

조립을 위한 설계의 체계화

목 학 수*

Systematization of Design for Assembly

Hak-Soo Mok*

Abstract

The important subject for assembly automation is to improve the assemblability of parts. To do this, parts and subassembly are analyzed and alternatives are constructed systematically. The optimal alternative that has the highest assemblability should be chosen among all the constructed alternatives by the proper criteria and evaluating methods.

1. 서 론

제품의 구조설계는 제품의 생산원가에 많은 영향을 미친다. 즉, 생산원가를 줄이기 위해서는 제품의 생산성—특히, 가공용이성 및 조립용이성—이 높게 설계되어야 한다[1].

조립은 생산공정의 마지막 단계로 가공된 여러 가지의 가공부품과 구매에 의해 구입되는 규격부품들로 결합공정이 이루어지는 작업으로, 현재 생산의 다른 어느 단계에 비해 자동화 정도가 낮다. 이같은 현상은 다음과 같은 측면에서 그 이유를 찾을 수 있다.

- 상대적으로 많은 부품의 취급
- 부품 및 조립군들의 기하학적 형상의 복잡성
- 유연한 소재에 의한 낮은 취급성

따라서 생산될 제품의 설계는 성공적인 생산을

위한 중요한 요소 중의 하나이다. 특히 높은 조립용이성을 갖는 제품의 설계는 조립에 소요되는 경비를 줄일 수 있게 할 뿐만 아니라, 제품의 품질에 대한 높은 신뢰성을 기대할 수 있게 된다.

한편, 조립에 있어서의 합리화 방안들 중의 하나는 조립공정의 자동화를 들 수 있다. 조립의 자동화를 위해서는 조립공정을 수행하는 기계 및 장치 등의 기술적인 측면에서의 발전을 기대하는 것과 동시에, 제품의 구조적인 면을 우선적으로 고려하면서 절대적인 기능을 유지하는 범위 내에서 조립용이성이 뛰어난 부품들의 설계가 더한층 경제적인 것이다[2, 3, 4].

조립을 위한 부품의 설계를 실시할 때에는 우선적으로 최종 제품이 갖는 기능, 가공 및 조립을 위한 제조기술, 그리고 구매의욕을 높여주는 외장설계 등이 고려되어야 한다. 여기서, 특히 조립을 위해

* 부산대학교 산업공학과

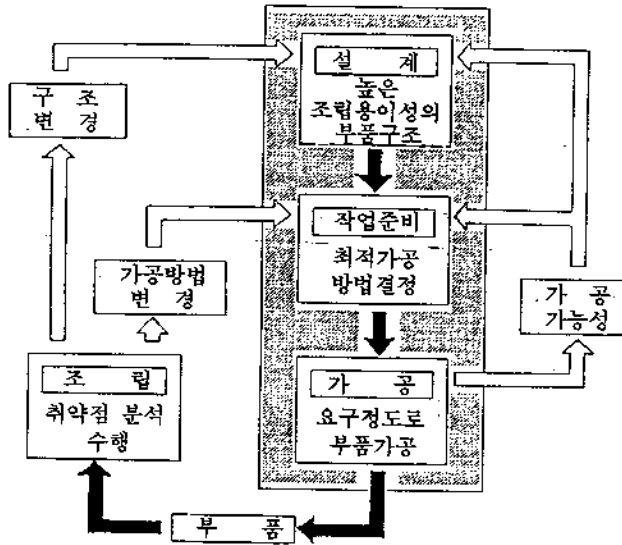


그림 1. 높은 조립용이성을 갖는 부품의 생산체제

서는 조립의 결합방법과 조립될 부품의 수, 형상 및 제품의 구조 등이 우선적으로 파악되어야 하며, 또 조립작업을 수행하는 기능 수행체에 대한 작업영역 및 기능 수행방법 등이 조사되어야 한다. 따라서, 조립될 대상의 설계는 조립공정의 자동수행정도를 높이기 위해서는 생산의 네 단계 - 설계, 작업준비, 가공, 조립단계 - 가 유기적으로 조립에 대한 요구사항을 만족시키면서 수행되어야만 부품에서의 높은 조립용이성을 기대할 수 있게 된다. 이러한 각 단계에서의 조립에 대한 요구사항이 그림 1에 제시되어 있다[5].

따라서, 본 연구에서는 높은 조립용이성을 갖는 부품의 설계를 위해서 우선적으로 수행되어야 하는 세부 과제들을 체계적으로 제시하고자 한다.

2. 조립용이성의 결정 요소

조립될 대상의 조립용이성이라 함은 조립 작업자 및 조립용 기계 등의 조립기능 수행체가 조립을 수행하는 쉬운 정도로 정의될 수 있다. 이는 조립

공정 수행에 영향을 주는 여러가지 요소들에 의해서 결정된다. 그림 2에서는 조립 용이성의 크기를 결정해 주는 요소들이 제시되어 있다[6].

이러한 여러 요소들에 대한 조립될 부품 및 조립군에서 그리고 조립공정의 수행에서 생겨나는 특성들을 분석해서 전체 조립용이성의 크기를 높여야 한다. 이러한 과제를 위해서는 다음 장에서와

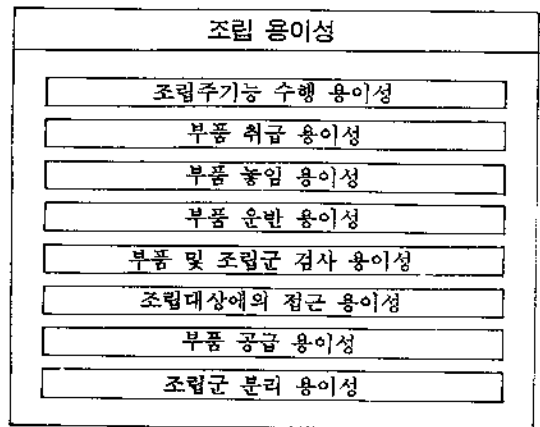


그림 2. 조립용이성의 결정요소

같은 조립용이성의 향상을 위한 체계적인 대안의 설정과 이들에 대한 평가단계가 필요하게 된다.

3. 조립용이성 향상을 위한 체계

앞장에서 언급된 여러가지의 조립될 부품 및 조립군의 세부 조립용이성을 향상시키기 위해서는 그림 3에 제시된 것과 같은 두 단계의 연구과정이 필요하게 된다. 즉, 취약공정의 파악을 위한 조립 대상의 분석단계와 대안으로 제시된 설계들의 체계적인 평가단계이다.

3-1. 분석단계 I: 조립될 대상의 분석

조립될 대상의 조립용이성 향상을 위한 첫번째 과제는 생산되고 있는 기존의 제품이나 생산될 계획된 제품에 대한 분석이 있어야 한다. 이 분석은 최종 제품 혹은 조립군에서의 다음과 같은 측면들이

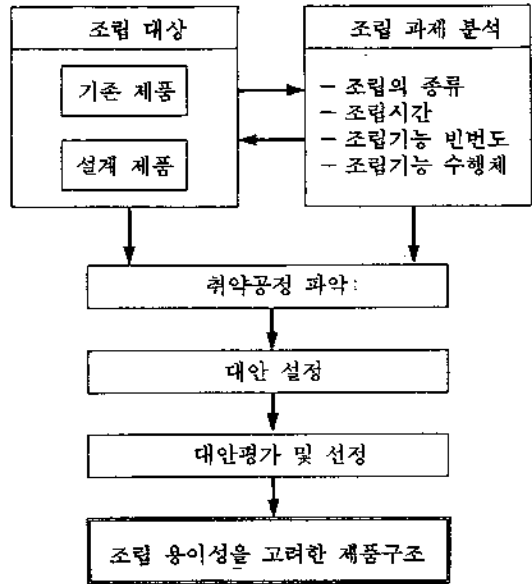


그림 3. 조립용이성을 고려한 제품설계의 체계화

고려되어야 한다(그림 4).

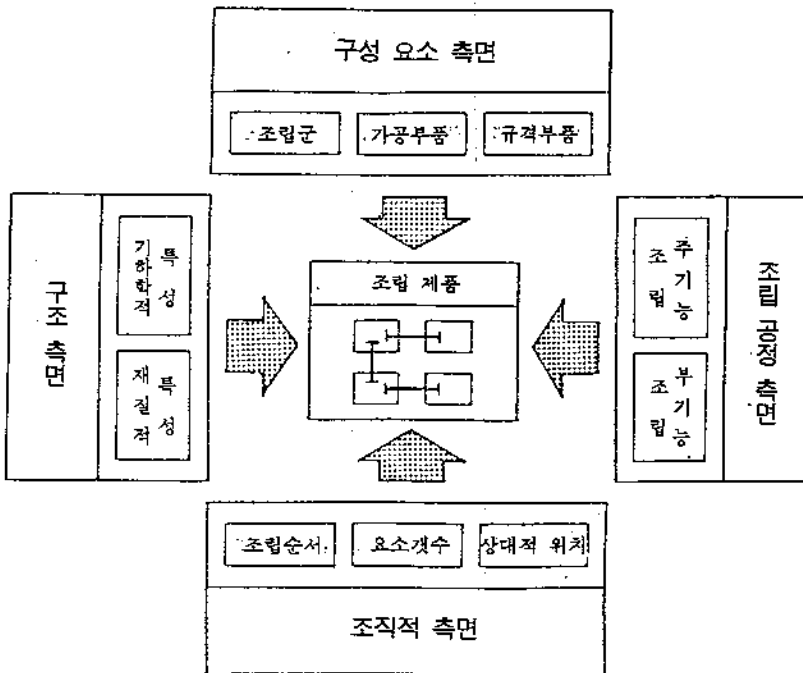


그림 4. 조립대상의 분석요소

기업체명 :		조립을 위한 부품설계에 미치는 영향요소 분석표		매수 :	
조립제품명		조립군명			
분류	분 석 기 준		분 석 내 용		
제 품 품 질	계 품 특 성	형 상			
		치 수			
		무 게			
		강 도			
		잡힐 가능성			
	성	접근 가능성		대상	
				공구	
				Gripper	
	조 립 기 계	기계 종류			
		기계 크기			
설 치					
청결 정도					
운반 장치					
조 립 경 비	질 계	조립 기계			
		특수 공구			
	생 산 조 건	표준화/규격화			
		생산량			
		작업환경			
	조 립 공 정	전체 조립시간			
		부품수			
		조립 방향 수			
		공구수 및 종류			
		접근가능성		대상	
공구					
Gripper					
조 립 조 건	조립방법 제시				
	작업특성				
	Know-How				
	교 육				
	시 간	순수조립시간			
준비시간					

그림 5. 조립을 위한 부품설계에 미치는 영향요소 분석표

- 조립대상의 구성요소 측면
- 조립대상의 구조적 측면
- 조립대상을 위한 조립공정 측면
- 조립대상을 위한 조직적 측면

조립대상의 구성요소 측면에서는 조립제품을 구성하고 있는 여러가지 요소 - 조립군, 가공부품, 그리고 규격부품 - 등의 종류 및 요소갯수들에 대한 조사가 있어야 한다.

조립대상의 구조적인 측면을 고려할 때는 조립군 혹은 가공부품들의 기하학적 특성 및 재질적인 특성이 파악되어야 한다. 기하학적 특성은 대상의 형상 및 치수 등에 대한 값을 측정함으로써, 그리고 재질적인 특성은 대상의 재질적인 측면 등을 고려해야 한다. 한편, 조립제품을 위해 수행되는 여러가지 조립의 주 기능(예를 들어, 나사체결, 용접)과 부기능(예를 들어, 정렬, 공급, 세척 등)을 분석함으로써 실제 조립공정의 수행상 어려운 점들이 파악될 수 있게 된다. 그리고 조립대상에서의 조직적 측면에서는 조립될 순서, 사용되는 부품 및 체결요소들의 갯수, 조립군들간의 결합방법 및 조립군들간의 경계조건 등이 분석되어야 한다.

본 연구에서는 이러한 것을 기초로 조립을 위한 부품의 설계에 영향을 주는 요소들을 파악할 수 있는 분석표가 개발되어 사용되었다(그림 5). 이 그림에서 볼 수 있듯이 분석을 위해서는 제품의 특성 및 조립에 이용되는 기계 등으로부터 제품의 품질 측면이 우선 파악이 되어야 한다. 그리고, 조립에 소요되는 경비의 산출을 위해서는 기계, 생산조건 및 공정에 대한 조사가 이루어져야 한다. 또 조립방법 및 부품특성으로부터 조립의 기능수행을 위한 필요한 여러 조건 등이 함께 파악되어야 한다.

3-2. 분석단계 II : 조립과제의 분석

조립될 대상의 조립될 과제는 조립경비의 절감, 생산성 향상 및 조립 작업장에서의 환경개선 등의

기업목표들을 고려하면서 그림 6에서와 같이 두가지 관점에서 분석되어야 한다.

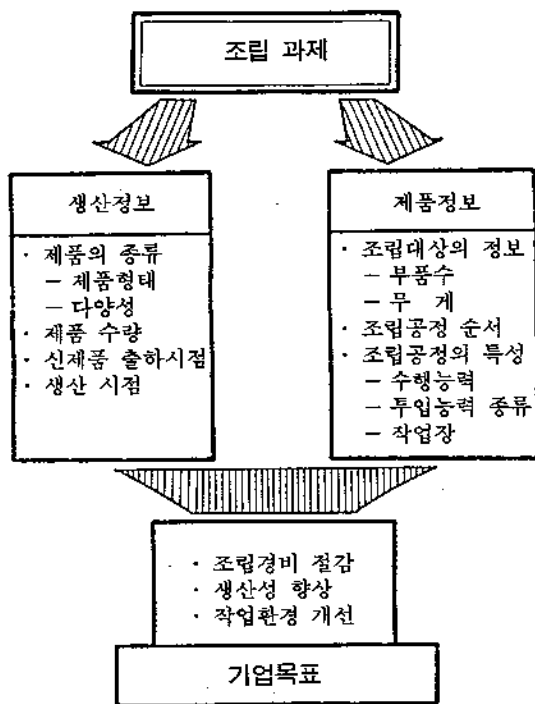


그림 6. 조립과제의 분석요소

생산에 관한 정보로는 제품의 종류 및 수량 그리고 생산시점 등이 파악되어야 한다. 조립될 제품에 대해서는 조립될 부품의 수 및 무게, 수행되는 조립공정의 순서와 조립공정 수행능력 및 작업장의 특성 등이 체계적으로 조사되어야 한다.

3-3. 분석단계 III : 조립에서의 취약 공정 파악

조립용이성을 향상하기 위한 대안 설정단계의 앞 단계가 실제 조립공정이 수행될 때 생겨나는 여러가지의 취약공정을 파악하는 일이다. 이 취약공정을 조사하기 위해서는 우선적으로 조립될 과제로부터 조립될 대상의 특성이 파악되어야 한다.

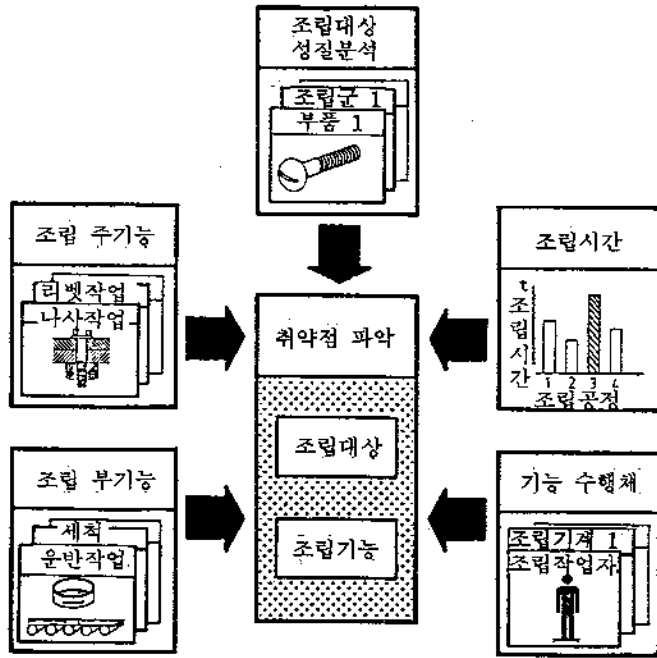


그림 7. 조립 과제에의 취약점 파악

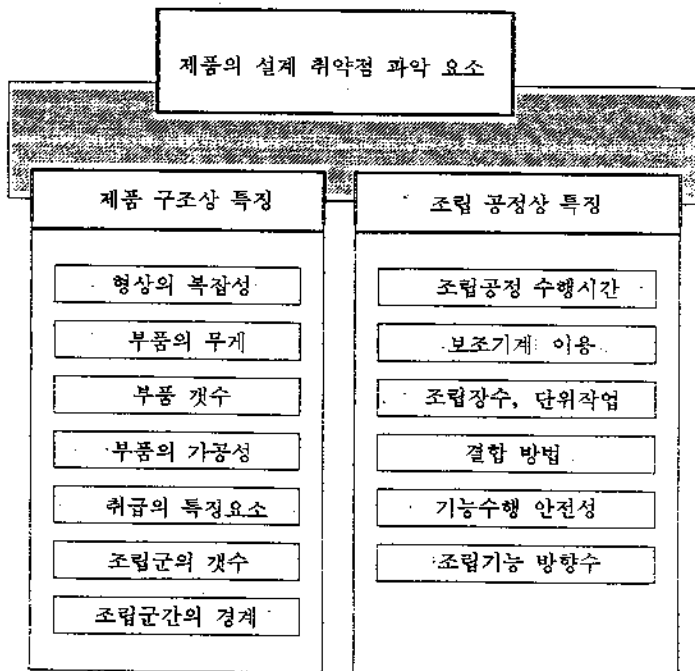


그림 8. 제품설계에서의 취약점 파악을 위한 요소

다.

그림 7에서는 조립될 대상 및 조립기능을 대상으로 조립에 있어서의 취약점을 조립의 주기능 및 부기능 측면에서, 조립에 소요되는 시간적인 측면에서, 그리고 조립을 수행하는 기능수행체 측면에서 파악될 수 있음을 보여 준다.

그리고, 그림 8에서는 제품의 설계에 있어서 조립에서 생겨날 수 있는 취약점들을 제품의 구조적인 특징과 조립공정 수행에서의 특징들로부터 그 요소들이 조사되어져 있다.

이와 같은 여러가지의 취약공정의 파악을 위해

조립시스템에서 감시되어야 할 요소들은 그림 9에 제시되어 있다.

조립의 주기능 및 부기능에서는 수행되어야 하는 기능의 종류, 기능의 수행에 요구되는 시간 및 사용되는 보조기구 등에 조립의 취약정도가 좌우된다. 그리고, 조립에 필요한 시간은 조립공정의 취약점을 파악할 때 가장 우선적으로 측정하는 요소가 된다. 즉, 조립에 소요되는 시간이 상대적으로 길 경우에는 전체 조립시스템에 나쁜 영향을 주게 된다.

조립취약점 파악대상	감 시 요 소
조립 주기능	- 조립 수행시간 - 결합방법 - 기능수행을 위한 보조기구 - 주기능 수행에 요구되는 위치 및 반복 정밀도 - 기능수행에 사용되는 동력의 종류
조립 부기능	- 부기능의 종류 - 기능 수행시간 - 기능 수행을 위한 보조기구 - 사용되는 동력의 종류 - 기능수행체의 위치 및 반복 정밀도
조립시간	- 단위공정당 조립시간의 분포 - 각 조립기능별 조립시간 - 조립장별 조립시간의 분포
기능수행체	- 기능 수행체의 종류 - 기능 수행체의 기능 수행순서 - 기능 수행체의 특성 - 기능 수행체를 위한 요구조건

그림 9. 조립공정의 취약점 파악을 위한 감시요소

3-4. 부품설계의 대안 설정

높은 조립용이성을 갖는 부품의 설계 대안들은 그림 10과 같은 순서로 작성될 수 있다.

조립될 대상의 설계대안들을 작성할 때에는 부품의 가공측면과 조립공정의 수행측면을 동시에 고려해야 한다. 가공측면에서는 우선적으로 공정의 순서 및 부품의 가공순서 등을 고려하는 부품의 구성측면이 조사되어야 한다. 이러한 과제가 수행되고 난 후, 이들에 대한 정보가 가공공정의 수행

및 부품의 취급 등이 실제 가공공정의 운영에 반영되어야 한다. 한편, 조립대상의 설계대안을 구축할 때는 조립준 상태 및 조립공정의 수행순서 등을 고려하는 구성측면과 실제 조립공정을 수행하는 조립방법 등의 운영에서의 특징을 고려해 주어야 한다.

따라서, 이러한 여러가지 가공공정에서 파악된 정보는 조립공정 수행에 필요한 여러 정보들과 비교, 검토되는 과정이 필요하게 된다. 즉 조립시스템의 구성측면과 이의 실제 운영에 있어서 나타나는

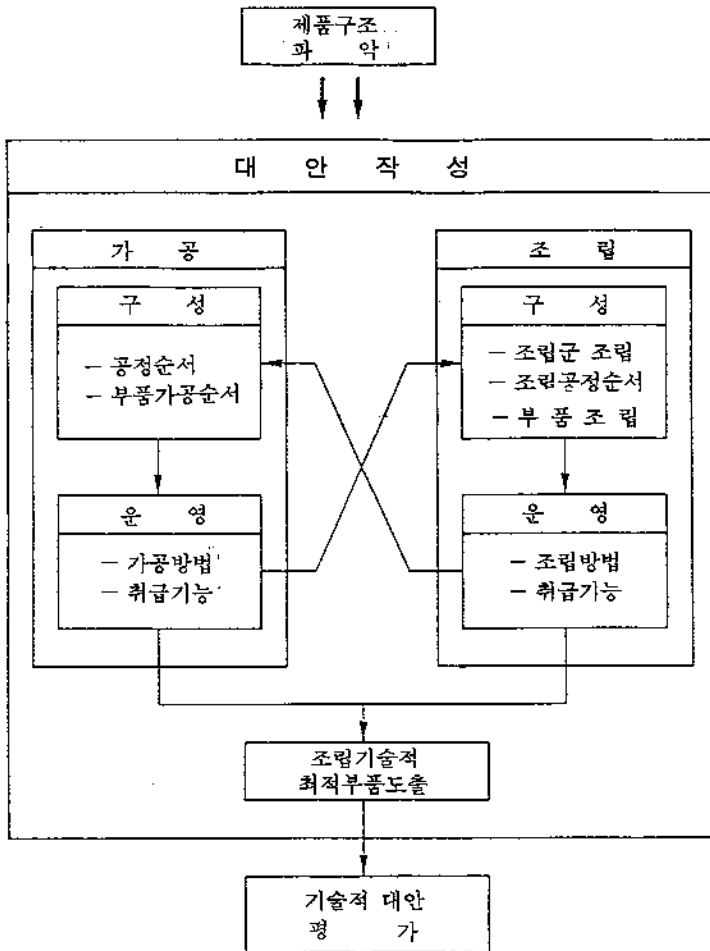


그림 10. 설계 대안의 도출 순서

여러가지 효과 등이 함께 고려됨으로서 적절한 설계대안이 얻어질 수 있게 된다.

3-5. 설계대안의 평가 및 선정단계

대안으로 제시된 여러 설계대안들은 적절한 평가기준들에 의해서 평가되어야 한다. 이러한 평가기준들은 그림 11에서와 같이 생산의 전반적인

요소들이 함께 고려됨으로서 설정될 수 있다.

부품의 조립용이성을 평가하기 위한 기준들은 다음과 같은 네가지 범위에서 작성될 수 있다.

- 기술적인 평가기준
- 경제적인 평가기준
- 생산적인 평가기준
- 작업자에 대한 평가기준

이들에 대한 세부 평가기준들은 각 요소들의 상

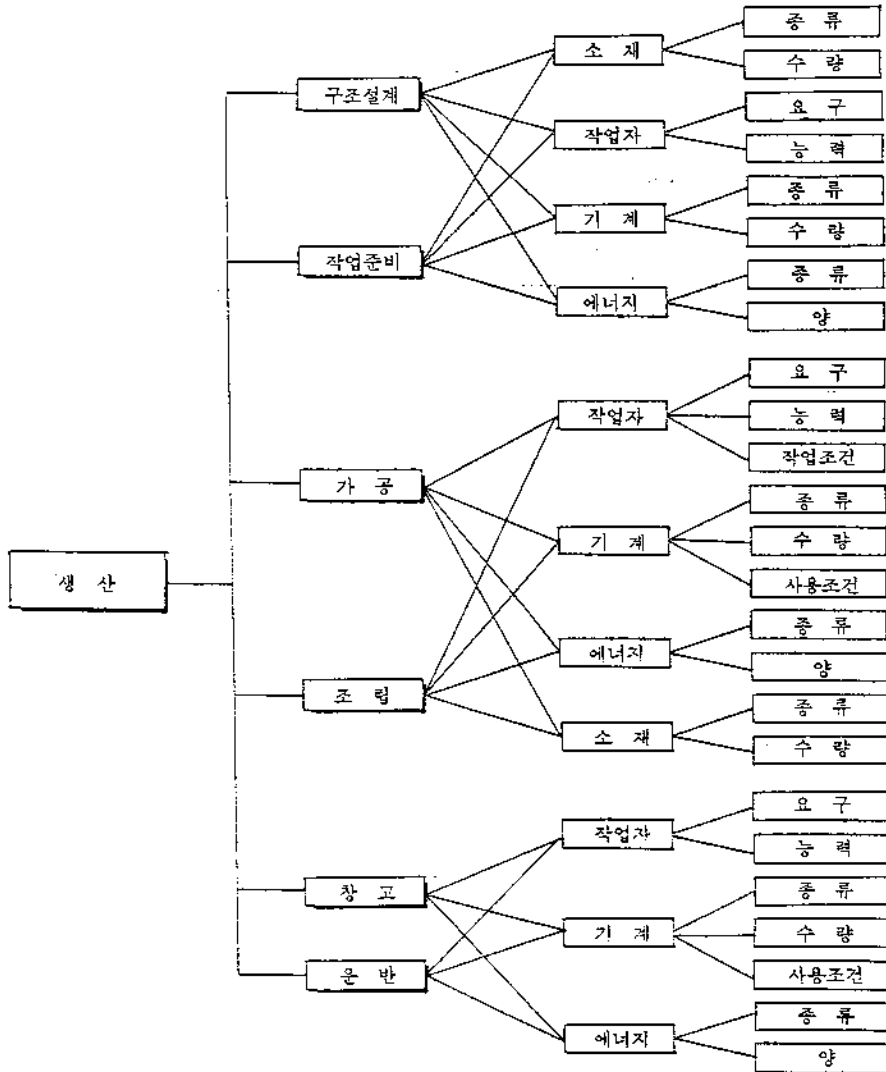


그림 11. 조립용이성의 평가기준 설정의 체계화

순서	대 기준	세 부 평 가 기 준	
I	기술적 평가기준	기능	<ul style="list-style-type: none"> - 제품의 기능 - 기능 수행의 신뢰도 - 기능 수행의 안전성 - 기능 수행을 위한 동력 - 기능의 유연성
		구조	<ul style="list-style-type: none"> - 조립군 및 부품의 형상 및 무게 - 부품의 가공기술 - 결합에 이용되는 보조장치 - 사용재질 및 표면정도
II	경제적 평가기준	종류	<ul style="list-style-type: none"> - 사용장비의 종류 및 수량 - 보조장비의 종류 및 수량 - 제품설계의 유연성 - 설계정보의 재사용 능력
		수량	<ul style="list-style-type: none"> - 설계를 위한 작업자 등급 및 수 - 제품 조립시간 - 재료비
III	생산적 평가기준	제품 구조	<ul style="list-style-type: none"> - 부품의 수 - 조립군의 경계 - 제품의 품질
		공정 수행	<ul style="list-style-type: none"> - 조립군간의 결합방법 - 공정 수행시간 - 부품간의 간섭현상 - 조립기능 수행을 위한 보조장치 - 부품의 정렬 및 공급성 - 위치 정확도의 크기 - 부품 취급의 조건
IV	작업자 평가기준	능력	<ul style="list-style-type: none"> - 공정수행의 용이성 - 사용 보조공구의 취급성 - 장치의 동력원 종류 - 부품의 취급성 - 부품의 무게 및 형상
		안전	<ul style="list-style-type: none"> - 부품 및 조립군에의 접근성 - 조립작업의 환경조건 - 기능수행의 빈번도 및 지속도

그림 12. 조립용이성의 평가기준

관관계를 조사함으로써 그림 12와 같이 얻을 수 있게 된다.

이러한 평가기준을 가지고 대안들을 평가하는 방법으로는 일반적으로 가치 평가법이 이용된다

[7]. 이 가치 평가법을 사용하여 평가되는 부품 및 조립군의 조립용이성은 그림 13과 같은 단계를 거쳐 최적의 설계대안이 선택되어진다.

이 평가방법은 가능한 대안들의 작성단계인 분

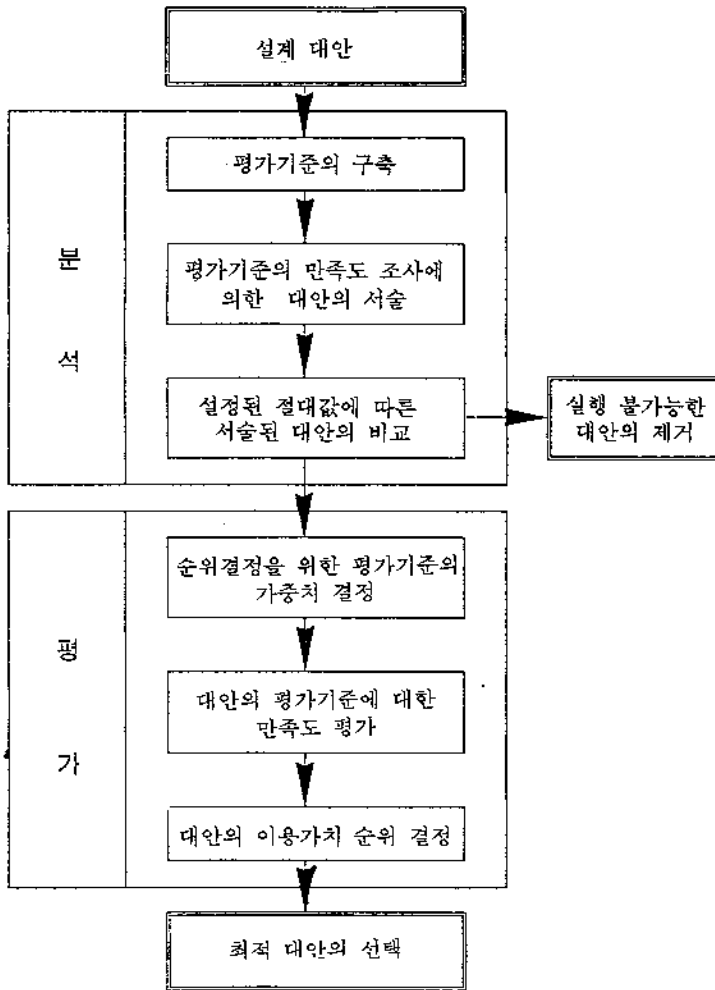


그림 13. 최적 대안의 선정을 위한 가치평가법의 순서

석단계에서 평가기준들의 설정과 기준으로 제시된 각 요소들이 실제 대안이 가진 특성과의 관계를 파악하는 것이다. 이러한 작업이 끝난 후에 제시되는 실현 가능한 여러 대안들 중에서 대안이 갖는 평가기준들의 만족도 정도를 정량적으로 평가함으로써, 대안의 이용가치 순위를 결정해서 최적의 대안을 결정하는 평가단계로 되어 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 높은 조립용이성을 갖는 조립될 대상, 즉 부품 및 조립군들의 대안을 작성하는 체계적인 방법이 제시되고 있다. 이를 위해서는 우선적으로 부품의 설계에 영향을 주는 요소들이 고려되면서 조립될 대상에 대한 분석 및 조립에서의

취약점 등이 파악되어져야 한다.

조립의 취약공정을 파악할 때에는 수행되는 조립의 주·부 기능과 기능 수행체의 특성을 조립될 대상 측면과 조립공정 측면에서 조사되어져야 한다. 조립될 대상의 설계대안들은 생산공정의 여러 단계, 특히 가공 및 조립의 작업 수행성을 고려해서 작성되어져야 한다. 구축된 사용 가능한 대안들은 조립을 위한 기술적, 경제적, 생산적 그리고 작업자의 작업환경 측면에 대한 세부 평가기준들에 의해서 평가되고, 이의 결과로 최적의 대안이 선정될 수 있게 된다. 따라서, 여기 제시된 조립용이성 향상을 위한 부품의 설계 대안의 체계적인 접근방법은 조립 생산성을 향상시키는데 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] Makino, H. and Yamafuji, K., "Trends in automatic assembly in Japan." *Assembly Automation*, IFS Ltd., 1988.

[2] Eversheim, W., Gross, M. and Lehmann, F., "Innovative Assembly Management," *Annals of the CIRP*, Vol. 39/1, 1990.

[3] Baessler, R. and Schmaus, T., "Procedure for assembly-oriented product design," *assembly Automation*, IFS Ltd., 1988.

[4] Andreasen, M.M., Kaehler, S. and Lund, T., "Montagegerechtes Konstruieren," Springer-Verlag, Berlin, 1985.

[5] Miese, M., "Systematic Montageplanung in Unternehmen mit Einzel-und Kleinserienproduktion," *Dissertation RWTH Aachen*, 1973.

[6] 목학수, "조립용이성." 대한정밀공학회 학술대회 논문집, 1989.

[7] Zangemeister, C., "Nutzwertanalyse in der Systemtechnik," *Wittmannsche Buchhandlung*, Muechen, 1971.