

조립자동화를 위한 제품설계 기술개발

목 학 수*, 하 재 우**, 차 동 균***

Development of Design Technology for Assembly Automation

Hak-Soo Mok*, Jae-Woo Ha**, Dong-Kyun Cha***

ABSTRACT

In this study, the product design technology to facilitate the assembly automation is developed. First, checklists are developed to analyse weakpoints which make assembly automation difficult. The weakpoints of assembly automation can be redesigned by using design rules for assemblability which are systematized in this research. In addition, the assemblability of product can be evaluated qualitatively with the new developed assembly evaluation method. This evaluation method is performed in the respect of the component parts, the assembly method and the assembly motion.

Key Words : Assembly Automation, Assemblability Evaluation

1. 서 론

조립은 부품을 결합해서 최종 제품을 만들어 내는 생산의 마지막 공정단계로서 작업자에 대한 의존도가 높은 노동집약적인 작업이다. 노동집약적인 조립공정은 일관적이지 못한 인간의 감정과 작업능력 등으로 제품의 품질이 일정하지 못하고 불량률이 높다. 따라서 조립공정을 자동화하는 것은 높은 노동력 감소의 효과와 제품의 품질을 균일한 상태로 관리할 수 있을 뿐만 아니라, 조립자동화는 조립경비의 감소와 전반적인 생산성 증가의 효과를 기대할 수 있다(1, 2). 조립자동화를 위해서 필요로 하는 기술로는 로봇 기술, 센서 기술, 컴퓨터 기술, 통신 기술, 부품 공급장치 기술, 보조장치 기술, 공정관리 기술, 제품설계 기술 등이 있다. 그러나, 완

전한 조립장비를 갖춘 자동조립 수행체일지라도 조립자의 유연성을 완전히 모방하기 어렵고, 제품 종류의 다양한 변화에 빨리 대처할 수 있는 능력이 부족하다.

그래서 자동조립 수행체의 능력을 향상시킬 수 있고, 쉽게 자동조립에 접근할 수 있는 방법 중의 한가지가 "자동 조립하기에 쉬운 제품을 설계"해 주는 것이다. 즉, 조립될 부품들이 높은 조립용이성을 가지도록 설계해 주는 것이 자동조립의 우선적인 과제이다(3). 실제로 대부분의 조립제품이 자동조립에 적합하지 않은 제품구조로 설계되어 있어 조립자동화에 많은 어려움을 지니고 있다(4).

이러한 조립용이성을 갖는 제품설계에 관한 연구의 주내용은 조립을 방해하는 취약점 파악방법에 대한 연구, 취약점 개선, 설계규칙 개발 그리고 조립성 평가법

* 부산대학교 산업공학과

** 한국기계연구원 기술동향분석실

*** 부산대학교 기계공학과

개발 등이다(6). 그러나, 기존의 이러한 각 연구 내용들은 개별적으로 연구되었으며, 이들이 하나의 체계화된 설계기술로 통합화되지는 못했다.

따라서 본 연구에서는 조립부품과 공정의 취약점 파악에서부터 취약점 개선과 조립용이성 평가에 이르기까지 일관성을 가지면서 조립제품 설계에 적용될 수 있는 설계기술을 개발하고자 한다. Fig. 1에서는 조립자동화에 알맞은 제품설계를 위한 체계적인 수행절차와 설계기술의 개발 내용을 나타내고 있다. 주된 연구과제는 높은 조립용이성을 가지는 조립제품 설계를 위해 조립취약점 분석을 위한 점검표의 개발과 조립용이성 향상을 위한 제품설계 원칙의 체계화, 그리고 조립설계 대안을 평가하는 조립용이성 평가방법을 개발하는 것이다.

2. 조립취약점 분석

2.1 취약점 분석을 위한 점검표

높은 조립용이성을 갖는 제품의 설계를 위한 첫 단계의 연구로 조립취약점 분석표가 개발되었다.

조립제품의 설계에 있어서, 제품설계자만의 지식으로는 높은 조립용이성을 갖는 제품이 설계될 수 없다.

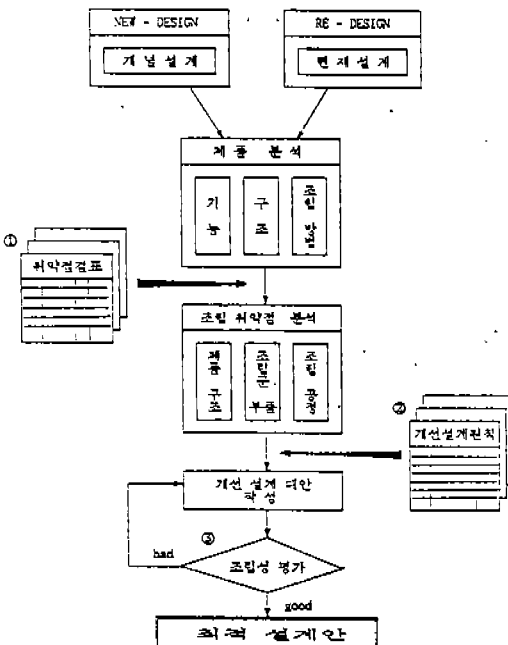


Fig. 1 조립용이성을 갖는 부품 설계 과정

왜냐하면, 제조기술자의 경험 정보나 조립방법, 가공기술, 작업조건 등의 정보가 제품설계자에게 전달이 제대로 되지 않아 조립용이성을 갖지 못한 제품의 설계가 되기 때문이다. 따라서 제품설계자는 항상 제조기술자나 조립기술자와 정보를 교환하면서 제품을 설계해야 한다 (6, 7).

그래서 본 연구에서는 조립공정을 거쳐서야 발견되는 부품과 제품설계 상의 여러가지 문제점을 설계 단계에서 미리 설계자가 파악할 수 있고, 제품설계와 조립공정간의 시행착오를 감소시킬 수 있는 자료로서 조립취약점 점검표를 개발하였다. 조립취약점 점검표는 제품이 설계되어 최종 제품으로 만들어지기까지 발생할 수 있는 조립취약점을 쉽게 분석할 수 있도록 설계자를 지원하는 50여 가지의 질문으로 구성되어 있다. 또한 이 점검표는 물론 제품설계자 뿐만 아니라, 조립을 수행하는 작업자에 의한 제품 개선에도 이용될 수 있다.

2.2 취약점 파악 대상

새로운 조립제품의 개념설계 대안이나, 현존하는 제품의 설계에 대해 체계적이고 효과적인 조립취약점 분석을 위해서 세가지의 질문대상(분석대상)으로 나눈 후 각각

조립 취약점 점검표 표 1			
조립 용이성 부품 표 2			
조립 취약점 점검표 표 3			
No	질문	비고	비판규정(개선 강제 여부)
F1	시제품 / 모형에 비해서 조립이 쉬운가?		
F2	문제의 부품 조립 방향과 조립의 최종 조립방향에 다른가?		
F3	작업이 두 번씩이나 되지는 않는가?		
F4	구멍의 반대 방향 조립되는가?		
F5	비어 버리기 하일 때 이상 감이 들 수 있는가?		
F6	그림 서술이 필요한 부분이 있는가?		
F7	사용구나 상어를 놓칠 수 있는가?		
F8	동작의 한 번의 반복 시간이 비교적 짧어 스프링인가?		
F9	추월할 수 있도록 설계 조립 단계를 생각해 보는가?		
F10	시서 방향이 설계 원치 않는 방향인가?		
F11	조립의 난이도 향상에 유의하여 있는가?		
F12	조립의 방향이 반대인가?		
F13	표준품 조립의 정수를 설계 할 수 있는 방향인가?		
F14	사용 구멍의 방향 향상이 향유하여 용한가?		
F15	조립 단계를 쉽게 하는가?		
F16	표준 규격의 부품의 사용으로 인한가?		
F17	한번 조립 오류 조립 단계를 변경되는가?		
F18	외형용인 경우 용인시 조립용을 이용하여 있는가?		
F19	조립용이성으로 조립의 안전에서의 향유하는가?		
F20	간단한 조립의 부품, 조립, 조립, 조립하는 조립용이성인가?		
F21	조립을 가려져야, 스레드, 볼트, 볼트, 볼트, 볼트인가?		
F22	수용의 방향을 필요로 하는가?		
F23	일회 조립 두중을 계속해서 조립 비복을 필요로 하는가?		

Fig. 2 조립 취약점 점검표

의 대상에 대해서 세부질문을 하도록 개발되었다.

Fig.2와 같이 질문대상을 크게 “제품구조측면”, “조립군/부품측면”, “조립공정측면”의 세가지로 나눈 후, 각각에 대해 세부 질문으로 취약점을 분석해 나간다. 그리고 각 질문으로부터 파악된 문제점은 조립용이성 향상을 위한 제품설계 원칙을 참조하여 새로운 대안을 설계할 수 있다.

3. 조립용이성 향상을 위한 제품설계원칙의 체계화

조립용이성은 조립수행체, 조립방법, 조립부품과 관계되는 여러가지의 세분화된 조립용이성 결정 요인으로 구성된다. 이 결정 요인들을 바탕으로 제품설계원칙은 대원칙과 이에 따른 세부설계 원칙들로 이루어진다. Fig. 3에서는 부품의 기하학적 형태 및 조립될 수량 측면에서 그리고 조립의 주기능 및 부기능 수행의 용이성에 따라 조립을 위한 제품의 설계원칙들이 9가지로 나누어져 제시되고 있다.

이러한 조립용이성의 설계원칙들을 보다 세분화, 체계

조립용이성 향상을 위한 제품설계원칙	
부 품	부품수 최소화
	부품 단순화
조 립 공 정	삽입 용이화
	조립 방향수 최소화
	계절 용이화
	회전 용이화
	결사 용이화
	위치 결정 용이화
	조립 수행체 능력 향상

Fig. 3 조립용이성 향상을 위한 제품설계원칙

조립용이성 세부설계원칙		표 1
원칙	No	세부설계원칙
1. 부품수 최소화	1.1	부품의 표준화
	1.2	부품 종류의 단일화
	1.3	부품의 일체화
	1.4	부품 수량의 최소화
	1.5	동일 기능 부품 크기의 최적화
2. 부품형상 단순화	2.1	기능의 형상 제거
	2.2	표면 단순
	2.3	간단한 구조
	2.4	조립순열 설계
3. 삽입의 용이화	3.1	크리치(Chamfer)와 라운딩
	3.2	삽입길이의 최소화
	3.3	두 아실면 동시 일치피움 저감
	3.4	간혹방향 직선이동 삽입
	3.5	기타
9. 조립 수행체 능력 향상	9.1	사용공구의 최소화
	9.2	다목적 공구 개발
	9.3	사용공구의 작업 영역 확보

Fig. 4 조립용이성 향상을 위한 세부설계원칙

화한 세부설계원칙 40여 가지를 Fig. 4에서 나타내고 있다. 이들 세부설계원칙들은 조립취약점으로 파악된 문제점들을 새로운 설계 대안으로 재작성하는데 이용될 수 있다(7~10).

4. 조립용이성의 평가법

조립취약점점표를 이용해서 조립수행에 어려움을 주는 부품의 형상이나 조립동작 등의 조립취약점을 파악할 수 있다. 그리고 파악된 조립취약점들은 조립용이성 향상을 위한 세부설계원칙(Fig. 4)을 참조하여 새로운 설계 대안을 작성하게 된다. 물론, 새롭게 작성된 설계 대안이 이전의 설계 대안 보다 더 높은 조립용이성을 갖는 지에 대한 평가 절차인 조립용이성 평가법이 필요한 것이다.

조립지향적 제품설계의 근본적인 개념이 부품의 가공이나, 조립과정에서 일어나는 조립상의 어려운 문제점들이 미리 설계단계에서 제거됨으로써 제품생산에 들어가는 시행착오 비용을 최소화하는 것이므로, 설계 단계에서의 정확한 대안 평가는 중요한 의미를 가진다. 뿐

만 아니라, 낮은 조립용이성을 갖는 부품과 조립공정에 있어서는 조립성 평가치가 계속적인 개선활동을 요구하는 지표로 제시될 수 있으므로, 조립용이성 평가는 중요한 역할을 한다.

본 연구의 조립용이성 평가법은 새로운 설계 대안을 정성적인 평가가 아닌 정량적인 수치로 평가할 수 있게 함으로써, 객관적이고 체계적인 평가법이 되도록 개발되었다. 그리고 조립성 평가가 수행되면서 평가자 혹은 제품설계자는 제품의 조립자동화 가능성 정도와 작업자의 조립능률 등을 폭넓게 인지할 수 있어 조립제품의

발생 가능한 조립취약점 파악 지식을 쉽게 습득할 수 있고, 조립기능에 대한 학습효과도 기대된다.

Fig. 5는 본 연구에서 제시하는 조립용이성 평가의 기본 절차를 나타내고 있다. 우선적으로 부품 및 조립방법에 대한 분석을 수행하고, 이러한 분석 이후에 얻어진 조립성 평가치로서 기본점수를 산정하는 단계이며, 그 다음 단계에서는 조립공정 중의 애로동작에 대한 별점 계산을 하게 되며, 마지막 단계에서는 기본점수와 애로동작의 별점에 의해 조립용이성에 대한 평가치를 산출한다.

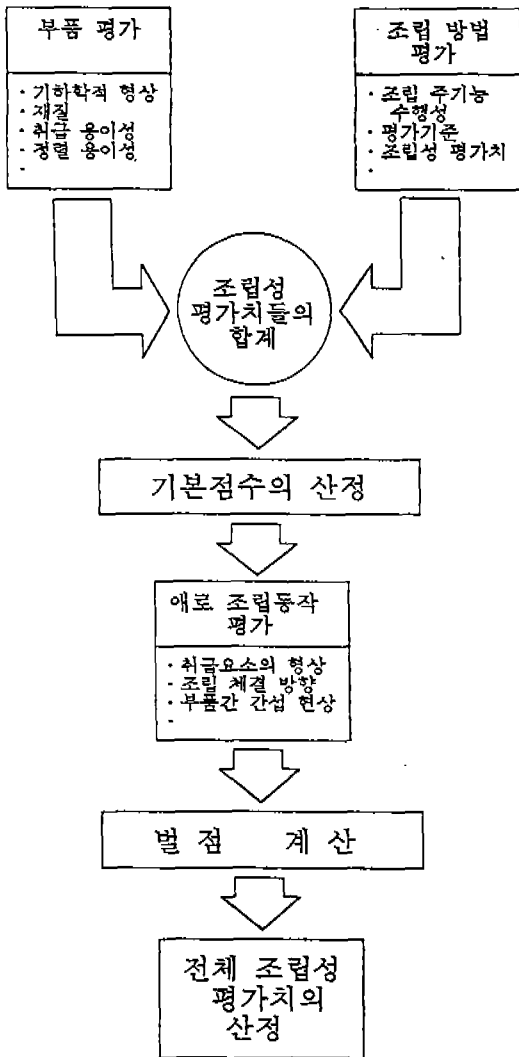


Fig. 5 조립용이성 평가의 단계

단계1 : 부품의 조립성 평가

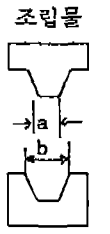
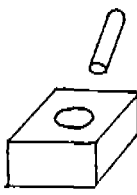
부품의 조립성 평가는 조립이 일어나기 전·후의 부품공급, 정렬, 이송, 안정성 등의 조립 부기능 측면에서 부품의 기하학적 형상, 기능, 설계상 문제점을 평가하게 된다.

평가방법의 기본 개념은 다음과 같다. "임의의 A 부품은 B 부품보다 더 취급하기에 좋다"라는 정성적인 평가는 할 수 있다. 즉, 조립 부품간의 취급성, 정렬성

Table 1 부품 취급성 및 놓임 안정성 평가표

		단단 한계질				유연 한계질			
		I=8 무게		I=4.8 무게		I=3.2 무게		I=1.6 무게	
		적당함		아주가벼움		적당함		아주가벼움	
치	운반	참치는면				참치는면			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면
치	운반	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립	조립
		크다	적당	적당	적당	적당	적당	적당	적당
치	운반	조립				조립			
		경면	평면	곡면	평면	경면	평면	곡면	평면

Table 2 조립 방법의 조립성 평가 기준

평가 기준	설 명	점수 산정 방법	최고 점수	계 산 식	
◆ 조립 시간	- 두 부품의 단위 조립 시간 - 조립중 가공시간 포함 - 시간의 단위는 "초" 단위	- 두 부품을 조립하는 이상적인 최적의 조립 시간을 3초로 보고 3초에 대한 상대적인 조립시간으로 평가를 함	25	75 / 단위조립시간	
◆ 체결요소 사용 갯수	- 두 부품의 결합을 위해서 사용되는 체결요소의 수. - 예) 볼트, 나사	- 체결 요소가 전혀 사용되지 않으면 최고 점수가 부여 - 1개 이상의 경우는 최고점수에 사용갯수의 역수를 곱해서 점수를 산정	20	0 개 사용	20
				1 개 이상	20 / (갯수+1)
◆ 보조기구 사용수	- 두 부품을 조립하기 위해서 사용되는 조립도구, 보조 장치의 수 - 예) 드라이브, 지그	- 보조 기구가 없으면 최고점수가 부여됨 - 1개 이상의 보조기구 사용은 최고 점수에 사용수의 역수를 곱해서 점수를 산정	17	0 개 사용	17
				1 개 이상	17 / (갯수+1)
◆ 위치 결정 허용도	- 조립될 부품(조립품)이 목표물에 위치할 때의 공간 허용 정도 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>조립물</p> <p>목표물</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>조립물</p> <p>목표물</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">위치결정허용도 = $\frac{b}{a}$</p>	- 위치 결정 허용도가 2 이상이면 최고 점수가 되고 0.5 미만이면 점수가 없음. - 위치 결정 허용도가 0.5 이상 2 미만은 허용도의 직선 비례에 따라 점수가 주어짐	13	0.5미만	0
				0.5이상 ∫ 1 미만	13 × (허용도-.5)
				1 이상 ∫ 2 미만	7.5 × (허용도-.5)
				2 이상	13
◆ 체결력의 종류	- 두 부품을 조립 하기 위해서 사용되는 체결력의 종류 - 인력, 기계력, 전기/화학력으로 구분하였다	인 력 사람의 힘으로 충분히 작업이 가능한 경우로서 보조 기구의 사용도 포함됨. 기 계 력 프레스 조립작업과 같이 기계적인 큰힘을 사용해야 하는 경우 전 화 기 학 력 전기나, 화학적 반응으로 부품을 조립하는 경우 예) 용접, 초음파	10	인력	10
				기계력	5
				전기 화학력	0
◆ 숙달된 조립가능 정도	- 선정된 조립을 수행하기 위해 필요한 작업자의 필요한 기능의 정도 - 자동조립기는 프로그램, 시간 준비시간을 사용해 평가	- 조립을 수행할때 필요한 최소한의 숙련 정도를 3등급으로 나누어 점수를 부여 - 초보자라도 할 수 있는 조립방법이 최고 점수가 됨	7	비숙련	7
				평균	4
				숙련 령	0

평가 기준	설 명	점수 산정 방법	최고 점수	계 산 식	
◆ 조립중 가공 유무	- 단위 조립중에 결합을 위해서 필요로하는 소성, 절삭, 열변형 가공의 필요유무를 평가.	- 단위 조립중에 필요한 소성, 절삭, 열변형 등의 가공을 "조립중 가공"이라 정의함 - 조립중 가공의 필요유무에 따라 차등 점수를 부여	5	필요 없음	5
				소성 가공	3
				절삭 가공	1
				열 변형	2
◆ 특정 조립 환경 필요 유무	- 조립장의 환경이 특별한 장치(방음, 방진, 조명 등)를 필요로 하는 경우	- 특별한 조립 환경의 필요유무에 따라서 차등 점수를 부여함	3	필요 없음	3
				필요함	0

등의 조립성 평가 기준에 대해 정성적으로 어느 부품의 취급성과 정렬성이 더 좋다는 방식의 "순위"를 매길 수 있다. 이러한 순위에 미리 정의된 점수를 부여함으로써 조립성에 대한 평가를 한다.

부품의 평가는 취급성 및 놓임 안정성, 정렬성 및 공급성, 그리고 검사용이성 및 분리용이성의 3가지 기준에 의해 각각 평가가 이루어지며, Table 1에서는 예로써 부품의 취급성 및 놓임 안정성 기준에 대한 평가 항목과 평가치를 제시하고 있다.

단계2 : 조립방법의 조립성 평가

조립방법의 난이도를 정량적으로 평가하기 위한 조립성 평가 기준들은 Table 2와 같다. 조립방법의 조립성 평가는 부품의 기하학적 형상이나 기능의 평가와는 달리, 두개 이상의 부품으로 조립을 수행하는 결합방법에 대한 조립성을 평가하는 절차이다. 본 연구에 있어서 조립방법의 조립성 평가의 최고 점수를 100점으로 정의하고, 평가기준 항목에 대한 최고 점수 산정은 각 기준의 중요도에 따라서 정성적으로 정의된다. 그리고 조립방법의 조립성 평가치는 각 기준들에서 계산된 점수들의 합으로 이루어진다.

단계3 : 기본 점수 산정의 방법

기본 점수는 단계 1의 부품 조립성 평가와 단계 2의 조립방법 조립성 평가치에서 산출된 평가치의 합이다.

단계4 : 애로 조립동작 평가

애로 조립동작 평가 단계에서는 조립을 하는 과정중에 두 부품의 결합을 어렵게 하는 요소들을 평가한다. 예를 들어 동일한 두 부품으로 동일한 조립방법인 나사 조립을 할 경우라도 증력의 반대 방향인 밑에서 위로의 조립동작은 위에서 아래로 하는 조립동작 보다 어려울 것이다. 이와같이 애로 조립동작 유발 요소를 미리 정의한 후 그 난이도에 따라 별점이 부여된다.

분석 대상에 대한 평가는 애로 조립동작 평가표를 이용하여 애로 동작을 유발하는 요소가 포함되어 있는

Table 3 애로 조립동작 요소와 별점표

번호	애 로 조 립 동 작 요 소	별 점			
1	조립 방향이 중복 인데 방향인가?	5			
2	조립 방향이 수평 방향인가?	3			
3	단위 조립 부품 결합 방향의 변경이 있는가?	4			
4	한 부품의 위치 결정을 위해서 두군데 이상의 조정을 필요인가?	4			
5	부품의 잘못된 위치결정이 조립시점에 파악 못하고 추후공정에서야 발견되는가?	5			
6	부품의 위치 결정을 위해서 특정 도구를 사용해야 하는가?	3			
7	단위 조립구 부품의 좌측과 우측 위치를 위해서 계속적인 교정 일이 필요한가?	5			
8	다음의 단위 조립을 위해서 불가피한 지연시간을 필요로 하는가?	3			
9	조립 제품의 기계 부품에 전체 조립 공정을 거치면서 차등 변경되는가?	5			
10	조립시 부품 손상을 초래할 수 있는가?	3			
11	부품의 많은 단상 번복을 필요로하는 조립인가?	2			
12	조립 도중 부품의 부풀개입 등의 조립이 설계하는 경우가 발생하는가?	4			
13	잘못된 조립의 후속 공정이 손실이 일어 않고, 부품손상을 초래하는가?	3			
14	부품이 브러시 안은 상면에서의 불가능 작업인가?	5			
15	전경 조립을 한 부품들에 대해 조립 동작 간섭을 받는가?	5			
16	두 부품 이상의 단위 조립에 두가지 이상의 조립 방법이 필요한가?	2			
17	부품이 조립되고 난 후에도 계속적인 위치 결정 보정이 필요한가?	4			
18	마치 조립된것인양 인식되어 설계 간과될 가능성이 존재하는가?	2			
별점	5	4	3	2	1
설명	최저점인 애로 조립 동작 ←				

지를 판정하고, 해당하는 별점을 합하여 애로 조립동작의 별점 총합으로 구하게 된다. Table 3은 이와같은 애로 조립동작 평가표와 별점을 나타내고 있다.

단계5 : 전체 조립성 평가치 산출

최종적으로 구하려고 하는 전체 조립성 평가치는 부품 조립성 평가로부터 얻어진 부품 조립성 평가치와 조립방법의 조립성 평가로부터 얻어진 조립방법에 대한 조립성 평가치의 합으로 얻어진 기본 점수에서 애로 조립동작 유발요소로부터 얻어진 별점 총합을 빼면 산출된다. 따라서 이 단계에서 구해진 전체 조립성 평가치는 조립설계 대안의 정량적인 의사결정 자료가 된다.

과 본 연구에서 개발된 취약점검표와 제품설계원칙을 이용하여 재 설계된 새로운 설계 대안을 비교 평가하였다. 종전 설계의 나사조립방법을 스냅 조립방법으로 재 설계함으로써 부품 수의 감소와 조립동작 수를 줄이는 효과를 가져왔으며, 그 효과의 정도를 정량적으로 평가하기 위해 조립용이성 평가를 하였다. 새로운 설계 대안의 평가치가 종전의 것보다 높아진 것을 알 수 있다. 즉 전체 조립성 평가치는 종전 설계에서 126.5이었던 것이 새로운 설계 대안에서는 180.2의 값을 갖게 된다. 이로써 새로운 대안이 종전보다 조립자동화에 더 적합하다고 판단할 수 있다.

6. 결 론

5. 조립용이성 평가의 사례연구

Fig.6은 조립용이성 평가의 실례를 나타내고 있다. 예로 제시된 제품은 자동차 안전벨트로서 종전의 조립군

지금까지 조립자동화를 위한 제품설계 기술에 대한 내용의 개념은 조립지향적 제품설계를 통해 조립자동화를 쉽게 실현하려는 것이다. 본 연구에서는 조립자동화에 취약한 제품설계나 부품설계를 설계 단계에서 파악할

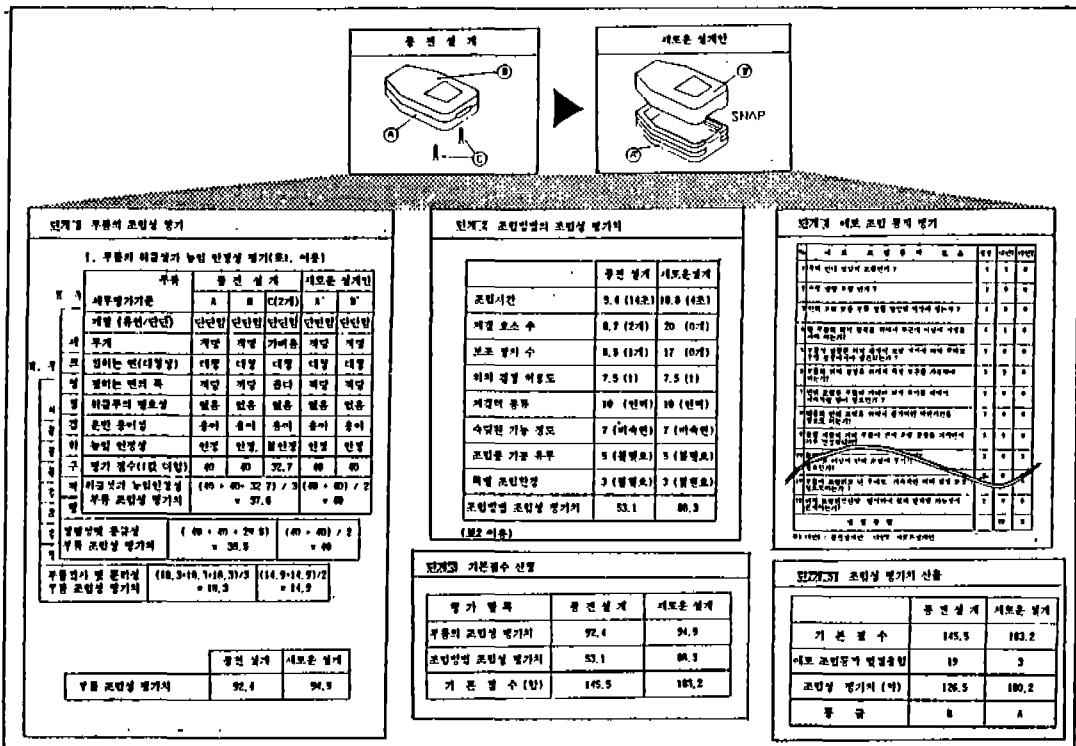


Fig.6 조립성 평가 예

수 있는 조립취약점검표가 개발되었고, 취약점검표로부터 파악된 조립자동화 또는 조립의 문제점을 해결할 수 있는 도구로써 조립용이성 향상을 위한 설계원칙을 체계화하였다. 아울러, 새로운 조립설계 대안들에 대한 의사결정의 한 방법론으로서 정량적인 조립용이성 평가법이 제시되고 있다.

이러한 결과들이 CAD시스템의 데이터베이스나 전문가시스템의 지식베이스로 구축되어, 컴퓨터를 이용한 제품설계 지원시스템을 개발하는데 이용될 수 있는 것으로 사료된다.

참고문헌

- Holbrook, A. E. K. and Sackett, P. J., "Positive Design Advice for High Precision, Robotically Assembled Product", Developments in Assembly Automation, pp.181~190, March 1988.
- Eversheim, W., Hartmann, M., Munz, M., Moeders, T., Kritzer, H. P., "Die Montage optimal automatisieren", VDI-Z 134, Nr. 9, pp.100~104, 1992.
- 목학수 "조립을 위한 설계의 체계화" 산업공학, 제 4권, 제2호, pp.13~24, 1991.
- Boothroyd, G., Poli, C. and Murch, L. E., Automatic Assembly, Marcel Dekker Inc., New York and Basel, pp.255~274, 1982.
- Miles, B. L., "Design for Assembly-a Key element within Design for Manufacture", Proceeding of Institution of Mechanical Engineering, Part D : Journal of Automobile Engineering, Vol. 203, pp.29~38, 1989.
- Andreassen, M. M., et al, Design for Assembly, 2nd edition, IFS Publication, pp.95~127, 1988.
- Baessler, R. and Schmanus, T., "Procedure for Assembly-Oriented Product Design", Developments in Assembly Automation, pp.137~154, March 1988.
- Holbrook, A. E. K. and Sackett, P. J., "Design for Assembly-guidelines for product design", Developments in Assembly Automation, pp.201~212, March 1988.
- Boothroyd, G., Poli, G. and Murch, L. E., The Handbook of Feeding and Orienting Techniques for Small Parts, Department of Mechanical Engineering, University of Massachusetts, Amherst, Mass., 1979.
- Stoll, H. W., "Design for Manufacture", Simultaneous Engineering, SME, 1st edition, pp.23~29, 1990.