자의 특별한 주의가 요구되지 않는 경우로서 취급이 용이하다.⁽¹²⁾

6. 조립군의 교체성 결정 요소의 평가

교체 공정의 교체성 정도를 평가하기 위해 Fig.11과 같이 교체성 결정 요소들 중에서 취급 용이성과 모듈 영향 요소의 구조적 측면의 세부 기준들을 예를 들어 나타내었다.

Ease of handling											
Influential factor of subassembly structure											
Space		Material		Function		Structure		Size		Feature	
Factor	Points	Factor	Points	Factor	Points	Factor	Points	Factor	Points	Factor	Points
I E		M1	●	IB		SC 1	●	a	○	A	○
				IE						B	●
I S		M2	●	IM		S C2	●	b	●	C	●
				DB						D	●
I L		M3	●	DE		SC 3	○	c	●	E	○
				DM						F	○
O S		M4	●			NC 1	●	d	○	G	●
O U		M5	○			NC 2	●			I	○
						N C3	○		J	○	
		M6	●							K	○
										L	○

○ : 1 point (Low ease of handling)
 ● : 3 points (Middle ease of handling)
 ● : 5 points (High ease of handling)

LEGEND

SC1: Optional structure and joining point is one
 SC2: Optional structure and joining point are two
 IR: Independent and basic function
 ER: Independent and expanded function
 DB: Dependent and basic function

Fig. 11 Evaluation of structural criteria among Influential factors of module and ease of handling

조립군의 교체성 평가는 교체성 결정 요소에 대한 모듈 영향 요소의 세부 기준들을 분류하여 각각의 기준들에 대한 가중치를 산정하고, 교체성 결정 요소들에 대한 정량적인 값을 결정하는 것이다. 교체성에 대한 정량적인 평가치는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_{EX} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i + P_i}{W_i} \right) \quad (1)$$

여기에서,

D_{EX} : 교체성에 대한 정량적인 평가치

S_i : 교체성의 구조적 측면의 영향 요소들의 가중치

P_i : 교체성의 공정적 측면의 영향 요소들의 가중치

W_i : 교체성의 구조적 및 공정적 측면의 영향 요소들의 최대값(5 점)들의 합

n : 교체성의 구조적 측면의 영향 요소들의 수
 예를 들어, 교체 대상의 취급 공정에 대한 구조적 측면의 영향 요소에서 조립군 소재가 철이고(●), 구조 형태가 선택구조 및 체결점이 한 개인 경우(●), 조립군의 크기가 아주 작을 경우(○)와 공정적 측면의 영향 요소에서 접근 방향이 직선 및 손가락 관절만 사용(●)했을 때 교체성 점수는 식(1)을 적용하면 0.85 로써 산정될 수 있다.

7. 사례 연구

개인용 컴퓨터의 Display 기능에 사용되는 VGA 카드의 교체 공정을 대상으로 사례 연구를 하였다. Fig.12는 VGA 카드의 교체 공정 예를 나타내었다.

체결부위

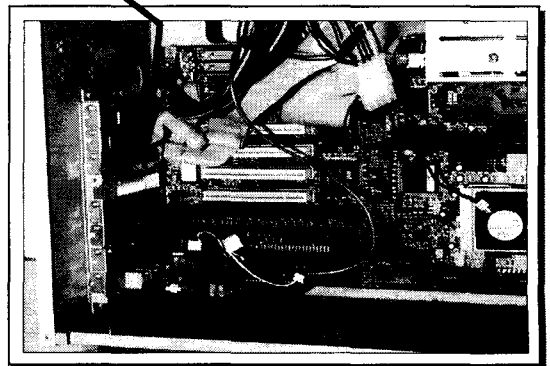


Fig. 12 Exchange process of VGA card of computer

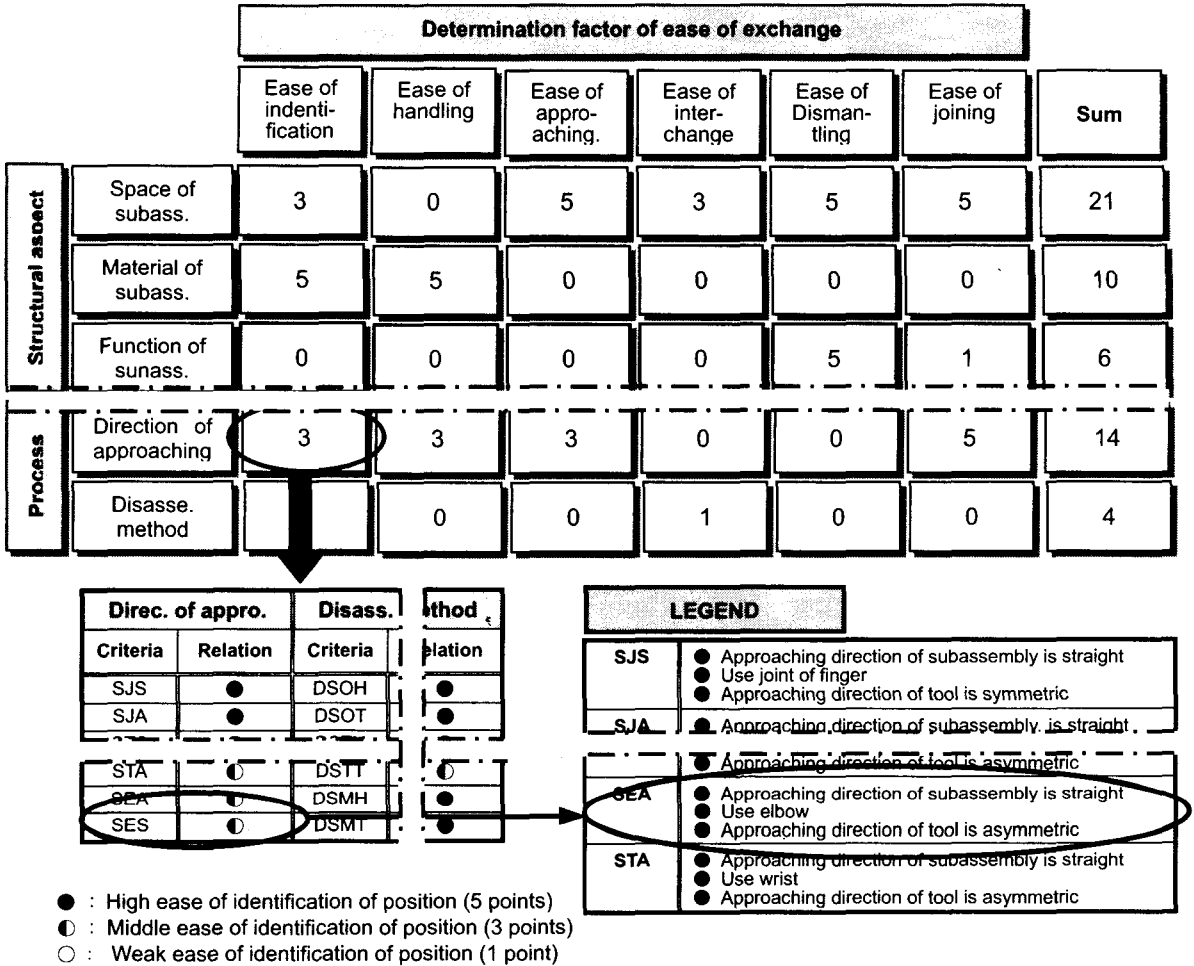


Fig. 13 Evaluation of ease of exchange for VGA card of computer

VGA 카드의 교체 공정은 수작업이고, 구조적 특성에서는 조립군 공간은 내장형이며, 소재는 열경화성 수지를 사용하고, 다른 조립군과의 종속적 기능을 가지며, 한 손으로 작업할 수 있는 조립군 크기 등으로써 나타낼 수 있다. 공정적 특성에서는 접근 방향은 직선 방향이고, 역나사와 뺄기의 2 가지 분리 방법을 사용하고, 체결 방법은 나사 작업과 끼워 맞춤을 사용한다.

VGA 카드에 대해서 각각의 모듈 영향 요소와 교체성 결정요소를 적용하여 Fig.13 과 같이 교체성 정도를 파악하였다. VGA 카드의 교체성 정도의 평가는 모듈 영향 요소와 교체성 결정 요소간의 상관 관계를 분석하여 정량적인 가중치를 구하였다. 예를 들어, 모듈 영향 요소의 공정적 측면의

접근 방향과 위치파악 용이성의 상관 관계에서 조립군 접근 방향이 직선 및 비대칭이고, 작업자의 팔꿈치의 신체부위를 사용하는 교체성 결정 기준을 적용하여 3 점의 가중치를 얻었다. 모든 교체성 결정 기준에 대해서 모듈 영향 요소의 구조적 및 공정적 영향 요소들의 가중치를 구하여 Fig.14 와 같이 VGA 카드에 대한 교체성 점수를 구하였다.

VGA 카드의 교체성 정도는 위치파악 용이성이 0.73, 취급 용이성이 0.84, 접근 용이성이 0.80, 해체 용이성이 0.60, 호환 용이성이 1.00, 체결 용이성이 0.71의 결과를 얻을 수 있었다. VGA 카드의 전체 교체성 정도는 교체성 결정 요소들의 평균값인 0.77으로써 제시될 수 있다.

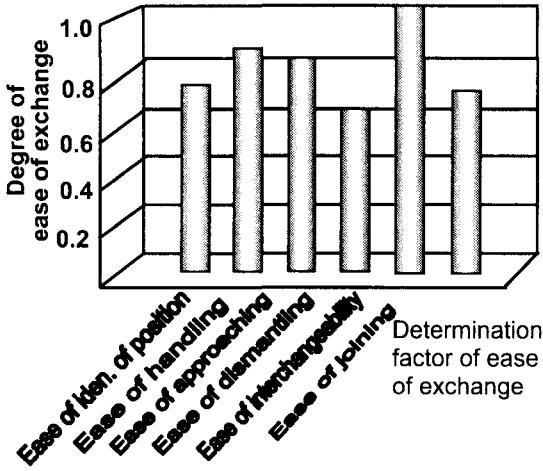


Fig. 14 Degree of ease of exchange for VGA card

본 연구에서 제시한 방법론을 사용하여 얻어진 교체성 정도의 신뢰성을 검증하기 위하여 MTM 표준 시간치를 이용하여 교체 시간을 구한 후, 본 연구에서 제시한 가중치에 의한 교체성 정도와 교체 시간에 의한 교체성 정도를 비교 평가하였다.

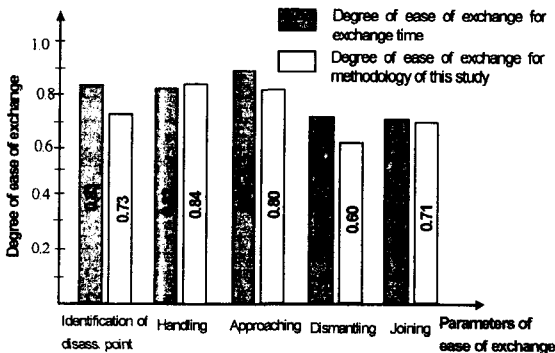


Fig. 15 Comparison of degree of ease of exchange between methodology of this paper and exchange time

본 연구에 방법론에 의해서 사례연구에 제시된 교체성 정도와 교체 시간을 고려한 교체성 정도를 비교 평가한 결과, 체결점 파악 용이성 및 해체 용이성에서 10% 정도의 오차 범위를 보였고 다른 결정 요소에서는 차이가 없음을 나타냈다.

8. 결 론

본 연구에서는 모듈을 고려한 조립군의 교체성

정도를 평가하기 위하여 모듈 영향 요소를 구조적 측면과 공정적 측면 분류하였고, 교체 공정을 분리 공정과 조립 공정으로 나누어, 교체성 결정 요소를 위치파악 용이성, 취급 용이성, 접근 용이성, 해체 용이성, 호환 용이성, 체결 용이성으로 정의하였다. 모듈 영향 요소와 교체성 결정 요소간의 상관 관계를 분석하여, 분석된 정보를 바탕으로 교체성 결정 요소의 기준들을 도출하고, 체계적으로 교체성 정도를 평가하는 방법론을 제시하였다. 사례 연구에서는 컴퓨터 조립군들 중에서 VGA 카드를 선정하여 교체성 정도를 파악하였다.

본 논문의 방법론과 교체성에 대한 정보를 바탕으로 교체성을 향상시킬 수 있는 제품과 공정에 대한 체계적인 설계 원칙 제시 및 수 작업의 교체 작업뿐만 아니라 자동적인 교체 작업에 대한 교체성을 구하여 수 작업과 자동적인 교체 작업의 교체성을 비교 평가할 수 있는 시스템을 구축하고자 한다.

참고 문헌

- Sohlenius, G., "Concurrent Engineering," Annals of the CIRP Keynote Paper, Vol. 41, No. 2, 1992.
- Daabub, A.M. and Abdalla, H.S., "A Computer-based Intelligent System for Design for Assembly," Computer & Engineering, Vol. 37, p. 111-115, 1999.
- Kroll, E. and Carver, B.S., "Disassembly analysis through time estimation and other metrics," Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, p. 191-200, 1999.
- 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.
- Robert, O. and Parmley, P.E., "Standard Handbook of Fastening and Joining," McGraw-Hill, Inc., 1989.
- Boothroyd, G., "Design for Assembly," Boothroyd Dewhurst, Inc., 1994.
- Boothroyd, G., "Assembly automation and product design," Marcel Dekker, Inc., 1992.
- Alan, R. and Jan, C., "Design for Assembly," McGraw-Hill Publications, Inc., 1994.
- Warnecke, H. J. and Kroll, L., "Design for Assembly-part of the Design process," Annals of CIRP, Vol. 37, No. 1, 1988.
- Zussman, E. and Kriwet, G., "Disassembly-oriented

- Assessment Methodology to support Design for Recycling,” *Annals of the CIRP*, Vol. 43, No. 1, 1994.
11. Ehad, K., Brent, B. and Antony, P., “A methodology to evaluate ease of disassembly for product recycling,” *IIE Transaction*, Vol. 28, No. 1, p. 837-845, 1996.
 12. Russel, R. B., Youngsup, J. and Inyong, H., “Feedback of manufacturing Experience for DFM Design Rules,” *Annals of the CIRP*, Vol. 45, No. 1, 1996.