

소형 제품의 조립용이성 평가 방법론

목학수*, 조종래*, 강영훈*

부산광역시 금정구 장전동 부산대학교 산업공학과

Evaluation methodology of assemblability for the small-sized product

Hak Soo Mok* · Jong Rae Cho* · and Young Hun Kang*

Abstract

This paper proposes a new DFA methodology that can estimate the standard assembly time and evaluate the assemblability of parts for small-sized product. We decide some determining and influencing factors related with assembly process and measure the assembly time using motion analysis to estimate of assemblability. We deduce quantitative score of assemblability through analysis of a correlation between determining factors and grade of influencing factors.

Key Words : DFA (Design for assembly- 조립을 위한 설계), Motion analysis (동작 분석), Assemblability (조립용이성)

1. 서론

최근 들어 제품에 대한 고객의 요구가 다양해짐에 따라서 제품의 다양성 또한 증가하게 되어 다품종 소량생산의 필요성이 증가하게 되었다. 이는 제품을 생산하는 기업으로 하여금 다양한 제품을 생산하게 함으로써 생산시간과 비용 증가를 초래하였다. 그리고 제품의 크기 또한 소형화 되어지고 부품이 집약화 되어짐에 따라 중·대형 제품에서의 조립공정과는 상이한 특성을 가지는 조립공정이 생겨나고 있다. 제품 조립을 위한 설계(DFA : Design for Assembly)는 제품 생산의 마지막 단계인 조립공정에서 최소의 부품으로 요구되는 제품 기능을 발휘하면서 조립시간과 비용을 줄이고 조립용이성을 높이는 방법론이다.

조립을 위한 설계는 60년대 GE에 의해 제품 설계를 위한 가이드라인이 개발되면서 시작되었고 70년

대 일본의 Hitachi의 AEM과 같이 자동 조립용이화를 위한 시스템적 절차가 개발되었다. 80년대에 Boothroyd와 Dewhurst가 이론적 최소 부품 수, 실제 조립시간 추정, 조립 어려움 파악, 조립 비용 평가 등의 구체적인 조립용이성 평가시스템을 개발하였고 90년대 들어서는 Lucas가 조립비용 절감과 부품 수 감소를 강조하는 조립용이성 평가방법을 제시하였고, Eversheim과 Baumann은 CAD의 형상정보를 DFA에 이용하였다.

조립용이성을 평가하는 방법 중 가장 일반적으로 알려진 방법이 Boothroyd와 Dewhurst의 방법론(이하 BD법)이다. 각 부품의 조립용이성을 정량화 하여 합해서 전체 제품의 조립용이성을 구하여 조립용이성 점수가 낮은 부품을 중점적으로 재설계를 하여 제품 전체의 조립용이성 점수를 높이는 정량적 평가 절차이다.

본 연구에서는 소형 제품에서의 공정적 특성과 부품들의 기하학적 특성을 반영하고 이러한 BD 법의 장점을 최대한 이용하면서 평가자가 적은 노력과 시간으로 객관적인 평가 결과를 도출할 수 있도록 하는 방법론을 제시하고자 한다. 설계 단계에서 조립용이성을 평가하여 얻은 자료의 취약한 부분을 개선할 수 있기 때문에 많은 시간과 비용을 절감할 수 있을 것이다.

2. 조립을 위한 설계

2.1 DFA 의 Flowchart

BD 법은 조립 결정요소를 취급(Handling)과 체결(Insertion) 두 분류로 나누어서 체결전까지의 단계를 모두 취급으로 간주하였다. 그런데 일반적인 부품의 취급과 조립할 대상 근처로의 접근은 시간적, 특성적으로 많은 차이가 난다. 또한 소형 제품에서는 부품의 크기가 작아서 그 부품을 잡기(Grip)에서도 운반에 서와는 다른 영향요소들이 생겨난다. 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 조립을 결정하는 요소를 잡기(Grip), 운반(Transport), 접근(Access), 체결(Insertion)의 네 가지 요소로 나누었다.

이는 소형제품에서의 조립은 체결되는 부품, 조립군 혹은 체결 요소를 잡아서 체결점 근처까지 운반하여 체결점으로 접근한 후 체결된다는 것을 의미한다. 다음으로 각 결정요소마다의 영향요소를 도출한다. 결국, 총 조립 시간은 이러한 결정요소들의 시간의 합으로 계산되어지고, 각 부품의 조립용이성 점수는 각 부품의 4가지 결정요소별 용이성 점수의 합으로 계산된다. 평가결과 조립시간이 많이 걸리거나 조립용이성 점수가 낮은 부품의 취약점을 파악하여 조립용이성 설계원칙을 적용하여 전체적인 제품의 조립용이성을 향상시킬 수 있다.

BD 법은 각 결정요소의 영향요소를 선정할 때 ‘잡기가 쉽고 어려움’, ‘취급하거나 조작하기에 쉽고 어려움’ 등의 기준이 불명확하게 분류되어 사용자가

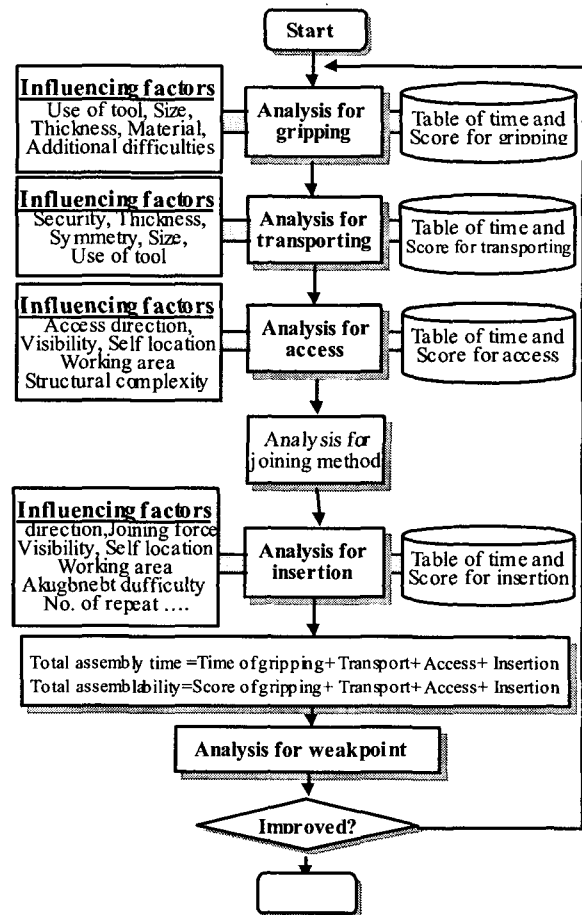


Fig. 1 Flowchart for DFA

실제 조립동작에서의 시간을 추정하고자 할 때 객관적으로 찾기가 힘들다. 또, 조립공정에 발생하는 다양한 영향요소를 반영하지 못하고 적절한 영향요소를 사용하지 못하여 올바른 시간 측정이 어렵다. 본 연구에서는 기준을 명확하게 설정하고 각 공정에서의 영향요소의 산출에 많은 노력과 연구를 하였으며 보다 다양하고 정확한 시간 테이블을 작성하였다. 또, 조립에 가장 많은 영향을 미치는 조립 방법을 BD 법의 광범위하고 불명확한 분류가 아닌 소형제품의 조립에 사용된 모든 조립방법에 따른 영향요소를 산출하여 각각의 조립방법마다 다른 시간 및 점수 테이블을 작성하여 보다 안정적이고 원래값(Original value)에 보다 가깝게 접근할 수 있게 하였다.

2.2 조립 결정요소와 영향요소의 도출

Table 1. Influencing factors and levels of assembly

Criteria	Influencing factors	Level				
		1	2	3	4	
Gripping (0.26)	부품의 크기, 두께	손(어려움없음)	손(어려움있음)	Tool(어려움없음)	Tool(어려움있음)	
	놓임 상태에서의 잡기 편리성	Good	Middle	Bad		
	부품과의 접촉상태	면접촉	선접촉	점접촉		
	소재적 특징	단단한 소재	유연한 소재	취성이 있는 소재		
	부가적인 어려움의 유무	없음	있음			
Trans- porting (0.126)	부품과의 접촉 상태	면접촉	선접촉	점접촉		
	부품의 크기, 두께	손(어려움없음)	손(어려움있음)	Tool(어려움없음)	Tool(어려움있음)	
	α, β 대칭성	$0^\circ \leq \alpha + \beta \leq 360^\circ$	$360^\circ < \alpha + \beta \leq 720^\circ$			
	체결방향으로의 정렬의 어려움	어려움이 없음	어려움이 있음			
Access (0.189)	접근 방향	수직방향(중력)	수평방향(사선)	복합방향(반중력)		
	접근 경로 시각성	높음	중간	낮음		
	공간적 제약	없음	있음			
	구조적 복잡성(정렬의 어려움)	단순(없음)	Middle	복잡(있음)		
	Selflocation의 유무	있음	없음			
Insertion (0.425)	편 사 나	공간적 제약, 시각성	없음, 좋음	없음, 나쁨	있음, 좋음	있음, 나쁨
		결합력의 크기	결합력이 적음	결합력이 큼		
		작업 방향	수직방향(중력)	수평방향(사선)	복합방향(반중력)	
		나사산의 개수(N)	$1 \leq N \leq 5$	$6 \leq N \leq 10$	$11 \leq N$	
		크기에 의한 정밀도	낮음	중간	높음	
		반복 횟수	1회	2회	3회	4회
		:	:	:	:	:

Table 1 은 소형 제품 조립의 결정요소와 그에 따른 영향요소, 각 영향요소별 등급을 보여 주고 있다. 각 결정요소별 세부 영향요소를 도출하는 이유는 이러한 영향요소들에 의해서 각 부품들의 조립시간과 조립용이성을 구할 수 있는 테이블이 만들어 지기 때문이다. 영향요소의 등급을 나누는 이유는 조립 시에 생겨날 수 있는 상황별로 구분함으로써 그 영향요소를 테이블의 시간과 조립용이성 점수에 반영하기 위해서 이다. 영향요소가 정성적(Qualitative)인 경우에는 구분이 명확하지 않아서 미리 그 정의와 등급을 정의하여야만 한다.

작업 영역은 조립수행체(Assembler)가 체결점에서 부품을 체결할 때 그 부품의 형상이나 다른 부품에 의해 공간적 간섭 없이 작업을 할 수 있는 영역을 나타낸다. 따라서, 작업 영역은 부품의 개방성(Open)과 공구의 공간허용정도(Space permission)에 의해서 결정된다. Fig. 2 는 나사작업(Bolting)에서 이러한 부품 개방성과 공구의 공간허용정도에 의해서 결정되는 작업 영역의 정의와 등급의 분류를 보여 주고 있다.

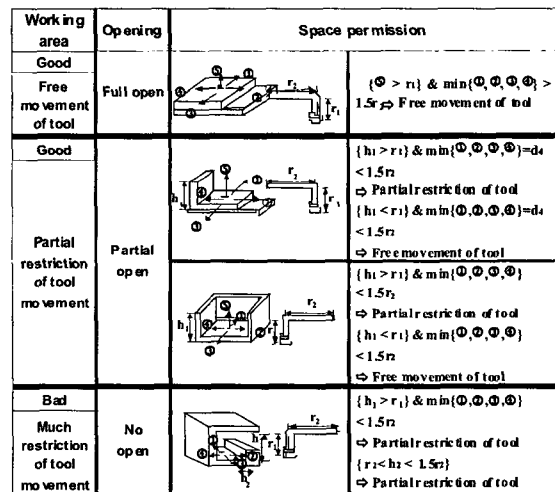


Fig. 2 Definition of working area

즉, 작업 영역이 좋음(Good)은 손과 공구를 사용할 때 작업영역이 충분하여 작업자가 결합력을 주기가 쉽거나 제약이 거의 없는 경우를 말하고, 나쁨(Bad)은 작업공간이 매우 협소하고 장애물이 있어서 특정 형태의 공구만 사용가능 하거나 작업 시 어려움이 많은 경우로 정의된다.

시각성은 체결하고자 하는 부품의 체결점의 보이는 정도를 나타내며, 부품의 개방성(Open)과 체결

점을 볼 수 있는 가시범위(Visual limits for joining point)의 관계에 의해 결정된다.(Fig. 3)

시각성의 등급은 크게 좋음(Good)과 나쁨(Bad)으로 나누었으며, 부품의 개방이 완전개방(Full open)과 부분 완전개방(Partial open)의 경우에 시각성이 좋다고 정의한다. 그리고 거의 비개방(No open)이면서 체결점의 가시범위가 좁은 경우에 시각성이 나쁘다고 정의한다.

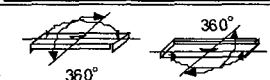
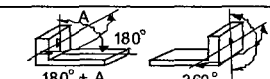


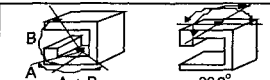
Visibility		Visual limits for joining point		
Good Visibility	Full open		360°	$360^\circ + 360^\circ$
	Partial open		$180^\circ + A$	$A + 180^\circ + 360^\circ$
			$A + B + 180^\circ$	$A + B + 180^\circ + 360^\circ$
Bad Visibility	No open		$A + B$	$A + B + 360^\circ$
			A	$A + 360^\circ$

Fig. 3 Definition of visibility

부품의 크기와 두께는 직접 조립 시험을 행하여 보았을 때 손으로 잡을 수 있는지, 크기가 작거나 두께가 얇아서 tool을 사용하는지와 그 어려움의 정도로서 등급을 구분하였다.

부품과의 접촉상태는 손이나 tool을 사용하여 부품을 잡을 때 평판 두 개를 부품의 접촉되는 부분과 평행하게 접해 보았을 때의 접촉상태를 나타낸다. 여기서는 면,선,점 접촉으로 구분하여 나타내었다. 점이 두개이면 선으로 간주하고, 선이 두개이면 면으로 간주하여 나타낸다.

대칭성은 α -symmetry 와 β -symmetry 로 구분한다. α -symmetry 는 삽입축에 직각을 이루는 방향으로 회전하여 삽입 위치로까지 회전한 각을 말하며, β -symmetry 는 삽입축을 회전각으로 하여 삽입 위치로

까지 회전한 각을 말한다. 이러한 대칭성이 좋을수록, 즉 취급을 위한 회전각이 작을수록 등급이 좋다.

크기에 의한 정밀도는 크기가 작거나 허용오차가 작아서 체결하기에 어려움의 정도로서 나타내어진다. 소형 제품에서의 부품의 크기는 중·대형 제품의 부품의 크기와 비교하였을 때 아주 작은 Size가 많고 또한 체결 시 허용 오차의 범위가 작은 경우가 많이 있다. 여기서는 낮음, 중간, 높음으로 구분하여 나타내었다.

놓임 상태에서의 잡기 편리성은 부품이 지면에 놓여져 있을 때 Gripping 하기에 쉬운 정도를 나타낸다. 지면과 면접촉으로 안정적으로 놓여져 있고 잡는 부위가 지면과 떨어져 있으면 Good, 지면과 선접촉이나 점접촉으로 불안정적 놓임 상태이지만 잡는 부위가 지면과 떨어져 있으면 Middle, 지면과 놓임 상태가 면,선,점 일지라도 잡는 부위가 지면과 거의 맞닿아 있으면 Bad로 구분하였다.

2.3 동작분석을 통한 조립시간 산정

표준 조립 시간을 산정하기 위해서 본 연구에서는 동작분석 기법을 사용하였다. 그 세부 절차는 다음과 같다.

Step1) 모든 조립공정을 동작 분석함

Step2) 분석된 조립 동작을 각 결정요소별로 분류하고 그룹핑함

Step3) 기본동작을 MTM 과 WF 를 사용하여 정의

Step4) 조립시간 산정을 위해서 기존의 MTM 과 WF 테이블을 확인

Step5) 만약 그 테이블에 해당 결정요소의 모든 영향요소가 다 포함되어 있으면 Step6) 으로 가고 그렇지 못하면 Step7) 로 감

Step6) 그 기본동작의 시간을 구하고 Step9) 로 감

Step7) 모든 영향요소와 그 등급을 포함하는 조립 환경을 만들

Step8) 실제 조립실험을 한 후 Step6) 으로 감

Step9) 만약 모든 결정요소의 기본 동작 분석이 이루어졌으면 끝내고 그렇지 못하면 Step4) 로 감

위 단계의 아이디어는 먼저 MTM 과 WF의 시간 테이블을 사용하여 시간을 산정함으로써 객관성을 높이고, 포함되지 않은 영향요소는 조립 환경을 만들어서 실제 조립실험을 통하여 시간을 산정하여 보정하는 것이다.

2.4 표준 조립시간 및 용이성 점수 산정 절차

Fig. 4 는 표준 조립시간을 구하기 위한 과정을 보여주고 있다.

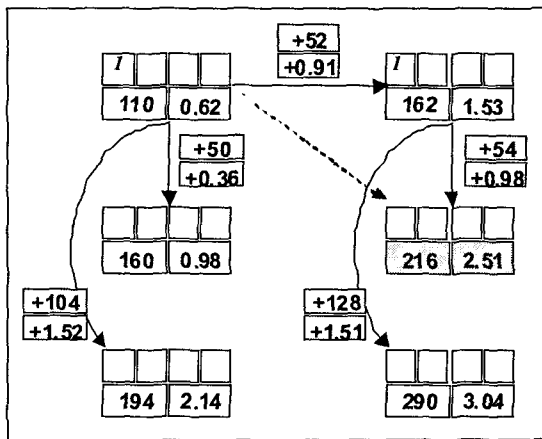


Fig. 4 Calculation process of assembly time and assemblyability

만약 어떤 결정요소에 네 종류의 영향요소 1, 2, 3, 4가 있고 영향요소 1은 1, 1', 1'' 세 종류의 등급이 존재하고 영향요소 4는 4, 4' 두 종류의 등급이 있다고 가정하자. 현재 네 종류의 영향요소의 등급이 모두 1 등급인 1, 2, 3, 4의 경우 그 시간은 110TMU가 된다. 이 시간은 앞에서 설명한 동작분석 단계에 의해 결정된다. 영향요소 4의 등급이 4에서 4'로 한 등급 떨어져서 1, 2, 3, 4'로 바뀌었을 때 52TMU의 페널티 시간이 추가되어서 총 시간이 162TMU가 된다. 그리고 다시 여기서 영향요소 1의 등급이 한 단계 떨어져서 1에서 1'로 된 1', 2, 3, 4'의 경우에는 페널티 시간 54TMU가 추가되어서 216TMU가 되는 것이다. 이 시간은 영향요소 1과 4의 등급이 한 단계씩 떨어졌을 때의 페널티 시간 50TMU과 52TMU의 합 102TMU 보

다 4TMU의 시간이 더 걸린 것이다. 이것은 영향요소 1과 4가 동시에 한 단계씩 떨어져서 1, 2, 3, 4에서 1', 2, 3, 4'로 바뀌었을 때 즉, 두 가지의 영향요소가 복합적으로 떨어졌을 때는 하나씩 등급이 떨어졌을 때보다 시간이 α 만큼 더 걸림을 보여준다. 이러한 관계를 식 (1)에서 보여주고 있다.

$$T_{1,2,3,4'} = T_{1,2,3,4} + PT_{1,2,3,4 \rightarrow 4'} + PT_{1 \rightarrow 1',2,3,4'} \quad (1)$$

$$= T_{1,2,3,4} + PT_{1,2,3,4 \rightarrow 4'} + PT_{1 \rightarrow 1',2,3,4} + \alpha$$

여기서, $T_{1,2,3,4'}$ 는 영향요소가 1, 2, 3, 4에서 1', 2, 3, 4' 로 바뀌었을 때의 조립시간을 나타내고 $PT_{1,2,3,4 \rightarrow 4'}$ 는 영향요소 4가 4'로 한 등급 떨어졌을 때의 페널티 시간을 나타낸다. α 는 등급이 동시에 떨어졌을 때 추가되는 페널티 시간을 나타내며 Fig. 4에서는 4TMU이다.

지금까지 부품의 조립용이성을 평가하는 대부분의 연구가 영향요소와 그 선호점수의 단순한 곱으로 그 용이성을 구하였다. 본 연구에서는 새로운 방법을 제시한다. 결정요소의 가중치와 그 결정요소의 각 영향요소의 가중치, 그리고 Table 1에서 제시된 영향요소의 등급에 따른 어려움 점수의 곱으로 미리 각 결정요소별 용이성을 구하여 시간 테이블에 같이 결정한다. 즉, Fig. 4에서와 같이 영향요소 1, 2, 3, 4의 용이성을 구한 후 등급이 떨어짐에 따라 페널티 점수를 부여하는 방법이다. 식 (2)는 각 부품의 용이성을 구하는 식이다.

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_i w_j s_j \quad (2)$$

여기서, w_i 는 결정요소 i 의 가중치를 나타내고, w_j 는 영향요소 j 의 가중치를 나타낸다. s_j 는 등급에 따른 영향요소 j 의 어려움 점수를 나타낸다. 이렇게 시간과 함께 테이블에 미리 결정된 용이성 점수는 사용자로 하여금 입력정보를 줄여서 쉽게

계산이 가능하도록 하며, 나중에 시스템 구축도 용이하게 한다.

식 (3)은 시간을 구하는 개념과 비슷한 개념으로 영향요소의 등급이 낮아짐에 따라 용이성 점수를 구하는 개념을 보여주고 있다.

$$S_{f,2,3,4'} = S_{1,2,3,4} + PS_{1,2,3,4 \rightarrow 4'} + PS_{1 \rightarrow f,2,3,4'} \quad (3)$$

$$= S_{1,2,3,4} + PS_{1,2,3,4 \rightarrow 4'} + PS_{1 \rightarrow f,2,3,4} + \beta$$

여기서, $S_{f,2,3,4'}$ 는 영향요소 1, 2, 3, 4가 1', 2, 3, 4'로 바뀌었을때의 조립용이성 점수를 나타내고 $PS_{1,2,3,4 \rightarrow 4'}$ 는 영향요소가 4에서 4'로 바뀌었을 때의 페널티 점수를 나타낸다.

2.5 조립시간 및 조립용이성 테이블 작성

영향요소 Code 1		S,T: 손(어려움없음)						S,T: 손(어려움없음)						S,T: tool(어려움없음)						S,T: tool(어려움없음)						
		C:면		C:선		C:점		C:면		C:선		C:점		C:면		C:선		C:점		C:면		C:선		C:점		
		A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	A: 없음	A: 있음	
영향요소 Code 2		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
G - Good	M: h	12	16	20	24	28	32	22	26	30	32	36	44	28	32	36	41	38	42	36	40	44	48	50	58	
	M: s	0.09	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.32	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.50	0.52	0.54	0.56	0.60	0.62	
	M: b	14	20	22	26	30	37	26	32	34	37	40	48	36	38	44	49	44	48	42	48	50	52	60	66	
G - Middle	M: h	18	24	26	30	34	40	30	36	38	40	46	52	42	46	50	56	52	60	52	54	58	60	62	70	
	M: s	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20	0.22	0.24	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.34	0.38	0.42	0.44	0.46	0.50	0.52	0.54	0.56	0.60	0.62	0.64	
	M: b	16	22	24	28	32	38	26	32	36	38	40	50	36	38	44	48	54	56	44	50	52	56	62	70	
G - Bad	M: h	14	0.14	0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.54	0.56	0.58	0.60	0.64	0.68	0.74
	M: s	18	24	28	30	34	40	32	36	38	40	42	52	42	26	50	54	56	60	52	54	58	60	64	72	
	M: b	0.16	0.18	0.22	0.24	0.26	0.28	0.32	0.34	0.36	0.36	0.38	0.42	0.44	0.46	0.46	0.50	0.52	0.56	0.58	0.60	0.62	0.66	0.70	0.76	
G - Bad	M: h	20	26	30	32	36	42	34	38	40	42	44	54	44	30	52	56	60	62	64	66	70	64	68	76	
	M: s	0.18	0.20	0.22	0.24	0.28	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.58	0.60	0.62	0.64	0.68	0.72	0.78	
	M: b	24	28	32	36	40	46	38	42	46	46	48	58	48	56	60	62	66	68	70	74	76	86	72	78	
G - Bad	M: h	0.20	0.22	0.24	0.26	0.30	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.70	0.74	0.82	
	M: s	26	30	34	38	42	48	40	44	48	50	52	60	50	60	62	64	68	70	72	76	80	82	74	80	
	M: b	0.22	0.24	0.26	0.30	0.32	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.70	0.72	0.74	0.86	
G - Bad	M: h	30	32	36	40	44	52	44	48	50	52	54	62	54	64	66	68	70	72	76	80	82	86	80	88	
	M: s	0.24	0.26	0.28	0.32	0.34	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.70	0.74	0.80	0.84	0.90	
	M: b	24	28	32	36	40	46	38	42	46	46	48	58	48	56	60	62	66	68	70	74	76	86	72	78	

Legend
 S : 크기, T : 두께, C : 부품과의 접촉 상태
 M : 소재적 특징 (h : 단단한 소재, s : 유연한 소재, b : 취성이 있는 소재)
 G : 놓임 상태에서의 잡기 편리성, A : 추가적인 어려움의 유무
 ■ 시간 단위 : TMU(0.036초)

Fig. 5 Table of time and score for gripping

위의 Fig. 5에 보여진 표는 결정요소 중에 잡기 용이성 점수와 시간을 예로 나타낸 것이다. 시간은 여러 번의 조립 시험을 통한 경험치를 나타낸 것이고 점수는 영향요소와 그 등급마다에 가중치를 부여하여 얻은 값이다. 위의 표와 같이 결정요소마다 테이블을 작성하고 조립 방법마다의 테이블을 작성하여 소형 제품의 조립 용이성 점수와 시간을 평가할 때 그 상황에 맞는 시간과 점수를 테이블에서 찾아

사용할 수 있으므로 보다 정확한 값을 쉽고 빠르게 나타낼 수 있을 것이다. 결정요소와 조립 방법마다 위와 같은 테이블을 만들어야 하는 이유는 그에 해당하는 영향요소와 등급이 다르기 때문이다.

소형 제품의 한 부품의 조립 용이성 점수와 시간을 결정하기 위해서는 잡기, 운반, 접근은 공통적으로 사용하고 조립방법에 맞는 테이블에서 체결시간과 점수를 선택하여 결정하게 된다.

3. 사례 연구

본 연구에서는 사례연구로 소형카세트, 손목시계등을 하였는데 여기서는 손목시계를 예로 들어 설명하고자 한다. 크기가 대체로 작고 집약적이고 구조적으로 복잡한 부품이 많아서 소형 제품의 DFA를 적용하기에 적합하기 때문이다. Fig. 6은 손목시계의 조립군을 나타낸 것이다.

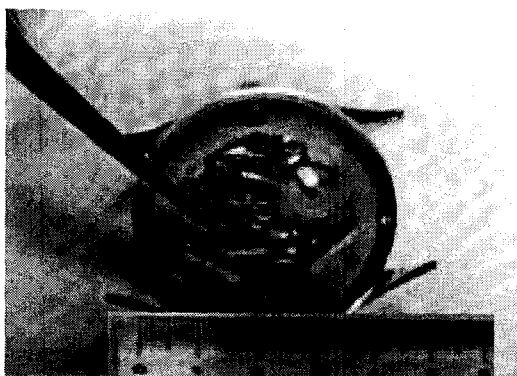


Fig. 6 손목시계 조립군 사진

예로서 11개의 주요 부품에 대해서만 나타내고자 한다. 분리 조립 실험을 할 때에는 미리 영향요소와 등급이 나누어진 체크리스트를 작성하여 그기에 시간과 예로 공정을 기록하였다. Fig. 7은 조립군의 각 부품의 결정 요소별 시간을 보여주고 있다.

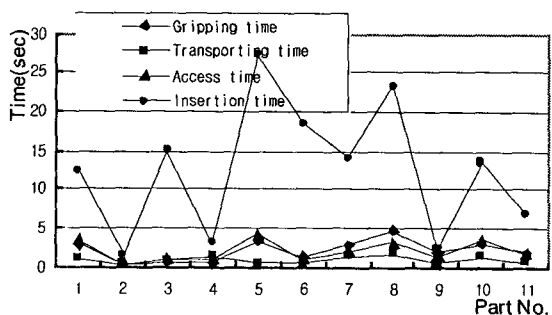


Fig. 7 Assembly time

부품 5와 8의 경우에는 조립 방법 때문에 체결 시간이 많이 걸리는 경우이다. 여기서는 조립 방법의 개선에 대한 검토가 이루어 지거나 대체 조립 방법을 고려해 보아야 할 것이다. 부품 6의 경우에는

두 가지 조립방법으로 체결되고 4개의 볼트로 체결되기 때문에 체결시간이 많이 걸린다. 이 경우에는 두 조립방법이 하나의 조립방법으로 통합되어질 수 있는지를 먼저 검토하고, 체결 요소인 볼트 수를 줄이거나 볼트의 형상이나 길이 등을 개선하여 더 나은 결과를 가져올 수 있는지를 검토한다.

Fig. 8은 조립군의 부품별 용이성 정도를 보여주고 있다.

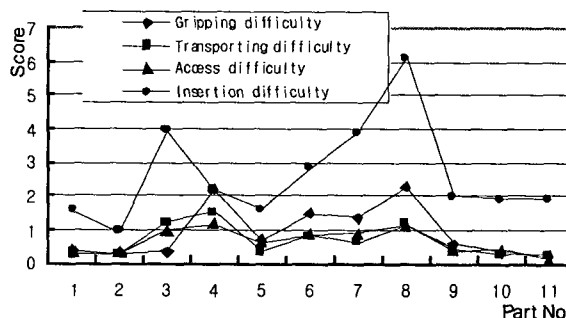


Fig. 8 Assemblability Score

일반적으로 조립시간이 많이 걸리는 부품의 조립용이성이 낮아 어려움 점수가 높지만 반드시 그렇지 않은 않다. 어떤 부품은 조립시간이 많이 걸리더라도 조립 방법이 단순하고 쉬워서 어려움 점수가 낮게 나오기도 한다. 이렇게 조립 시간이 많이 걸리거나 어려움 점수가 높은 부품은 그 원인이 되는 영향요소를 분석하여 개선 방향을 제시하여 재설계 시 조립용이성 점수를 높일 수 있도록 도움을 줄 수가 있다.

4. 결론

본 연구에서는 동시공학적 개념을 사용하여 설계단계에서 소형 제품의 조립용이성을 평가하기 위한 새로운 방법론을 제시하였다. 조립시간을 산정하기 위해서 동작분석 기법을 사용하였으며 영향요소의 등급에 따라서 페널티 시간을 부여하였다. 영향요소의 선정 시에는 소형 제품의 특징에 맞는 것을 결정하여 소형 부품의 조립에서 보다 정확하고 객관적인 결과를 도출할 수 있도록 하였다. 이러한 조립

시간과 조립용이성을 사용하여 생산하고자 하는 제품의 조립효율을 미리 살펴봄으로써 전반적인 조립 시간과 비용을 줄일 수 있는 대안이 될 것이다.

향후 연구 계획으로는 분석된 조립용이성 점수와 시간으로서 취약한 부분이 있는 부품의 향상을 위한 재설계 원칙을 제시하여 설계 대안을 작성할 수 있는 방법론의 연구를 하고자 한다.

참고문헌

1. Andreasen, M., "Design for Assembly," IFS Publications, UK, pp9 - 148, 1988.
2. Cross, N., "Engineering Design Methods," John Wiley & Sons, pp. 19 - 76, 1994.
3. Boothroyd, G., "Assembly Automation and Product Design," Marcel Dekker, Inc., pp.181 - 208, 1992.
4. Red ford, A., Chal, J., "Design for Assembly," McGraw-Hill, Inc., pp. 75 - 134, 1994.
5. Lotter, B., "Manufacturing Assembly Handbook," Butterworths, pp. 303 - 383, 1989.
6. Saaty, T., "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process," Management Science, Vol. 32, No. 7, pp. 841 - 855, 1986.
7. Harker, P., "The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process," Management Science, Vol. 33, No. 11, pp. 1383 - 1402, 1987.
8. Marcel, T., "Designer Support for Product Structuring-Development of a DFX Tool within the Design Coordination Framework," Computer in Industry, Vol. 33, pp. 155 - 163, 1997.
9. 황학, "작업관리론," 영지 문화사, pp.129-156, 2001.

대한산업공학회/한국경영과학회 2002 춘계공동학술대회
한국과학기술원(KAIST) 2002년 5월 3일-4일