

본 논문은 1997년도 한국과학재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

조립 합리화를 위한 제품 모듈화의 결정 요소

목 학 수*, 양 태 일*

Determination factor of Modularization of a product

Hak-Soo Mok*, Tae-Il Yang*

ABSTRACT

In this paper, module of a product is determined by the characteristics of a product itself and an assembly process. To analyze the characteristics of the product, assembly function, structure of subassembly and parts could be considered. Based on the analysis of characteristics of product structure, assembly process and product function, determination criteria of a module could be proposed. For the assembly process, assembly methods, assembly equipment and workers could be considered. For the product structure, constituent object and structural feature could also be considered. To obtain the interrelationship between the product and the assembly process, the matrix table could be used to find the influencing factors that affected the module.

Key Words : Module(모듈), Module Boundary(모듈 경계)

1. 서 론

현대 사회가 고도화됨에 따라 오늘날의 제품은 생산량의 증가와 함께 그 종류도 다양해지고 사용되는 부품수도 증가되고있는 추세에 있으며, 제품사양의 증가, 제품 수명 주기의 감소에 의해 제품 생산에 소요되는 부품들의 종류도 다양해지고 있다. 이런 이유로 제품 생산과정에서는 많은 노동력의 투입이 요구되고 있으며, 생산비용 증가로 인해 판매시장에서의 가격경쟁력은 점차적으로 치열해지고 있다. 따라서 높은 경쟁력을 갖춘 제품을 생산하기 위해서는 제품 종류의 증대와 부품종류의 감소라는 목적을 동시에 만족시키고 다양하게 결합할 수 있는 부품

들을 설계, 제조하여 최소 종류의 부품으로 최대 종류의 제품을 생산하고 부품의 호환성을 다른 종류의 제품에 까지 확장 시켜서 부품의 호환성을 만족시킬 수 있는 확장성 있는 제품들의 모듈설계가 요구되고 있다⁽¹⁾.

그림1은 모듈설계시 고려되어야 할 사항을 나타내어 주고 있다. 즉, 모듈설계를 수행할 때 다양한 소비자의 요구와 기호를 만족시켜주기 위해 소비자들의 요구에 대한 정보를 수집하고 분석하여야 한다. 다양한 소비자의 요구에 의해서 많은 제품들은 다양한 기능과 복잡한 구조를 가지게 되는데 소비자가 요구하는 제품기능의 파악과 제품구조의 단순화에 대한 설계가 수행되어야 한다. 또한, 모듈설계시 조립과 분리를 고려한 설계를 동시에 고

* 부산대학교 산업공학과, 기계기술 연구소

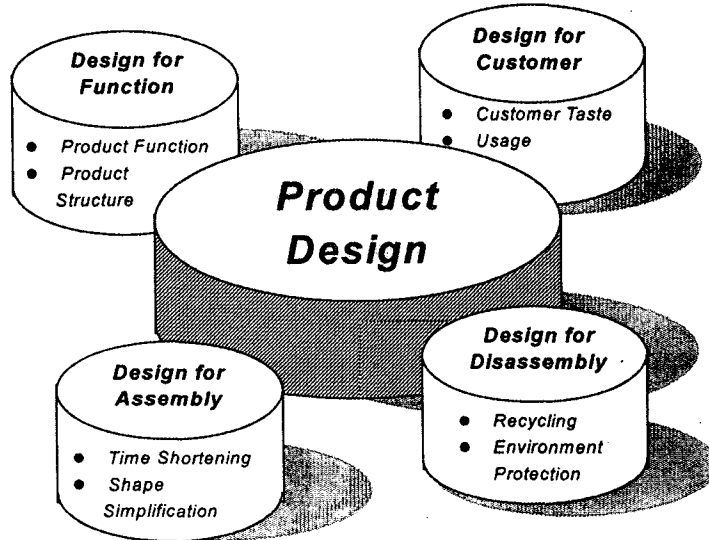


Fig.1 Parameter for product design

려한다면 제품 생산성 향상, 조립경비 감소, 제품 유연성 향상, 환경 오염 감소, 분리된 부품의 재활용성, 수리의 용이성을 가할 수 있다⁽²⁾.

세계 여러 나라들의 제품에 대한 모듈설계의 연구는 자동차 및 가전제품들에 관해서 1980년 후반부터 지금까지 활발히 수행되고 있다. 먼저, 유럽에서 자동차에 대한 모듈설계가 활발히 수행되기 시작했다. 예를 들어 이탈리아 자동차 회사인 Peugeot에서는 1988년도에 이미 승용차의 Front조립군을 다기능 부품 (Multifunction Part)으로 구성하여 조립군의 기능적 모듈을 강조한 연구를 수행하였다⁽³⁾. 이러한 모듈설계로서 조립라인 수의 감소와 차체 몸체와 조립 전의 공정에서 미리 Front조립군의 기능을 검사할 수 있게 되었고, 주 생산라인에 대한 부품공정, 생산계획, 제조, 조립에 대한 효율을 향상시킬 수 있었다. 1989년도에 일본의 자동차 회사인 Mazda사에서는 소비자의 다양한 요구를 만족시켜주기 위해 스포츠 자동차인 MX-04에 대해서 Flexible Car Design (Modular Car Design)을 적용하였다⁽⁴⁾. Mazda사의 연구 목적은 기본적인 자동차 Chassis와 섬유질이 강화된 플라스틱 판넬에 대한 모듈설계 개념에 중점을 두고 있다. MX-04 Sports Car는 길이 3.83m, 폭 1.69m, 높이 1.17m인 기본사양을 가지고 여러 가지 차종에 대해서 이러한 기본적인 사양을 적용하여 다양한 제품사양을 갖도록 하였으며 그밖에 무게의 경량화, 차량 구조의

compact화, 높은 성능을 갖는 Front mount등의 기능적인 면과 상호호환성 있는 몸체 (Body Panel)를 고려함으로써 작업의 단순화, 진동이나 소음의 제거 등의 효과를 기대하였다. 그리고, 1990년에는 지금까지 차량의 구조나 Mechanism에 대한 연구와는 달리 플라스틱을 이용한 차량내부 Panel에 대한 모듈설계를 적용하고자 하였다. 플라스틱은 차량의 외부Panel이나 Body Panel, 보강재, 범퍼체계 (Bumper System)등 많은 부분에 사용되고 있다⁽⁵⁾. 이렇게 플라스틱이 폭 넓게 사용됨에 따라 General Electric Plastic사는 Autopolyma Design사와 공동협조로 Advanced instrument panel modular(AIM)을 개발하였고 이로 인해 빠른 Market cycle, 고객의 선호도, 제품 비용 감소 등을 만족시키는 동시에 생산성을 향상시켰다⁽⁶⁾.

본 논문에서는 제품 구조, 기능, 조립 공정, 분리 공정 측면에서 야기되는 여러 가지 문제점들을 해결하기 위해 제품의 모듈화에 대한 분석을 수행하고 대안을 제시하고자 한다. 우선, 제품 기능에서는 제품 기능의 단순화, 조립군의 다 기능화를 실현하고, 제품 구조측면에서는 제품 구조의 단순화, 부품 수, 조립군수의 감소, 형상의 단순화를 구축하고자 한다. 그리고 조립 용이성을 향상시키기 위해 조립 업무, 조립 방법, 조립 작업 도구의 표준화를 수행하고 분리공정측면에서는 리사이클링, 제품 고장시 수리를 용이하게 할 수 있는 연구를 수행하고자 한다. 이

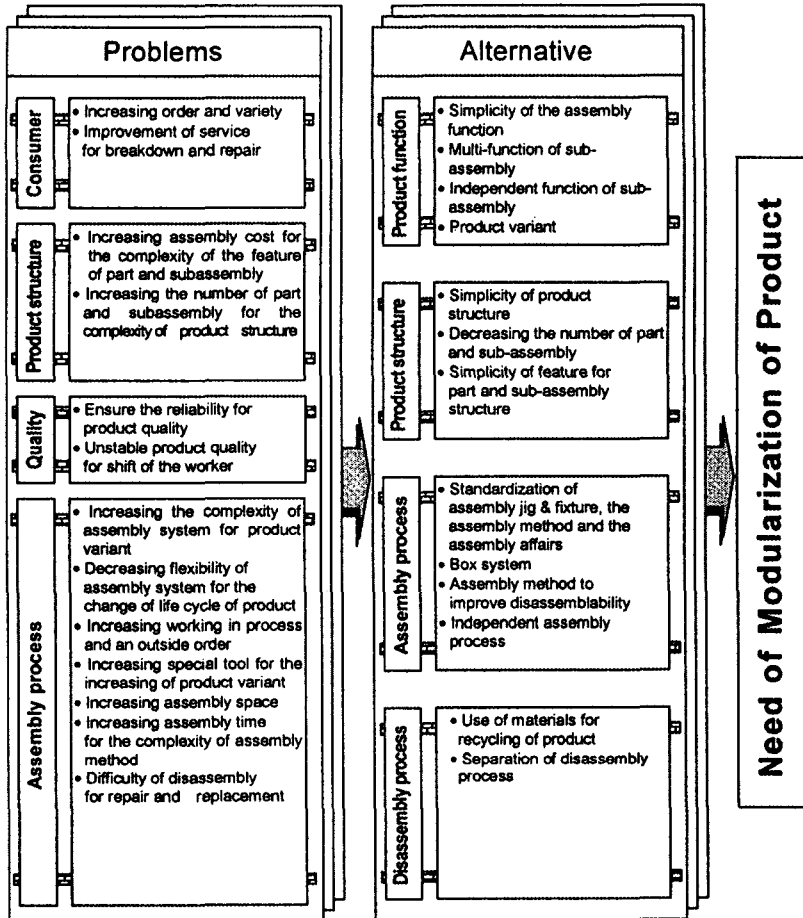


Fig. 2 Need of modularization of product

와 같이 소비자의 요구나 제품 기능, 구조 등에 대한 다양한 요구사항을 만족시킴으로써 제조, 조립, 분리공정에서의 생산성 향상, 제품의 유연성 향상, 비용 감소, 제품 기능 향상의 목적을 달성할 수 있다.

2. 모듈화에 대한 제품 선정과 분석

2.1 모듈화의 필요성 및 제품 선정

제품에 대한 고객의 요구사항이 다양하기 때문에 모듈 설계에서 표준화된 조립군, 부품으로써 서로 다른 모듈을 결합하여 하나의 제품으로 구성하여 제품의 다양성과 생산원가 절감이라는 목적을 달성하게 된다. 그러나 여러 종류의 모듈이 서로 조합되기 위해 각각의 모듈들은 표준

화되고 상호 호환성을 가지고 있어야 한다. 모듈설계에 있어서 표준화된 모듈로 결합함으로써 소요되는 품목 수는 감소하게 되고, 그 제품 수가 많을 때에는 상당한 비용 감소의 효과를 얻을 수 있다. 그림2는 제품의 모듈화를 수행하는데 있어서 발생할 수 있는 문제점들과 대안들을 나타내어주고 있다.

즉, 소비자의 요구와 제품 다양성의 증가, 고객에 대한 서어비스 요구가 증가함에 따라 제품구조의 복잡성, 부품형상, 조립 형상의 복잡성이 증가되고 제품품질, 신뢰성 저하와 함께 작업자 교체에 따른 시스템의 안정도를 감소시키게 된다. 조립공정 측면에서는 제품 사양, 조립 작업도구의 종류, 조립 방법, 조립 공간이 증가하게 되고 제품수명 주기의 변화에 의해 조립 시스템의 유연성이 감소하

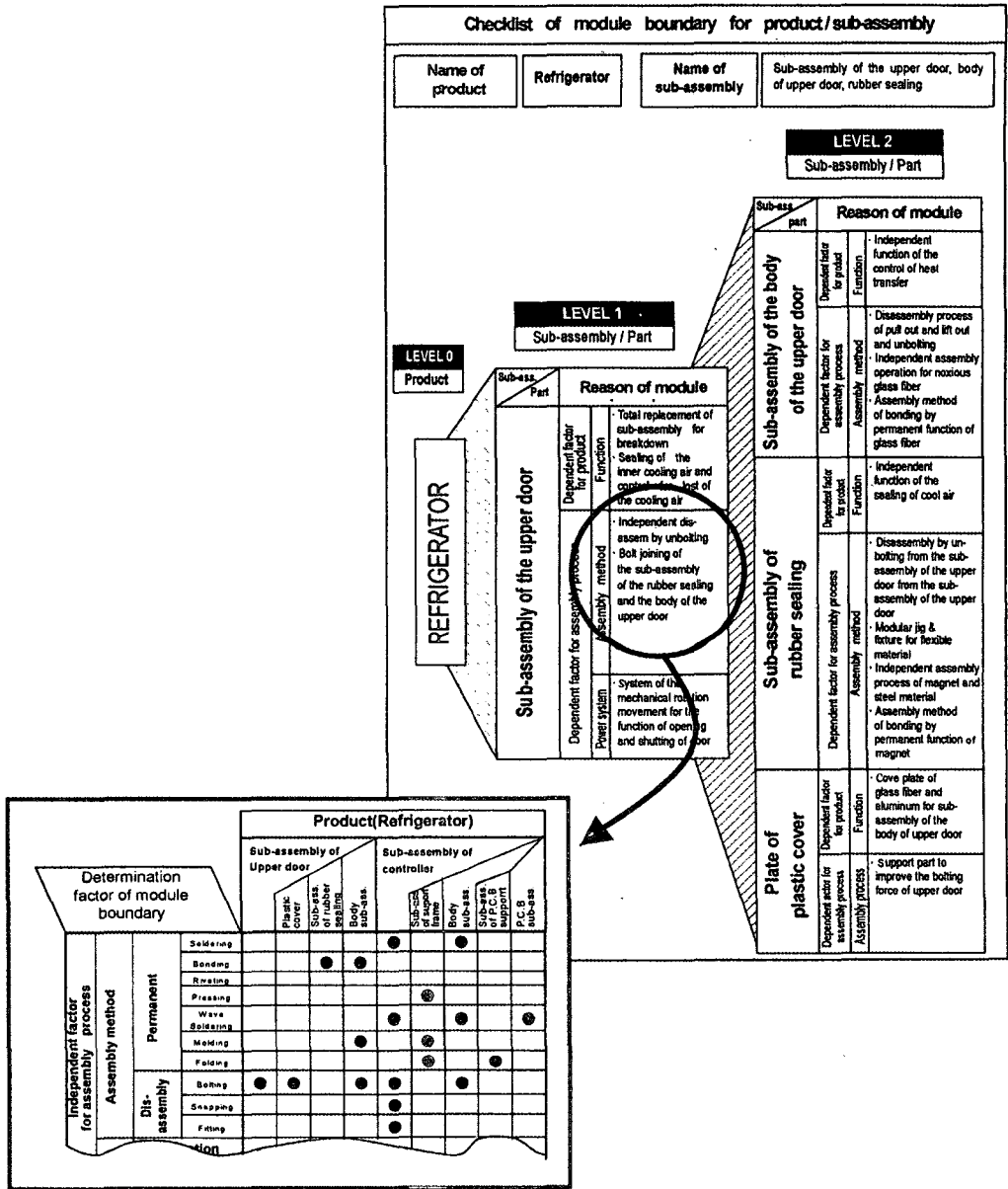


Fig. 3 Reason of module boundary for refrigerator

게 된다. 또한, 분리 공정을 수행할 때 사용된 많은 제품의 환경적 영향과 리사이클링(Recycling) 비용의 증가, 재사용 가능한 부품, 조립군의 분류의 어려움, 제품의 고장이나 수리시 부품과 조립군들의 교체의 어려움이 발생하게 된다⁷⁾. 제품 크기가 소형, 중형, 대형이고ロット 크기가 10개미만인 경우의 제품은 다양한 제품 variant구

성과 조립군간의 경계 구분이 어렵고 주문의 변경에 따른 제품 사양이 자주 변경되는 어려움이 있다. 또한,ロット 크기가 10 ~ 5000, 5000개 이상의 제품인 경우 제품의 표준화와 제품의 모듈을 공유함으로써 부품수를 최소화할 수 있고 제품 사양, 모델 변경시 최소의 모듈로써 변경이 용이하다. 본 논문에서는 생산ロット 크기가 5000개

이상, 제품 크기가 중형인 제품인 가전 제품, 자동차의 조립군을 연구 대상으로 선정하였다⁶⁾.

2.2. 모듈화를 위한 제품 분석

제품의 모듈화를 분석하기 위하여 그림3과 같이 모듈 설계 효과가 큰 냉장고의 모듈 경계에 대한 결정 이유를 부품, 조립군을 Level 1에서 2까지 분류하여 부품과 조립군의 기능, 조립공정, 동력체계 측면에서 제시하였다. Level 1의 윗 문 조립군은 Level 2의 몸체 조립군, 고무 sealing 조립군, 플라스틱 덮개부품으로 구성되어 있다. 이 조립군은 냉장고 내부의 냉기를 밀폐하는 기능과 고장 발생시 조립군의 전체적인 교환이 요구되고, 냉장고 본체와 Bolting체결에 의해서 분리가 가능한 제품구조로 되어 있다. Level 2의 몸체 조립군은 Bolting체결에 의해서 윗 문 조립군과 분리 가능한 제품 구조로 되어 있고, 유리 숨이 갖는 유해성의 소재특성으로 인하여 영구적인 Bonding체결로써 분리가 불가능한 구조와 독립적인 조립공정이 요구된다. 고무 sealing 조립군은 냉기를 밀폐하는 기능과 윗 문 조립군을 쉽게 열고 닫을 수 있는 기능을 수행한다. 플라스틱 덮개부품은 이 조립군의 Bolting체결력을 향상시켜주기 위한 지지부품의 기능을 수행한다.

2.2.1. 제품 기능 분석

제품들마다 다양한 기능을 가지고 있고 그 기능들은 소비자의 요구와 시장 정보에 의해서 수집된 자료를 기초로 하여 생성된다. 또한, 제품의 성능을 수행하기 위하여 제품이 본래 가져야 할 기능과 현재의 제품 설계나 생산 방식 때문에 부수적으로 생성된 기능인지, 어떤 기능이 상대적으로 중요한 역할을 수행하는 지를 고려해야 한다. 제품 기능이란 제품이 작용할 때 나타나는 성능 특성이고 제품으로써 역할을 하는 것으로 정의되고, 제품에 대한 "무엇(what)"에 대한 표현이다.

제품 기능을 표현하기 위해서는 일반적으로 가치 분석(value analysis)에서는 최소한 두 단어, 즉, 한 개의 명사와 한 개의 동사로써 정의된다. 명사적 표현은 중량, 전류, 힘 등을 나타내고 동사적 표현은 전달한다, 유지한다, 변경한다, 전도한다 등으로써 표현된다. 제품 기능을 제품에 종속적인 기능과 제품을 생산하기 위해서 제품 자체와 무관한 제품에 독립적인 기능으로 그림4에서와 같이 분류할 수 있다. 제품에 종속적인 기능은 주기능과 부기능, 동력 체계에 의한 기능, 유연성을 고려한 기능으로 분류될 수 있고, 제품에 독립적인 기능은 제조 공정을 위한 기능으로 분류될 수 있다.

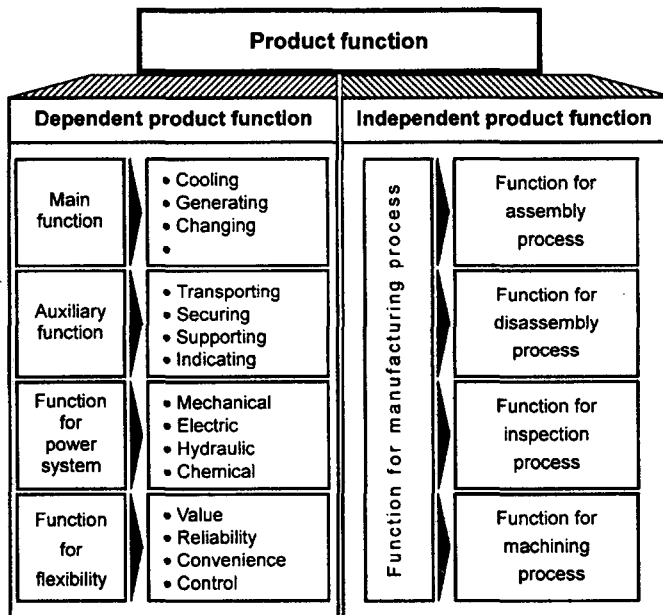


Fig. 4 Classification of product function

먼저, 제품에 종속적인 기능 중의 주기능은 제품 자체의 존재 이어나 필요성에 의해서 발생된 기능으로 정의되고, 부기능은 주기능을 보조적으로 지원해주는 기능으로써 운반, 보호, 지지, 표시, 개폐 등으로 분류될 수 있다. 동력 체계에 의한 기능은 제품을 구동시키는 동력 체계에 의한 기능으로써 전기, 유압, 화학, 공압, 기구학적 운동에 의한 기능으로 분류될 수 있다. 또한, 제품 유연성을 고려한 기능은 제품의 성능과는 무관하게 소비자의 요구나 외부적 환경에 의해서 발생된 기능으로써 가치성, 신뢰성, 편리성, 확장성, 조정성으로 분류될 수 있다. 제품에 독립적인 기능은 제품 생산 시 생산 시간, 생산 비용 절감, 생산성 향상을 위한 기능으로써 검사 공정을 위한 기능, 조립 공정을 위한 기능, 분리 공정을 위한 기능, 가공을 위한 기능으로 분류할 수 있다⁹⁾.

제품 단위별로 고려할 때 제품의 주기능 계층 구조에서는 여러 가지 주기능들이 상위 단계에서 하위 단계까지 구성되어 있으며, 상위 단계의 조립군, 모듈이 성능을 발휘하기 위해서는 그 하위 단계들의 조립군, 모듈들이 각자 고유의 기능을 수행하여야 한다. 제품의 부기능은 주기능이 제대로 성능을 발휘할 수 있도록 보조적인 역할을 수행하는 기능이다. 예를 들어, 운반 기능, 보호 기능, 지지 기능, 표시 기능, 체결 기능, 개폐 기능 등으로 분류될 수 있다. 먼저, 운반 기능은 제품이나, 모듈, 조립군, 부품을 다른 장소로 이동하거나 운반하기 위해 손잡이나 바퀴 등을 부가적으로 설치하여 편리성을 향상시키고, 보호 기능은 모듈, 조립군, 부품을 먼지, 오염 물질, 충격, 기름 등과 같은 외부의 환경으로부터 보호하는 기능으로써 정의된다. 지지 기능은 모듈, 조립군, 부품을 고정된 상태로 유지하기 위해 고정 프레임(Frame)을 사용하거나 모듈, 조립군, 부품 자체의 부가적인 기하학적인 형상이 사용되어진다. 그리고 표시 기능은 제품의 현재 작동 상태나 성능 상태를 나타내기 위한 기능이고, 체결 기능은 모듈, 조립군, 부품을 진동으로부터 보호하고 고정된 상태로 유지하기 위해 나사, Snap-fit와 같은 자체 체결 형상을 만들거나 다른 외부의 체결 요소를 사용한다.

유연성을 고려한 제품 기능은 제품의 성능 특성에 직접적으로 영향을 미치지 않지만, 소비자의 소비 요구를 만족시키거나 제품의 기호 향상을 위한 것이다. 유연성을 고려한 제품 기능은 가치성, 신뢰성, 편리성, 확장성, 조정성으로 나누어 질 수 있다. 먼저, 가치성은 제품에 대한 특별한 기능을 추가시키거나, 기능적인 가치와 외관적인 미관을 부각시켜 제품의 가치를 향상시키는 것이다. 신뢰

성은 제품의 품질이나 고장이나 파손을 최소화 하기 위한 것으로, 이 특성을 향상시키기 위해 제품을 구성하고있는 부품, 조립군의 기계적 강도를 증가 시키고, 녹이나 부식 등을 방지하여 사람, 환경을 보호하거나 제품의 작동 신뢰성 등이 고려되어야 한다. 편리성은 제품을 사용자나 생산 공정에서의 작업자가 보다 쉽게 사용하기 위한 기능으로써 인간 공학 측면에서 제품을 설계하거나 고장 발생 시 수리, 교환을 쉽게 할 수 있고, 제품의 공간을 충분히 확보할 수 있어야 한다. 확장성은 기존의 제품 기능을 바탕으로 기술적 발전이나 고객 요구의 다양성에 대해서 기능을 단계적으로 향상시키거나 다른 부품이나 조립군, 모듈을 기존의 제품에 부가 시키는 기능으로 정의된다. 확장성에 영향을 줄 수 있는 특징으로는 제품의 크기와 무게가 보다 소형화되거나 가벼워지고, 제품의 성능이 보다 빠르게 요구될 때 적용될 수 있다. 조정성은 제품의 성능을 조정하기 위해서 신호를 감지하거나 분석하는 기능으로 정의된다⁹⁾. 조정성은 센서와 같은 측정 기구로서 제품의 속도, 소음, 무게, 압력 등의 물리적 특성이나 제품의 작동 상태를 감지하고 변화시키기 위해 제품에 부가적으로 설치되어 기능을 수행한다.

2.2.2. 제품 구조 분석

제품은 다양한 부품, 조립군, 모듈들이 하위 단계에서 상위 단계로 계층적 구조로써 구성되어 최종 조립품으로 완성된다. 제품 구조는 제품 기능과 더불어 소비자 요구가 다양해짐에 따라 구조의 복잡성이 높아지고, 조립 공정과 분리 공정을 수행하는데 있어서 많은 영향을 미치게 된다. 그림5와 같이 제품 구조의 구성 요소 측면에서 대상, 구조적 형상, 결합상태로 분류하였다. 먼저, 제품을 구성하고 있는 대상은 제품을 구성하는 최소 단위인 부품과 여러 개의 부품들이 서로 조립되어 하나의 군으로서 되어있는 조립군, 부품들과 조립군들을 결합시켜주는 체결 요소로서 나눌 수 있다. 대상들이 서로 결합되어 있는 상태는 어떤 대상들간에 서로 결합되어 있는가를 나타내는 "대상들간의 결합 상태"와 그 대상들이 서로 어떤 방향으로 결합되어 있는가를 나타내는 "결합 방향"과 대상들이 어떤 결합 방법으로 구성되어 있는 지를 나타내는 "결합 방법"측면으로 나누어질 수 있다. 구조적 형상에서는 결합되어 있는 부품과 조립군들의 그룹형상이 서로 완전히 대칭적으로 구성되어 있는 완전 대칭 형상, 완전 대칭 형상의 중간정도의 대칭 형상을 가지는 반 대칭 형상, 대칭적 형상을 가지지 못하는 비 대칭 형상으로 분류될 수

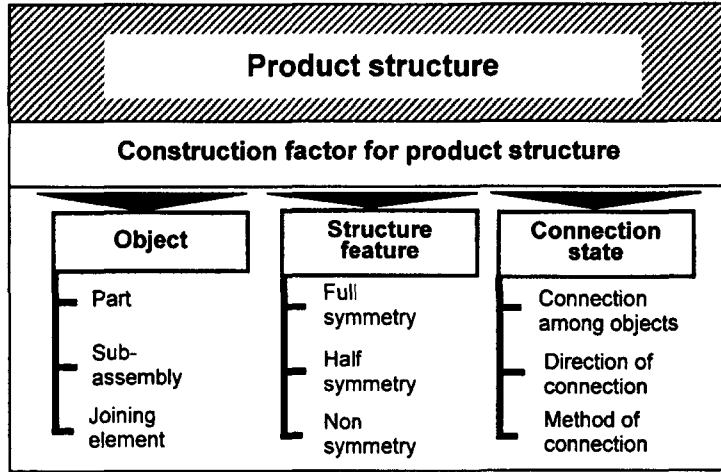


Fig. 5 Factors for product structure

있다. 완전 대칭 형상은 기저 부품위에 부품이나 조립군들을 단계적으로 Sandwich형상으로 적재를 하는 구조형상으로 조립 방향수, 분리 방향수의 최소화, 중력 방향의 조립 및 분리, 위치 결정의 용이화, 부품의 일체화가 가능하다. 반면에, 비 대칭 구조 형상은 부품이나 조립군들이 방사형 방향으로 구성되어 비 선형의 조립 및 분리 방향, 제품 구조의 복잡성이 높아지게 된다⁽¹⁰⁾.

제품을 구성하고 있는 대상들의 특성에 의해서 제품의 구조적 형상과 대상들의 결합 상태에 영향을 미친다. 제품을 구성하는 대상은 부품, 조립군, 체결 요소로써 나누어 진다. 부품은 제품을 구성하는 최소 단위의 대상요소로써 기능 부품, 복합 재질 부품, 지지 부품, 표준 부품, 기저 부품으로 분류 된다. 먼저, 기능 부품은 부품 자체에 체결 형상(나사, Snap-fit형상 등)이나 삽입 형상을 가지는 부품으로서 체결 요소 수의 감소에 의해서 조립 시간을 줄일 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 복합 재질 부품은 다양한 재질이 하나의 부품으로써 되어있는 것으로 부품 수를 줄일 수 있는 이점은 있지만, 분리 및 리사이클링 공정에서 부품 분리의 어려움이 발생할 수 있다. 지지 부품은 개별 부품이나 조립군을 구조적으로 일체화하거나 고정된 상태로 유지하기 위한 부품으로 정의된다. 표준 부품은 부품을 표준화하여 공통적으로 사용될 수 있는 부품으로서 다양한 조립군이나 제품에 사용되어 부품수의 감소와 부품 호환성을 향상시킬 수 있다. 기저 부품은 조립 공정이 수행되는 동안 다른 부품이나 조립군들이 체결되는 중심이 되는 부품으로 정의되고 기저 부품에 체결되어

있는 부품이나 조립군들의 취급을 최소화할 수 있고 특별한 운반 장치 없이 기저 부품 자체로써 운반이 가능하다⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾. 가전 제품 중에 가장 많이 사용되고 있는 대표적인 기저 부품으로써 Printed Circuit Board (P.C.B.)을 들 수 있다. 조립군은 여러 개의 부품들이 체결 요소나 부품 자신의 체결 형상에 의해서 하나의 군으로써 되어있는 것으로 정의되고, 부품 형상, 부품 수, 체결 요소 수, 부품 재질 등에 의해서 조립군의 구조적 복잡성이 높아진다. 조립군은 분리성과 표준화 정도에 따라 구분될 수 있다. 분리성 측면에서는 분리 가능한 조립군과 분리가 불가능한 조립군으로 분류될 수 있고, 표준화 정도 측면에서는 표준화된 조립군으로 분류될 수 있다. 분리 가능한 조립군은 체결 요소를 분리하였을 때 개별 부품으로 독립될 수 있고, 분리가 불가능한 조립군은 영구체결로써 구조적으로 하나의 일체화가 된 것으로 정의된다⁽¹²⁾. 표준화된 조립군은 표준화된 부품과 체결 요소가 차지하는 비율과 다른 제품과의 호환성 여부에 따라 결정된다. 체결 요소는 부품과 조립군들을 결합시켜 주는 것으로 볼트, 핀, 키, 리벳, 리테이너 등으로 나누어질 수 있다⁽¹³⁾. 제품을 구성하는 대상들은 서로 결합되어 있는 상태와 제품 기능, 제품 구조의 특성, 제품에 대한 조립과 분리의 용이화를 위해서 고려되어야 한다. 제품 구조의 구성 요소측면에서 결합 상태는 대상들간의 결합 상태, 결합 방향, 결합 방법으로 분류될 수 있다. 대상들간의 결합 상태는 크게 조립군과 조립군, 조립군과 지지 부품, 조립군과 기저 부품, 지지 부품과 기능 부품, 기저 부품과 기능 부품 등으

로 나누어질 수 있다. 결합 방향은 직선 방향과 비선형 방향으로 구분되고, 직선 방향은 수직 방향과 수평 방향으로 분류될 수 있다. 비선형 방향은 결합하고자 하는 대상에 대한 체결점이 보이지 않거나 좁은 체결 공간, 장애 요소의 의해서 대상의 접근이 어려울 경우에 발생한다. 결합 방법은 체결 요소에 의한 방법, 영구적인 체결 방법, 삽입에 의한 방법, 끼움에 의한 방법으로 분류할 수 있다. 그리고 체결 요소에 의한 방법은 제품 구조의 대상 중의 하나인 체결 요소에 의해 결합되고 영구적인 체결 방법은 부품이나 조립군이 용접, 납땜, 접착제 등에 의한 체결방법에 의해서 분리 시 파손을 일으킬 수 있다. 삽입에 의한 방법은 부품이나 조립군의 축 부위가 다른 대상의 구멍 형상의 내부로 결합되는 경우로써 정의된다⁽¹⁴⁾.

3. 모듈 경계 기준의 분류 및 결정

3.1 모듈의 정의

제품의 구조가 복잡하고 기능이 다양해질수록 제품들간에 부품, 조립군의 호환성과 표준화된 모듈의 사용이 요

구된다 기본적인 모듈 개념은 다른 부품의 조립군과 기능과 구조적으로 독립적이고 표준화되어 다른 제품에도 이용될 수 있는 조립군으로 정의될 수 있다. 제품에 대한 모듈 개념의 적용은 생산 공정에서도 많은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 생산 공정에서 Tooling비용의 감소, 조립비용의 감소, 관리의 용이, 검사비용의 감소의 효과를 얻을 수 있다. 그림6은 버스를 구성하고 있는 대표적인 모듈들을 나타내었다. 버스의 모듈은 전기장치, 엔진 장치와 같은 동력 장치에 의한 분류와 판넬 장치, 의자와 같은 기능적 분류, 버스 몸체, 샤프와 같은 구조적 분류로서 나누어진다.

이러한 예로부터 그림7과 같이 모듈의 정의를 이끌어 낼 수 있다. 모듈은 제품에 종속적인 요소와 제품의 종속적인 요소에 의해서 영향을 받는 조립공정과 분리 공정에 종속적인 요소로 분류될 수 있다. 제품에 종속적인 요소는 제품 기능, 부품, 조립군의 소재, 동력 체계, 제품 구조로써 분류될 수 있고, 조립공정과 분리공정에 종속적인 요소는 조립 방법, 조립 작업자, 검사 공정, 조립 지그 및 고정구, 제품 관리로써 분류될 수 있다. 제품에 종속적인 모듈에 있어서 기능은 동일한 제품 내에서 다른 부품과

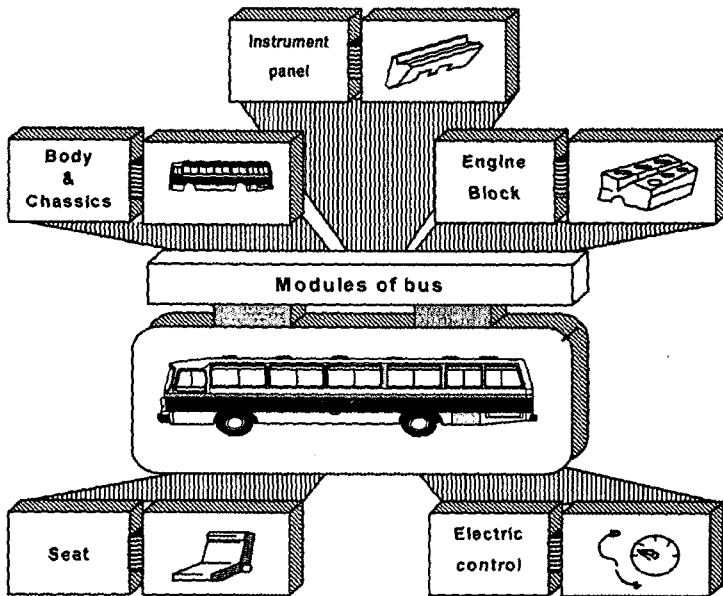


Fig. 6 Modules of bus

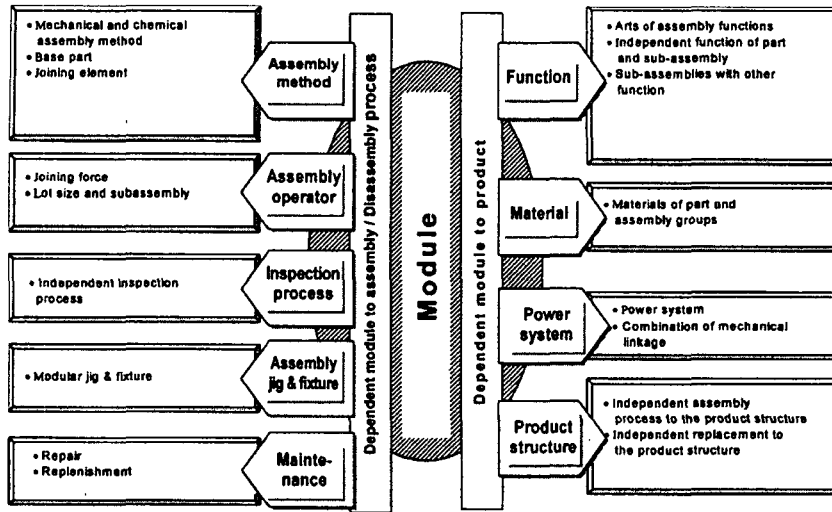


Fig. 7 Definition of module

조립군의 기능에 영향을 받지않고 독립적으로 수행되고 다른 제품에 공유될 수 있어야 한다. 부품과 조립군의 소재는 소재의 특성으로 인하여 조립공정과 분리공정에 종속된 모듈 요소인 조립 방법과 조립 지그 및 고정구에 영향을 줄 수 있다⁽¹⁵⁾. 동력체계는 독립된 에너지원의 사용, 동일한 기구학적 체계를 공유, 서로 상호 관련성을 가지는 기구학적 체계에 관련되어있는 부품, 조립군의 그룹으로 분류할 수 있다. 제품 구조는 부품, 조립군이 다른 부품이나 조립군 체결에 영향을 주지않고 독립적으로 위치되어 있거나 구조 형상에 의해서 독립적인 조립공정과 분리공정이 수행될 수 있고 조립과 분리 시간을 줄일 수 있어야 한다. 조립공정과 분리공정에 종속된 모듈 요소 측면에서 조립 방법은 기계적 조립 방법과 화학적 조립 방법, 기저 부품에 종속된 부품, 조립군에 대해서 여러 가지 조립 방법이 일체화되어 독립적으로 수행되는 조립 방법, 조립 기계의 특성에 의해서 모듈로써 분류될 수 있다. 조립 작업자는 제품에 종속적인 모듈의 특징, 로트 크기나 부품 수, 조립군 수에 의해서 사람에 의한 수동 조립과 조립 기계나 로봇에 의한 자동 조립으로서 분류된다. 검사 공정에서의 모듈은 조립 공정이 수행되기 전에 부품, 조립군의 검사가 가능하여야 하고 다른 부품, 조립군에 영향을 미치지 않고 검사를 수행할 수 있어야 한다. 조립 지그 및 고정구는 부품, 조립군이 독립된 지그 및 고정구에 의해서 체결되고 취급될 때 모듈로써 정의된다.

3.2 모듈 경계 기준의 분류

제품은 부품, 조립군, 모듈들이 독립성과 상호 관련성을 가지고 제품 구조의 특성, 제품 기능적 요구, 조립공정과 분리공정을 고려하여 독립적으로 혹은 그룹으로서 결합되어 있다. 모듈 경계 결정은 독립성과 상호 관련성을 파악하고 확실한 경계의 구분과 제품의 모듈화 정도를 분석하는 것이다. 그림8은 제품의 모듈 경계에 영향을 미칠 수 있는 제품 구조, 조립 공정, 분리 공정에 대한 상관관계를 나타내고 있다. 제품 구조, 조립공정, 분리공정은 모듈화를 증가시키는 독립적 특성과 모듈화를 감소시키는 종속적 특성을 가지고 특성들간에 복잡한 상관관계를 가지게 된다. 이러한 상관 관계를 분석하기 위하여 기준을 설정하고 그 기준을 바탕으로 모듈 경계를 결정할 수 있다.

3.2.1 제품 구조에 대한 기준의 분류

제품 구조에 있어서 모듈 경계를 결정하는 기준은 그림 9와 같이 모듈화를 증가시키는 독립적 기준과 모듈화를 감소시키는 종속적 기준으로 분류할 수 있다. 독립적 기준과 종속적 기준은 제품 구조의 구성요소에서 구조적 형상과 결합 상태의 특성에 의해서 결정 된다. 독립적 기준에서의 구조적 형상의 모듈 경계 기준은 "독립적 기저 부품 사용", "제품 외부에서 체결", "병렬 구조"로써 도출되고 결합 상태에 대한 결정 기준은 "결합 방향의 분리", "삽입에 의한 결합 구조"로써 제시할 수 있고 이러한 기준

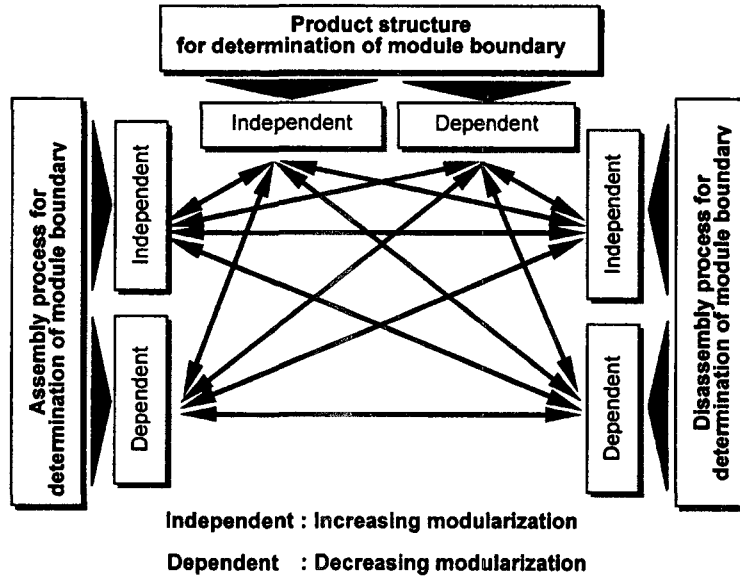


Fig. 8 Interrelationships among product structure, assembly and disassembly process

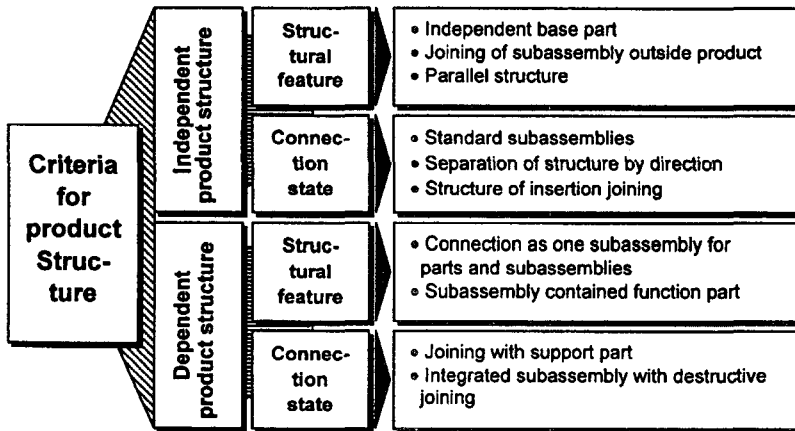


Fig. 9 Classification of criteria for product structure

들은 조립, 분리시 다른 부품, 조립군에 영향을 미치지 않는 구조적 특징을 가진다. 종속적 기준의 측면에서의 구조적 형상에 대한 모듈 경계 결정 기준은 "부품과 조립군이 하나의 조립군으로서 결합", "하나의 기능 부품으로 종속된 부품, 조립군"으로 제시되고 결합 상태의 대한 경계 기준은 "영구체결에 의한 일체화 된 조립군", "지지 부품에 의한 하나 이상의 조립군들의 결합"으로 도출된다.

3.2.2 조립공정에 의한 모듈 경계 결정 기준의 분류
 조립공정에 의한 모듈 경계 기준은 제품 기능과 제품 구조에 의해서 영향을 받고 조직적 측면과 기술적 측면으로 나눌 수 있다. 그림10에서 조립공정에 의한 조직적 측면과 기술적 측면의 모듈경계의 기준을 제시하였다. 먼저, 조직적 측면은 조립공정의 구조, 제품 다양성, 조립 시간으로 분류된다. 조립공정의 구조적 측면은 각각의 조

		Technical criteria	
		Dependent ass. process	Independent ass. process
Organizational criteria	Assembly process structure	<ul style="list-style-type: none"> • Dependent assembly sequence • High effect of buffer size • Cycle-controlled assembly operation 	<ul style="list-style-type: none"> • Independent assembly operation sequence • Uncycle-controlled assembly process • Flexible work time • Integrated workpiece carrier
	Product variant	<ul style="list-style-type: none"> • Different workpiece carrier • Different variant of gripping • Increasing a number of tool change 	<ul style="list-style-type: none"> • Standard part and subass. • Pre-assembled subassembly • A minimum numbers of assembly methods • A minimum numbers of parts and subassemblies
	Assembly time	<ul style="list-style-type: none"> • Many numbers of parts and subassemblies • Difficulty of handling by material • Increasing tool change • High tolerance of workpiece carrier 	<ul style="list-style-type: none"> • Integrated assembly machine • Independent fastener in joining subassembly • Standard part and subass. • Similar geometry of parts and subassemblies

Fig. 10 Classification of organizational and technical criteria for assembly process

립 작업장의 상호 연결과 적절한 작업 공간의 이용, 수 작업과 자동 조립에 의한 분리 등에 영향을 받을 수 있고, 제품 다양성은 부품, 조립군의 조립 작업의 다양성에 의해서 조립 기계의 수용 능력과 호환성이 고려되어야 한다. 조립 시간은 새로운 작업에 대한 작업자 교육, 제품의 복잡도에 의해 좌우된다. 조립공정 구조에 종속적인 기술적 기준은 "종속적인 조립 순서", "높은 buffer 크기", "Cycle 시간을 가지는 조립 작업"으로 제시되고 제품 다양성에 대한 기준은 "다양한 Workpiece carrier", "다양한 Gripping", "Tool 변경 수의 증가"로 도출되고, 조립 시간에 대한 기준은 "많은 부품, 조립군 수", "취급 시간을 증가시키는 재질", "정밀한 Workpiece carrier 공차"로 제시된다. 조립 공정 구조에 대한 독립적인 기술적 기준은 "독립적 조립 순서", "일체화된 Workpiece carrier" 등이 있으며, 제품 다양성에 대한 기준은 "표준 부품, 조립군", "미리 조립되어진 조립군", "최소의 조립 방법" 등의 기준들이 적용될 수 있고, 조립 시간에 대한 기준은 "일체화된 조립 기계", "독립적인 체결 요소", "부품과 조립군의 기학적 형상의 유사성"으로 제시될 수 있다⁽¹⁸⁾⁽¹⁷⁾.

3.2.3 분리공정에 의한 모듈 경계 결정 기준의 분류

분리공정에서의 모듈 경계 결정 기준은 그림11과 같이 분리 공정에 있어서 모듈 경계의 조직적 기준과 기술적 기준으로 분류 할 수 있다. 조직적 기준에 영향을 미치는 분리 시간은 부품, 조립군의 다양성을 감소하고 분리작업

에 소요되는 시간을 최소화하는 것을 목적으로 한다. 제품 유지, 보수측면에서는 부품, 조립군의 재활용, 교체와 수리를 쉽게 수행할 수 있는 기준들이 제시될 수 있고, 분리 공정 구조에서는 다른 분리 공정과 독립적으로 수행되고 충분한 작업 공간을 위한 작업장 배치를 고려한 기준들이 제시될 수 있다. 우선, 분리공정의 구조에 대한 종속적인 기술적 기준은 "부품과 조립군사이의 간섭", "다양한 Tool의 사용", "종속적인 분리 순서"의 기준들이 있을 수 있고, 관리에 대한 종속적 기준은 "영구적인 조립 방법", "다양한 체결요소로서 체결된 조립군", "다양한 소재로서 구성된 조립군"의 기준들이 제시될 수 있다. 분리 시간측면에서는 "보조 도구의 사용", "복합 소재"의 기준들이 제시될 수 있다. 분리공정의 구조에 대한 독립적인 기술적 기준은 "소재에 의한 분리공정의 분리", "위험한 작업에 의한 분리공정의 분리"의 기준들이 제시되고, 관리에 대한 독립적 기준은 "표준화된 체결 요소", "동일한 체결요소로서 체결된 조립군들", "비영구적인 조립 방법"의 기준들이 제시될 수 있다. 분리 시간을 고려한 독립적인 기준은 "분리 방향의 최소화", "조립군별로 분리", "접근의 용이", "일체화된 부품, 조립군"의 기준들이 있다.

4. 모듈경계 결정 요소들의 상관관계

조립공정에 의한 모듈경계의 평가는 제품 구조, 제품 기능, 분리공정에 있어서 모듈화를 증가시키는 독립적 기

		Technical criteria	
		Dependent disass. process	Independent disass. process
Organizational criteria	Dis-assembly structure	<ul style="list-style-type: none"> • Dependent disassembly sequence • Interference among parts and subassemblies • Various tools 	<ul style="list-style-type: none"> • Separation of process by materials • Separation of process by dangerous operation
	Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Destructive ass. method • Various subassemblies constrained different fasteners • Subassembly of compound materials 	<ul style="list-style-type: none"> • Standard of fastener • Subassemblies with the same fastener • Non-destructive assembly method
	Dis-assembly time	<ul style="list-style-type: none"> • Use of auxiliary tool by weight • Use of workpiece carrier • Various materials 	<ul style="list-style-type: none"> • A minimum numbers of disassembly direction • Disass. with subass groups • Ease of approach • Integrated subassembly

Fig. 11 Classification of organizational and technical rules for disassembly process

Criteria for determination of module boundary	Detailed influence criteria	
	Independent criteria	Dependent criteria
Assembly operation sequence	<ul style="list-style-type: none"> • Uncycle-controlled assembly operation • Separation of transfer carrier • Integrated assembly machine 	<ul style="list-style-type: none"> • High effect of buffer size • Cycle-controlled assembly operation • Interlinking of transfer carrier
Assembly method	<ul style="list-style-type: none"> • Independent fastener • Standard fastener • Non-destructive assembly method 	<ul style="list-style-type: none"> • High tolerance • many numbers of parts and subassemblies • Destructive assembly method
Interlinking the individuals assembly station	<ul style="list-style-type: none"> • Uncycle-controlled assembly operation • Pre-assembled subassembly • Integrated assembly machine • Subassembly for repair • Independent base part 	<ul style="list-style-type: none"> • Interlinking transfer carrier • Cycle-controlled assembly operation • Various type of parts and subassemblies

Fig. 12 Classification of criteria for determination of module boundary in assembly process

준과 모듈화를 감소시키는 종속적 기준을 고려하여 수행되어진다. 그림12는 조립공정에 있어서 모듈 경계를 결정하는 기준의 분류를 나타내었다. 조립공정에 대한 모듈 경계 기준은 조립작업 순서, 조립 방법, 조립장간의 구조

적 연결로써 구분되고, 이 세가지 기준들에 영향을 미칠 수 있는 세부 기준들을 독립적, 종속적으로 나누어 제시하였다. 조립작업 순서와 조립장간의 구조적 연결은 조립공정의 구조적 측면을 고려하였고, 조립 방법은 조립 시간

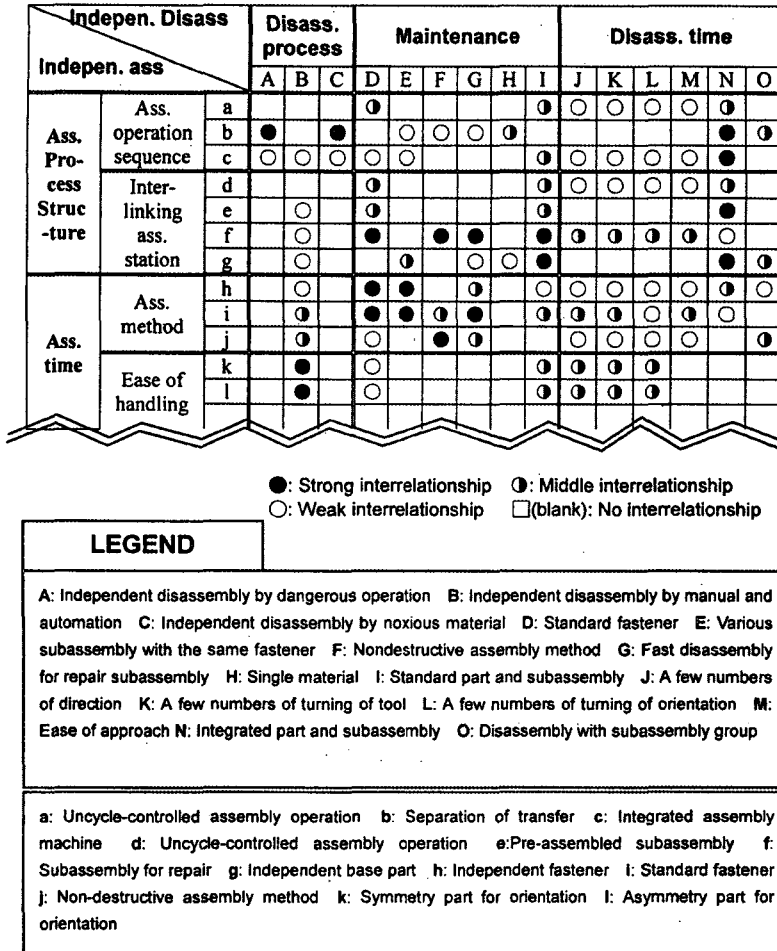


Fig. 13 Evaluation of modularization of using matrix table for detailed rules of disassembly and assembly process

측면에서 모듈 경계를 결정할 수 있다. 우선, 조립작업 순서의 세부 기준들은 조립공정 주기특성, 이송 장치, 조립 기계, Buffer 크기의 특성에 의해서 제시되고 독립적, 종속적 기준으로 분류하였다. 취급 용이성은 부품, 소재의 형상, 소재의 특성과 조립방향에 의해서 취급을 수행하는데 소요되는 시간이 감소되면 독립적 기준으로, 소요 시간이 증가되면 종속적 기준으로 제시하였다. 조립 방법은 체결 요소의 표준화, 체결에 의한 분리 여부, 공차의 정도에 의해서 독립적, 종속적 기준으로 분류하였고, 조립장간의 구조적 연결은 조립공정 주기, 조립군의 특성, 부품 종류의 다양성에 의해서 독립적, 종속적 기준으로 제시될 수 있다.

그림13은 조립 공정과 분리공정간의 독립적 기준들에 대한 상관관계 표를 나타내고있다. 조립공정과 분리공정의 독립적 기준간의 상관관계는 설계자의 경험 등을 통하여 나온 결과를 가지고 각각의 기준들간에 강한 관계를 가지면 "●"으로 표기하고 중간정도의 관계를 가지면 "○"으로, 약한 관계를 가지면 "○"으로 표기하였다. 예를 들면, 조립공정의 독립적 모듈경계기준 중에 조립작업 순서의 세부 기준인 "일체화된 조립 기계"는 여러 가지 부품과 조립 군들이 하나의 일체화된 조립군으로 체결되어 있다면 그 공정을 수행하는 조립 기계는 다른 공정과 분리되어 작업을 수행할 수 있고 분리공정을 수행하는데 있어서 분리시간을 최소화 할 수 있기 때문에 분리공정의 독립적 기준인 "일체

화된 부품 및 조립군"과 강한 상관관계를 가지게 된다⁽¹⁸⁾

5. 결 론

본 논문에서는 제품의 모듈화에 영향을 줄 수 있는 제품 구조, 제품 기능, 조립 공정에 대한 특징들을 분석하고 분석된 정보를 기초로 하여 모듈의 정의와 모듈의 경계를 결정하는 요소들을 도출하고 기준들을 제시했다. 우선, 제품 구조의 구성요소 측면에서는 대상, 구조적 형상, 대상간의 결합 상태를 결정하는 요소에 대한 기준들을 도출하였고, 제품 기능에서는 주기능, 부기능, 유연성을 고려한 제품에 종속적인 기능과 가공, 조립 공정, 분리 공정, 검사 공정을 고려한 제품에 독립적인 기능으로 분류하였고, 이러한 기능적 특성에 의해 결정 기준들을 이끌어 내었다. 그리고 조립 공정에서는 구조적인 결정 요소로써 조립 작업 순서, 조립장간의 구조와 조립시간 측면에서 조립방법에 대한 기준들을 제시하였다. 제품 구조, 제품 기능, 조립 공정의 모듈경계 기준들간에 서로 영향을 미칠수 있는 요소들의 상관관계를 분석하여 체계적인 모듈 경계 기준들을 구축할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Sohlenius, G., "Concurrent Engineering," Annals of the CIRP Keynote Paper, Vol. 41, No. 2, 1992.
2. 목 학수, "조립 자동화를 위한 제품설계 기술 개발," 한국정밀공학회지, 제11권, 제1호, 1994.
3. N. N. Automobiles Peugeot, "The front sub-assembly," AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INTERNATINAL, 1988.
4. N. N. Contributed by mazda, "Flexible Car design for diverse need," AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INTERNATINAL, 1989.
5. N. N. Rock well International corporation, "Developing a door system mechanism carrier," AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INTERNATINAL, 1990.
6. N. N. General Electric Plastics, "Plastic

- design for an advanced instrument panel module," AUTOMOTIVE TECHNOLOGY INTERNATINAL, 1990.
7. Boothroyd, G., "Assembly automation and product design," Marcel Dekker, Inc., 1992.
8. Allen, C. W., "Simultaneous Engineering," Society of Manufacturing Engineering Publications, Michigan, 1990.
9. Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D., "Product Design and Development," McGraw-Hill Publications, Inc., 1995.
10. Warnecke, H. J. and Kroll, L. , "Design for Assembly-part of the Design process," Annals of CIRP, Vol. 37, No. 1, 1988.
11. Heginbothan, W. B., "Programmable Assembly," IFS Ltd Publications, UK., 1984.
12. Wang, H. P. and Li, J. K., "Computer-Aided Process Planning," Elsevier Science Publications B. V., 1991.
13. Pamley, P.E. and Robert, O., "Standard Handbook of Fastening and Joining," McGraw-Hill Publications, Inc., 1989.
14. Boothroyd, G. and Alting, L., "Design for Assembly and Disassembly," Annals of the CIRP, Vol. 41, No. 2, 1992.
15. Zussman, E. and Kriwet, G., "Disassembly-oriented Assessment Methodlogy to support Design for Recycling," Annals of the CIRP, Vol. 43, No. 1, 1994.
16. Tres, P. A., "Desiging Plastic Parts for Assembly," Hanser/Gardner Publications, Inc., 1994.
17. Lotter, B., "Manufacturing Assembly Handbook," Butter worths, 1986.
18. Jovane, F. and Alting, L., "A key issue in product Life cycle : Disassembly," Annals of CIRP, Vol. 42, No. 2, 1993.