

<학술논문>

DOI <https://doi.org/10.3795/KSME-A.2017.41.4.279>

ISSN 1226-4873(Print)
2288-5226(Online)

제품의 구성 부품들을 통합시키기 위한 분석 방법

최준호* · 이건상**†

* (주)인제스트, ** 국민대학교 기계시스템공학부

Analysis Method for Integrating Components of Product

Jun Ho Choi* and Kun Sang Lee**†

* Inzest Co. Ltd,

** Dept. of Mechanical Systems Engineering, Kookmin Univ.

(Received July 23, 2016 ; Revised December 5, 2016 ; Accepted January 2, 2017)

Key Words: Function(기능), Relation Function(관계기능), Relation Function Structure(관계기능구조), Part Integrating(부품통합), Analysis Criteria(분석기준)

요약: 본 논문에서는 제품을 구성하는 부품들을 통합시키기 위한 방법을 제안하였다. 제품을 구성하는 부품들의 관계를 분석하기 위하여 ‘관계기능’과 ‘관계기능구조’라는 새로운 개념을 도입하였다. 관계기능은 세 가지의 정보를 갖고 있으며 이것으로부터 관계기능구조를 정립할 수 있다. 정립된 관계기능구조를 부품 통합가능성의 관점에서 분석하기 위한 분석기준을 정립하고 제시하였다. 이 분석기준에 의하여 구성부품들이 통합될 수 있는 우선순위가 결정된다. 분석기준은 관계기능의 개수와 방향성, 직간접성의 세 가지로 구분된다. 또한 본 논문에서는 부품통합을 위한 설계 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘을 실제 제품에 적용하여 구성부품이 통합된 새로운 제품 개념안(design concept)을 도출하였다. 제시된 알고리즘을 이용하여 자전거용 브레이크 디스크 결합방식과 삼공천공기를 개선하기 위한 연구를 진행하였다. 그 결과 실제로 존재하는 개선된 제품과 유사한 관계기능구조가 만들어질 수 있음을 확인하였다.

Abstract: This paper presents some of the methods used to incorporate the parts constituting a product. A new relation function concept and its structure are introduced to analyze the relationships of component parts. This relation function has three types of information, which can be used to establish a relation function structure. The relation function structure of the analysis criteria was established to analyze and present the data. The priority components determined by the analysis criteria can be integrated. The analysis criteria were divided based on their number and orientation, as well as their direct or indirect characteristic feature. This paper presents a design algorithm for component integration. This algorithm was applied to actual products, and the components inside the product were integrated. Therefore, the proposed algorithm was used to conduct research to improve the brake discs for bicycles. As a result, an improved product similar to the related function structure was actually created.

- 기호설명 -

할 최소한의 정보 개수

I_{c-min} : 부품 통합시 고려해야할 최소한의 정보 개수
 I_{min} : 관계기능에 포함되는 최소한의 정보 개수
 n : 관계기능 개수
 OI_{c-min} : 단방향(one way) 관계기능에서 고려해야

TI_{c-min} : 양방향 관계기능에서 고려해야할 최소한의 정보 개수
 I_{o-min} : 최소한의 단방향 작용 조건 정보 개수
 I_{t-min} : 최소한의 양방향 작용 조건 정보 개수
 II_{c-min} : 간접 관계기능에서 고려해야할 최소한의 정보 개수
 DI_{c-min} : 직접 관계기능에서 고려해야할 최소한의

† Corresponding Author, kslee@kookmin.ac.kr

© 2017 The Korean Society of Mechanical Engineers

정보 개수

I_{i-min} : 간접 관계기능에 포함된 최소한의 정보 개수

I_{d-min} : 직접 관계기능에 포함된 최소한의 정보 개수

1. 서론

제품을 구성하는 부품들을 서로 통합하면 일반적으로 사용재료와 제조공정의 감소를 기대할 수 있다. 때로는 새로운 개념의 시스템을 갖는 제품으로 재설계될 수도 있다. 최종 제품가격의 구성비를 보면 설계비용은 약 5%를 차지하지만, 최종 제품가격은 설계단계에서 약 70%가 결정된다.^(1,2) 따라서 제품을 구성하는 부품들을 서로 통합하는 작업을 수행하려면 설계단계에서부터 시도하는 것이 의미 있는 일이다.

제품의 생산원가를 줄이는 대표적인 설계방법으로 DFMA(Design for Manufacture and Assembly)가 있으며, DFMA를 이용하여 부품 수 감소나 공정변경을 통한 원가절감을 이룰 수 있다.⁽³⁾ 부품들을 통합하여 하나의 부품으로 설계 또는 체결 방법을 바꾸어 체결되는 부품 수를 줄이는 것은 DFMA의 핵심개념이며,⁽⁴⁾ 이를 위해서 세가지의 기준을 제시하고 있는데 이것은 아래와 같다.

- 첫 번째 기준 : 상대 운동
- 두 번째 기준 : 이종 재료 또는 물리적 분리
- 세 번째 기준 : 후속 조립을 위한 분리

위 세가지 기준으로 제품을 구성하는 부품들간의 통합가능성을 검토하여야 하지만 검토를 위해 부품들간의 관계를 정의하는 방법과 부품통합을 위해 분석하는 방법을 구체적으로 제시하지 못하기 때문에 부품통합의 해결안을 도출하기가 어렵다.

이 때문에 DFMA에 TRIZ를 결합하여 부품 수 감소에 대한 문제를 해결하고자하는 연구가 진행되고 있다.⁽⁵⁾ 그러나 여기에서도 부품 수를 감소하기 위한 부품들 간의 관계를 정의하거나 분석하는 방법을 제시하지 못한다. 대부분의 경우 경험에 의존하고 있다.

그러므로 이미 설계가 완성된 제품이나 판매 중인 제품의 개선작업 필요성 때문에 구성부품들을 통합하기 위해서는 부품통합을 위한 새로운 접근방법이 필요하다. 본 논문에서는 기존 제품의 부품통합을 위한 새로운 방법을 제안한다.

2. 관계기능 및 관계기능구조

제품을 구성하는 부품들을 서로 통합하기 위하여 두 가지 관점에서 분석할 수 있다. 하나는 구성부품들의 기능⁽⁶⁾이고, 다른 하나는 그 기능들 사이의 관계이다. 기능은 구성부품이 개별적으로 갖는 요소이지만⁽⁷⁻⁹⁾ 기능들 사이에는 서로 특정한 관계를 맺고 있다.

기능(function)⁽⁶⁾이란 과제(task)를 수행하기 위한 시스템의 입출력간의 일반적 관계로 정의할 수 있다. 기능은 입출력부에서 에너지, 물질 및 정보의 상태를 명시하면 명백하고 충분하게 정의될 수 있다. 전체기능(overall function)은 부분과제(sub-task)에 대응하는 부분기능(sub-function)으로 분할할 수 있다. 부분기능(sub-function)을 의미있고 조화롭게 조합하여 전체기능을 표현하면 기능구조(function structure)⁽⁶⁾가 만들어진다. 그런데 하나의 부품은 하나 이상의 기능을 가질 수 있다. 따라서 제품을 구성하는 부품을 물리적으로 배치한 것은, 각각의 부품이 갖는 기능을 중심으로 기능구조를 작성한 것과 서로 다를 수 있다.

제품을 개발하는 단계에서, 제품이 필요로 하는 기능을 반영하고자 할 때에는, 일반적으로 개발될 구성부품들의 기능을 중심으로 기능구조를 작성하여 분석한다. 그러나 기능구조에서는 구성부품들의 기능들 사이의 관계는 명백하게 표현되지 않는다. 그런데 이미 설계가 끝난 제품 또는 생산되어 판매 중인 제품의 구성부품을 통합하기 위해서는, 제품을 구성하는 부품들 사이의 관계를 이해하여야 통합가능성을 판단할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 구성부품과 기능 사이의 관계에 관한 종합적인 구조를 분석하기 위하여 ‘관계기능’과 ‘관계기능구조’라는 새로운 개념을 정의하였다. 제품을 구성하는 부품들의 구성관계와 관계기능을 조합하면 ‘관계기능구조’를 만들 수 있다. 관계기능구조를 분석하면 구성부품들 사이의 통합가능성을 확인할 수 있다.

2.1 관계기능

관계기능은 시스템경계 내의 구성부품들이 기능을 수행하는 과정에서 주고받는 에너지, 물질, 정보의 흐름⁽⁶⁾에 의한 작용, 효과 및 형상에 대한 정보로 정의한다. 효과는 방향성을 갖고 있기 때문에 관계기능 또한 방향성을 갖게 된다. 그러므

로 관계기능은 효과의 방향성에 따라서 직접 관계기능과 간접 관계기능으로 나눌 수 있고 이것은 다시 작용 방향성에 따라 단방향성과 양방향성으로 나눌 수 있다.

직접 관계기능은 두 개의 관계 부품들 사이에서 효과가 발생하는 관계기능이며, 간접 관계기능은 두 개의 관계 부품들 사이 이외의 부품에서 효과가 발생하는 관계기능이다. 단방향성 관계기능은 관계 부품들 사이에서 효과가 부품의 한쪽에 영향을 미치는 관계기능이고, 양방향성 관계기능은 양쪽에 영향을 미치는 관계기능이다.

2.2 관계기능구조

제품을 이루는 구성부품들의 관계기능에 대한 정보는 테이블로 정리하면 관계기능구조를 블록선도로 표현하는데 유용하다.

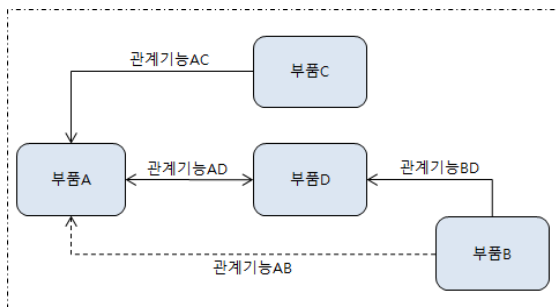
관계기능구조를 블록선도로 표현하는 방법은 Fig. 1과 같다.

3. 관계기능구조의 분석기준

관계기능구조를 분석하는데 있어서 그 기준을 정하는 것은 중요하다.

제품을 구성하는 부품들을 서로 통합하기 위하여 각각의 구성부품들이 갖는 관계기능들의 차이점이 분석기준이 될 수 있다. 즉 그 차이점을 이용하면 부품의 통합가능성이 높고 낮음을 구별할 수 있다.

관계기능의 차이를 구별할 수 있는 항목으로는



- 시스템 및 부품 :
 - 시스템 경계
 - 구성 부품(모듈 부품)
- 관계기능의 종류 :
 - > 직접 관계기능과 작용 방향
 - > 간접 관계기능과 작용 방향

Fig. 1 Express of relation function structure

구성부품들이 갖는 관계기능의 개수와 방향성이며, 방향성은 단방향과 양방향 그리고 직접성과 간접성으로 구분할 수 있다.

3.1 관계기능의 개수 비교

제품을 구성하는 부품들 중에서 임의의 한 부품이 갖고 있는 관계기능들을 모두 다른 부품으로 이동시켜서 부품을 통합하려고 할 때 일반적인 상황에서 가장 쉬운 경우는 관계기능의 수가 최소인 경우이다. 즉 부품통합 시 고려해야 할 정보가 최소인 부품이다. 부품통합 시 고려해야 할 최소한의 정보 개수는 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$I_{c-min} = I_{min} \cdot n \tag{1}$$

3.2 관계기능의 방향성 비교

관계기능이 작용하는 방향이 양방향인 것과 단방향인 것을 비교하면 일반적인 상황에서 단방향인 관계기능을 다른 부품으로 이동시키는 것이 쉽다.

두 부품 사이에서 단방향의 관계기능일 경우에는 작용을 받는 부품에서만 한 개 이상의 작용 조건 정보가 필요하고, 양방향의 관계기능일 경우에는 작용을 받는 양쪽 모두의 부품에서 각각 한 개 이상의 작용 조건 정보가 필요하다. 이것은 아래의 식에서 증명된다.

단방향 관계기능의 경우

$$OI_{c-min} = I_{o-min} \cdot n \tag{2}$$

양방향 관계기능의 경우

$$TI_{c-min} = I_{t-min} \cdot n \tag{3}$$

여기서

$$I_{o-min} \geq 1, I_{t-min} \geq 2 \text{ 이므로}$$

$$OI_{c-min} < TI_{c-min} \tag{4}$$

3.3 관계기능 직간접성 비교

관계기능에 포함되는 최소한의 정보 개수(I_{min})는 기본적으로 형상, 작용, 효과의 세 가지로 되어 있다. 여기서 형상은 기능수행을 위한 부품의 모양을 의미하며, 작용은 기능수행을 위한 부품의 작동과정을 의미하고, 효과는 기능수행을 위

한 부품의 작동결과를 의미한다. 간접 관계기능을 옮겨서 구성부품을 통합시키려고 할 때에는 실제로는 형상과 작용만 옮겨지게 되고 효과는 효과가 발생하는 관계부품에 그대로 있게 된다. 그러므로 간접 관계기능의 경우가 직접 관계기능

의 경우 보다 고려해야할 최소한의 정보 개수가 적기 때문에 간접 관계기능의 경우가 상대적으로 다른 관계부품으로의 이동이 용이하다고 할 수 있다. 이것은 아래의 식에서 증명된다.

Table 1 Criteria for analysis and examples

분석 기준1	[정리] 관계기능이 적은 구성 부품일수록 시스템 경계 내에서 부품통합이 용이하다.
	[부품통합 우선 순위 예]
	<p>부품통합 시 고려해야할 정보의 수 [부품C < 부품B = 부품D < 부품A]</p> <p>← 부품통합용이성 증가</p>
[정리] 단방향성 관계기능을 갖는 부품은 양방향성 관계기능을 갖는 부품보다 관계기능통합이 용이하다.	
분석 기준2	[부품통합 우선 순위 예]
	<p>부품통합 시 고려해야할 정보의 수 [부품C < 부품B < 부품D < 부품A]</p> <p>← 부품통합용이성 증가</p>
	[정리] 간접기능을 갖는 부품은 직접기능을 갖는 부품보다 다른 부품과 통합이 용이하다.
분석 기준3	[부품통합 우선 순위 예]
	<p>부품통합 시 고려해야할 정보의 수 [부품C < 부품B < 부품D < 부품A]</p> <p>← 부품통합용이성 증가 방향</p>

간접 관계기능의 경우

$$II_{c-min} = I_{i-min} \cdot n \tag{5}$$

직접 관계기능의 경우

$$DI_{c-min} = I_{d-min} \cdot n \tag{6}$$

여기서

$I_{i-min} \geq 2, I_{d-min} \geq 3$ 이므로

$$II_{c-min} < DI_{c-min} \tag{7}$$

3.4 부품통합을 위한 분석기준 정리

관계기능의 차이점으로부터 분석기준을 세 가지로 정리할 수 있고 부품통합의 우선순위를 결정할 수 있는 예를 Table 1에 정리하였다.

Table 1에 정리된 분석기준과 그 적용 예를 이용하면 제품을 구성하는 부품들 간의 통합 난이도를 알 수 있다.

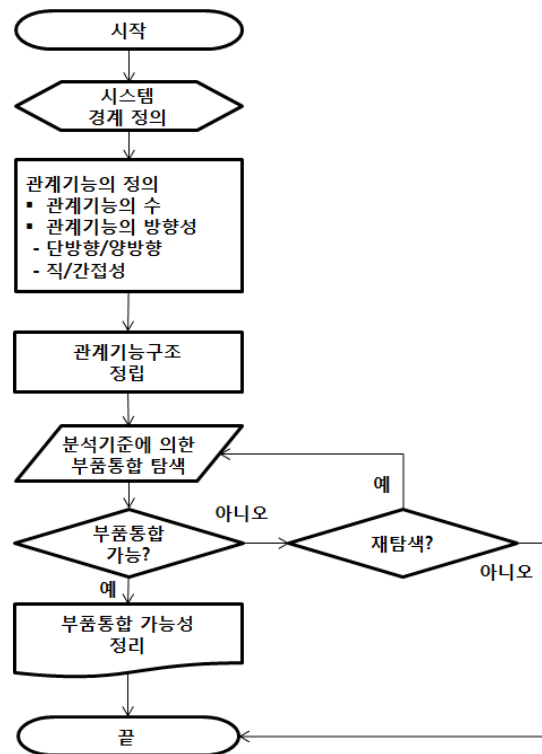


Fig. 2 Algorithm to explore the possibility of integrating parts

4. 부품통합을 위한 분석 알고리즘 및 사례연구

4.1 분석 알고리즘

제품을 구성하는 부품들의 통합가능성을 알아내기 위해서는 각각의 부품들에 대하여 관계기능들을 정리하고 이를 구조화하여 분석기준에 맞추어 부품통합 가능성을 탐색하면 된다. 부품통합 가능성을 탐색하기 위한 알고리즘은 Fig. 2와 같다.

4.2 사례연구

4.2.1 자전거 브레이크 디스크 체결 방식 개선

자전거의 브레이크 디스크 체결 방식을 개선하기 위해서 Fig. 3처럼 시스템 경계를 정의하고 관계기능을 정리하면 Table 2와 같다. 관계기능구조

Table 2 Defining of relation functions(six-bolting)

부품명	관계 부품	관계기능		
		정보	종류	방향
허브 (디스크 결합형)	디스크	형상 : 허브의 평면-디스크의 평면 작용 : 면 접촉 효과 : 안정적인 면 결합	직접	↔
	볼트	형상 : 허브의 나사산-볼트의 나사산 작용 : 나사산 결합 효과 : 디스크 고정	간접	↔
디스크	볼트	형상 : 디스크의 구멍 내측면, 평면-볼트의 원통면, 볼트머리 밀면 작용 : 면 결합 효과 : 디스크 고정 효과	직접	←



번호	구성 부품명	수량
1	림	1
2	스포크	32
3	허브	1
4	디스크	1
5	볼트	6
6	허브축	1

Six-볼트 체결 방식 시스템



허브 디스크 볼트

Fig. 3 Fastening system and its components of brake disc

를 블록선도로 표현하면 Fig. 4와 같다.

분석기준에 의하여 부품통합이 될 수 있는 가능성을 탐색하면 다음과 같다.

시스템을 구성하는 부품 중에서 볼트1부터 볼트6까지는 각각 간접기능을 갖고 있으면서 가장 적은 개수의 관계기능을 갖고 있다. 디스크는 모두 일곱 개의 관계기능을 갖고 있으며 그 중 여섯 개는 직접성 단방향 관계기능이고 한 개는 직접성 양방향 관계기능을 갖고 있다.

허브는 모두 일곱 개의 관계기능을 갖고 있으며 그 중 여섯 개는 간접성 양방향 관계기능이고

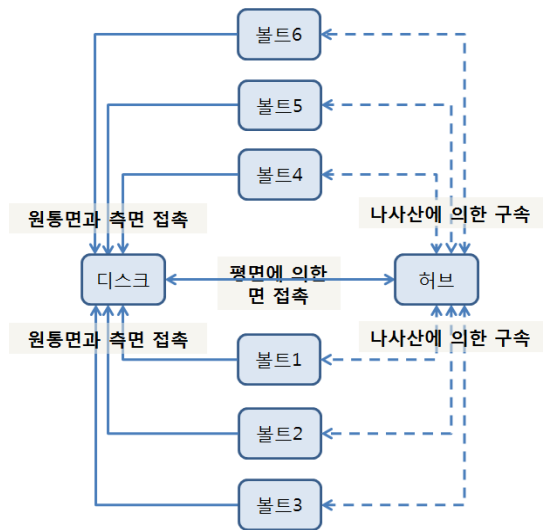


Fig. 4 Relation function structure of the six-bolting fastening system

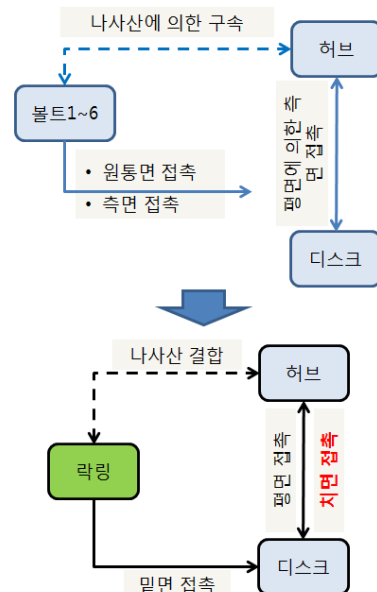


Fig. 5 New relation function structure

한 개는 직접성 양방향 관계기능을 갖고 있다.

이것을 표로 정리하면 Table 2와 같다.

볼트1부터 볼트6까지는 모두 같은 부품통합 가능성의 최우선 순위를 가지며 그 다음은 디스크, 허브 순이다. 부품통합가능성이 가장 높은 볼트가 통합된 자전거 브레이크 디스크 체결 방식은 Fig. 5와 같은 관계기능구조를 갖는 시스템으로 개발가능하고 이것은 한 개의 락링을 이용한 브레이크 디스크 체결 방식과 유사하다.

실제 락링을 이용한 브레이크 디스크의 체결방



Fig. 6 Brake disc fastening systems and components (lock ring-bolting)

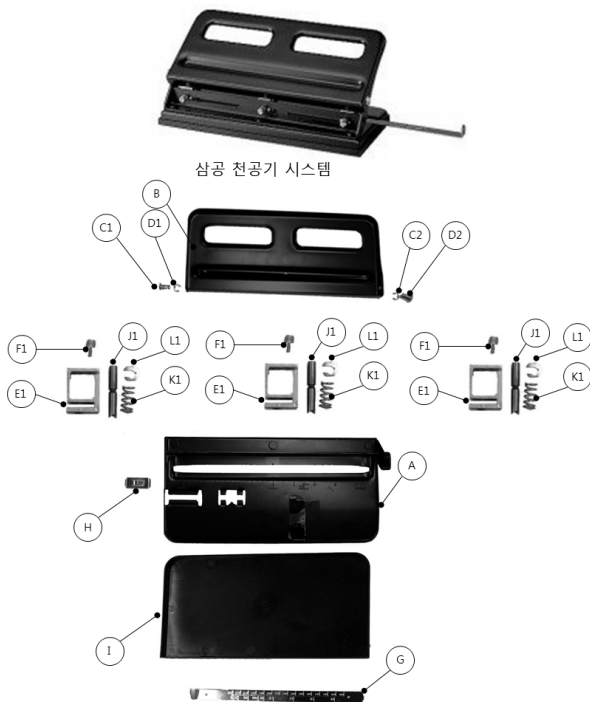


Fig. 7 Three-holes punch of elements

식을 따르는 제품의 형상은 Fig. 6과 같다.

여섯 개의 볼트를 이용하여 브레이크 디스크를 결합하는 방식을 한 개의 락링을 이용하여 브레이크 디스크를 결합하는 방식에 대한 아이디어는 분석기준에 의한 새로운 관계기능구조로부터 얻을 수 있었고 실제로 실용화되어 있다.

브레이크 디스크를 결합하는 방식을 개선하는 문제에 대한 결과를 비교하면 Table 3과 같다.

4.2.2 삼공 천공기의 개선

삼공 천공기를 개선하기 위하여 삼공 천공기를 구성하는 부품들의 관계기능구조를 분석하였다.

삼공 천공기와 이를 구성하는 부품은 Fig. 7과 같다. 각각의 부품에 대하여 기호를 부여하고 이에 따른 부품명과 수량을 Table 4에 정리하였다.

삼공 천공기 제품 전체를 시스템 경계로 정의하고 구성 부품들에 대하여 관계기능을 정의하고 이를 Table 5에 정리하였다. 관계기능이 없거나 역순의 중복된 관계 부품은 생략하였다.

Table 5의 관계기능 정보로부터 Fig. 8과 같은 관계기능구조를 그릴 수 있으며 보다 간결한 표현을 위해 부품명 대신 기호를 사용하였다. 분석기준에 의하여 부품통합을 고려할 수 있는 우선순위를 결정할 수 있으며 이를 Table 6에 정리하

Table 3 Comparison before and after to the improvement of disc brake assembly methods

구분	개선 전	개선 후
부품 종류	3개	3개
부품 수	8개	3개
조립 시간	약 32초	약 7초

Table 4 Three-holes punch of parts

기호	부품명	수량
A	베이스	1
B	레버	1
C1, C2	핀	2
D1, D2	E링	2
E1, E2, E3	타공심 가이드	3
F1, F2, F3	고정나사	3
G	종이 가이드	1
H	스톱퍼	1
I	밀판	1
J1, J2, J3	타공심	3
K1, K2, K3	스프링	3
L1, L2, L3	C링	3
총 부품 수		24

Table 5 Defining of relation functions(Three-holes punch)

부품명	관계 부품	관계기능		
		정보	종류	방향
베이스 (A)	레버 (B)	형상 : 베이스의 구멍 뚫린 면-레버의 구멍 뚫린 면 작용 : 면 접촉 효과 : 레버의 원활한 작동	직접	↔
	핀 (C1, C2)	형상 : 베이스의 면에 뚫린 구멍-핀의 원통 작용 : 원통면 접촉 효과 : 레버의 원활한 작동	간접	↔
	E링 (D1, D2)	형상 : 베이스의 구멍 뚫린 면-E링의 면 작용 : 면 접촉 효과 : 핀의 이탈 방지	간접	↔
	타공심 가이드 (E1, E2, E3)	형상 : 베이스의 안착 면-타공심 가이드의 밑면 작용 : 면 접촉 효과 : 타공심 가이드의 안착	직접	↔
	고정나사 (F1, F2, F3)	형상 : 베이스의 긴 구멍 뚫린 면-고정나사의 머리 밑면 작용 : 면 접촉 효과 : 타공심 가이드 고정	간접	←
	종이 가이드 (G)	형상 : 베이스의 넓은 구멍-종이가이드의 면 작용 : 면 구속 효과 : 종이 가이드의 안착	직접	↔
	스톱퍼 (H)	형상 : 베이스의 넓은 구멍 안착 면-스톱퍼의 안착 면 작용 : 면 결합 효과 : 종이 가이드의 구속	간접	←
	밀판 (I)	형상 : 베이스의 아래 구멍 뚫린 테두리 면-밀판의 벽면 안쪽 후크 작용 : 후크 결합 효과 : 밀판 결합	직접	←
레버 (B)	핀 (C1, C2)	형상 : 레버의 면에 뚫린 구멍-핀의 원통 면과 머리 밑면 작용 : 면 접촉 효과 : 레버의 원활한 작동	직접	→
	타공심 (J1, J2, J3)	형상 : 레버의 둥근 면-타공심의 윗면 작용 : 면 접촉 효과 : 타공심의 원활한 작동	직접	→
핀 (C1, C2)	E링 (D1, D2)	형상 : 핀의 홈-E링의 홈작용 : 홈 결합 효과 : 핀의 이탈 방지	직접	←
타공심 가이드 (E1, E2, E3)	스프링 (K1, K2, K3)	형상 : 타공심 가이드의 중간면-스프링의 아래면 작용 : 면 접촉 효과 : 스프링의 효과적인 압축	직접	←
	C링 (L1, L2, L3)	형상 : 타공심 가이드의 안쪽 윗면-C링의 윗면 작용 : 면 접촉 효과 : 타공심의 구속	간접	→
	타공심 (J1, J2, J3)	형상 : 타공심 가이드의 구멍-타공심의 원통면 작용 : 원통면 접촉 효과 : 타공심의 원활한 작동	직접	↔
	고정나사 (F1, F2, F3)	형상 : 타공심 가이드의 나사산-고정나사의 나사산 작용 : 나사산 결합 효과 : 타공심 가이드 고정	직접	↔
스프링 (K1, K2, K3)	C링 (L1, L2, L3)	형상 : 스프링의 윗면-C링의 아랫면 작용 : 면 접촉 효과 : 스프링의 효과적인 압축	직접	↔
	타공심 (J1, J2, J3)	형상 : 스프링의 내경-타공심의 원통면 작용 : 면 접촉 효과 : 스프링의 좌굴 방지	직접	↔
C링 (L1, L2, L3)	타공심 (J1, J2, J3)	형상 : C링의 홈-타공심의 홈 작용 : 홈 결합 효과 : 스프링의 효과적인 압축	간접	←
종이 가이드 (G)	스톱퍼 (H)	형상 : 종이 가이드의 아랫면-스톱퍼의 돌기면 작용 : 면 접촉 효과 : 종이 가이드의 원활한 작동	직접	←

Table 6 Type of relation functions

통합고려 우선순위	관계 부품 기호(명)	관계기능 수	관계기능 종류
1	I(밀판)	1	단방향 직접
2	H(스톱퍼)	2	단방향 간접 단방향 직접
3	D1, D2(E링)		단방향 직접 양방향 간접
	F1, F2, F3 (고정나사)		단방향 간접 양방향 직접
4	G(종이 가이드)		단방향 직접 양방향 직접
5	C1, C2(핀)	3	단방향 직접 단방향 직접 양방향 간접
6	L1, L2, L3(C링)		단방향 간접 양방향 직접 양방향 직접
7	K1, K2, K3 (스프링)		단방향 직접 양방향 직접 양방향 직접
8	J1, J2, J3 (타공심)	4	단방향 직접 양방향 직접 양방향 직접 양방향 직접
9	E1, E2, E3 (타공심 가이드)	5	단방향 간접 단방향 직접 양방향 직접 양방향 직접
10	B(레버)	6	단방향 직접 단방향 직접 단방향 직접 단방향 직접 단방향 직접
11	A(베이스)	14	- 생략 -

였다. 우선순위에 따라 부품통합을 고려하면 아래와 같다.

(1) [밀판] 밀판은 하나의 관계기능을 베이스와 갖고 있기 때문에 우선적으로 베이스와 밀판을 통합하는 것을 고려하였다.

(2) [스톱퍼] 스톱퍼는 두 개의 관계기능을 갖고 있으며 각각 베이스 부품과 종이 가이드 부품과 관계가 있다. 이 중에서 베이스와 관계되는 관계기능이 간접 관계기능이고 종이 가이드와 관계되는 관계기능이 직접 관계기능이기 때문에 상

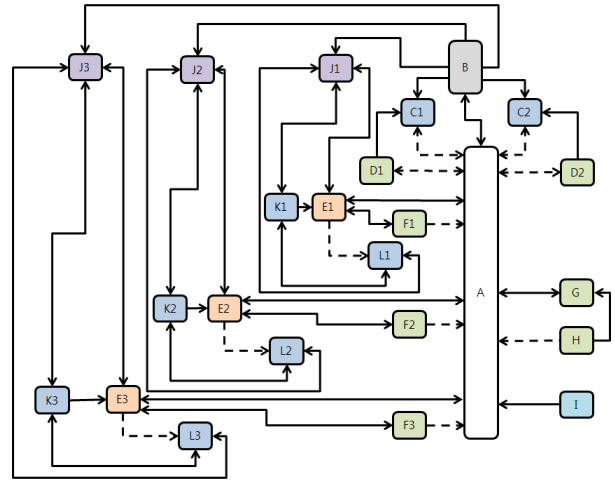


Fig. 8 Relation function structure of the three-holes punch

대적으로 베이스 부품과 관계되는 간접 관계기능을 이동시키기가 유리하다. 그러므로 스톱퍼는 종이 가이드와 통합하는 것을 고려하였다.

(3) [E링] E링은 베이스와 핀에 각각 관계기능을 갖고 있는데 베이스와 관계되는 관계기능은 간접 관계기능이기 때문에 이동시키기가 유리하다. 그러므로 E링은 핀과 통합하는 것을 고려하였다.

[고정나사] 고정나사는 타공심 가이드와 베이스에 각각 관계기능을 갖고 있는데 베이스와 관계되는 관계기능은 간접 관계기능이기 때문에 이동시키기가 유리하다. 그러므로 고정나사는 타공심 가이드와 통합하는 것을 고려하였다.

(4) [종이 가이드] 종이 가이드는 앞서 스톱퍼와 통합되는 것을 고려하였기 때문에 다른 부품과의 부품 통합은 고려하지 않았다.

(5) [핀] 핀은 앞서 E링과 통합되는 것을 고려하였기 때문에 다른 부품과의 부품 통합은 고려하지 않았다.

(6) [C링] C링은 타공심 가이드와 스프링, 타공심과 관계기능을 갖고 있는데 타공심 가이드는 앞서 고정나사와 통합되는 것을 고려하였기 때문에 C링과 타공심 가이드와의 부품 통합은 고려하지 않았다. 대신에 C링은 스프링 또는 타공심과 부품 통합을 고려할 수가 있는데 본 논문에서는 스프링과의 부품 통합을 고려하였다. 이유는 스프링의 부품 통합을 고려해서이다.

(7) [스프링] 스프링은 타공심 가이드와 C링, 타공심과 관계기능을 갖고 있는데 타공심 가이드

는 앞서 고정나사와 통합되는 것을 고려하였기 때문에 스프링과 타공심 가이드와의 부품 통합을 고려하지 않았다. 대신에 스프링은 C링 또는 타공심과 부품 통합을 고려할 수가 있는데 본 논문에서는 C링과의 부품 통합을 고려하였다.

(8) [타공심] 타공심은 네 개의 관계 부품을 갖고 있지만 레버를 제외한 나머지 관계 부품들은 앞서 다른 부품들과의 통합이 고려되었다. 그러므로 타공심은 레버와 부품 통합을 이루는 것을 고려하였다.

(9) [타공심 가이드] 타공심 가이드는 앞서 고정나사와 부품 통합되는 것을 고려하였기 때문에

관계 부품과의 부품 통합은 고려하지 않았다.

(10) [레버] 레버는 앞서 타공심과 부품 통합을 이루는 것을 고려하였기 때문에 관계 부품과의 부품 통합은 고려하지 않았다.

(11) [베이스] 베이스는 가장 많은 관계기능과 관계 부품들을 갖고 있고 이미 관계 부품들은 모두 부품 통합이 이루어졌기 때문에 관계 부품들과의 부품 통합은 고려하지 않았다.

부품통합이 고려된 관계기능구조를 다시 그리면 Fig. 9와 같으며, Table 6의 부품통합 우선순위에 따라 부품통합을 위한 개념안을 도출하여 Table 7에 정리하였으며 그 개념안에 대한 설명

Table 7 New concepts for parts integration(Three-holes punch)

통합 고려 우선순위	통합을 고려한 관계 부품	통합 개념안
1	I(밀판) & A(베이스)	
2	H(스톱퍼) & G(종이 가이드)	
3	D1, D2(E링) & C1, C2(핀)	
	F1, F2, F3(고정나사) & E1, E2, E3(타공심 가이드)	
4	G(종이 가이드) & H(스톱퍼)	△(상동)
5	C1, C2(핀) & D1, D2(E링)	△(상동)
6	L1, L2, L3(C링) & K1, K2, K3(스프링)	
7	K1, K2, K3(스프링) & L1, L2, L3(C링)	△(상동)
8	J1, J2, J3(타공심) & B(레버)	
9	E1, E2, E3(타공심 가이드) & F1, F2, F3(고정나사)	△(상동)
10	B(레버) & J1, J2, J3(타공심)	△(상동)
11	A(베이스)	통합을 고려할 관계 부품이 없음

Table 8 New Three-holes punch of parts(*:design change)

기호	부품명	수량	부품명	수량
A	베이스	1	베이스*	1
B	레버	1	레버	1
C1, C2	핀	2	핀*	2
D1, D2	E링	2	-	0
E1, E2, E3	타공심 가이드	3	타공심 가이드*	3
F1, F2, F3	고정 나사	3	-	0
G	종이 가이드	1	종이 가이드*	1
H	스톱퍼	1	-	0
I	밀판	1	-	0
J1, J2, J3	타공심	3	타공심	3
K1, K2, K3	스프링	3	스프링*	3
L1, L2, L3	C링	3	-	0
총 부품 수		24		14

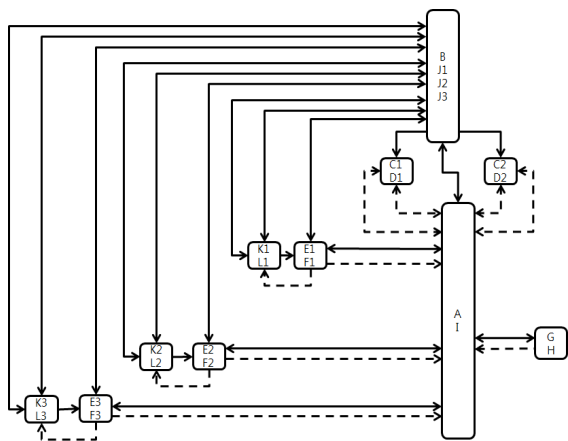


Fig. 9 New relation function structure of the 3-holes punch

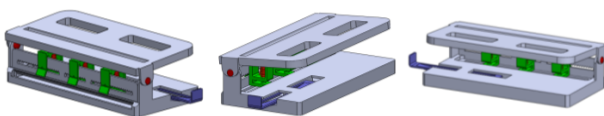


Fig. 10 New concept of three-holes punch

은 아래와 같다.

- (1) [밀판과 베이스] 밀판과 베이스를 일체화시키고 종이를 천공할 때 발생하는 종이 조각을 배출할 수 있도록 천공기 앞쪽에 배출구를 만들었다.
- (2) [스톱퍼와 종이 가이드] 스톱퍼와 종이 가이드를 일체화시키기 위해서 종이 가이드에 판스프링의 기능이 구현되도록 하여 종이 가이드가 쉽게 움직이지 못하게 만들었다.
- (3) [E링과 핀] E링과 핀의 부품 통합은 E링과

핀을 사용하는 대신에 리벳으로 대체하였다.

[고정나사와 타공심 가이드] 고정나사와 타공심 가이드의 부품 통합은 고정나사를 제거하고 그 대신에 타공심 가이드와 베이스의 면접촉을 강화할 수 있도록 판스프링을 구비시켰고 판스프링 안쪽으로 돌기가 돌출되도록 하여 타공심 가이드가 미끄러지는 것을 방지하였다.

(4) [종이 가이드와 스톱퍼] 종이 가이드와 스톱퍼의 부품 통합은 우선순위 (2)에서 진행되었다.

(5) [핀과 E링] 핀과 E링의 부품 통합은 우선순위 3)에서 진행되었다.

(6) [C링과 스프링] C링과 스프링의 부품 통합은 C링을 제거하고 그 대신에 스프링의 모양을 원통형에서 고깔형으로 바꾸어서 스프링의 한쪽 끝이 타공심의 홈 부위에 딱 끼이도록 하였다.

(7) [스프링과 C링] 스프링과 C링의 부품 통합은 우선순위 (6)에서 진행되었다.

(8) [타공심과 레버] 타공심과 레버의 부품 통합에 대한 적절한 개념안은 도출하지 못하였다. 이럴 경우 타공심과 레버는 다른 관계 부품과 통합을 고려해볼 수 있다.

(9) [타공심 가이드와 고정나사] 타공심 가이드와 고정나사의 부품 통합은 우선순위 (3)에서 진행되었다.

(10) [레버와 타공심] 레버와 타공심의 부품 통합은 우선순위 (8)에서 진행되었다.

(11) [베이스] 베이스와 관계되는 부품들은 모두 앞선 단계에서 부품 통합이 진행되었기 때문에 베이스의 부품 통합을 위한 개념안 도출은 시

도하지 않았다.

Table 8과 Fig. 10은 부품 수가 감소된 새로운 삼공 천공기의 부품수량과 개념도를 보여준다. 구성 부품의 종류는 12개에서 7개로 줄었으며 전체 부품의 수량은 24개에서 14개로 줄었다.

이 개념도를 바탕으로 삼공 천공기를 양산하기 위해서는 생산설비와 생산 공정, 그리고 제품의 작동성 등을 별도로 고려하여 경제성을 평가해보아야 한다.

5. 결 론

제품을 구성하는 부품들에 관하여 관계기능을 정의하고 이를 구조화한 후 분석기준에 따라 분석을 하면 어떤 부품들을 어떻게 통합을 해야 할지에 대한 아이디어의 방향성을 알 수 있었다.

분석기준은 제품을 구성하는 부품들의 관계기능 차이점을 통해서 논리적으로 정리할 수 있었다.

그 예로 자전거의 디스크 브레이크를 허브와 결합하는 방식을 개선해 보았다. 그 결과 실제로 존재하는 제품과 유사한 형태의 새로운 관계기능 구조가 도출되었으며 이것으로부터 부품 수는 8개에서 3개로 줄일 수 있고 조립 시간도 약 25초를 줄일 수 있었다.

또 다른 사례로 삼공 천공기를 개선하는 설계를 진행하였다. 그 결과 구성 부품의 종류는 12개에서 7개로, 전체 부품의 수는 24개에서 14개로 줄었다.

그러므로 본 논문에서 제안하는 방법, 즉 제품을 구성하는 부품들의 통합을 위한 관계기능구조의 분석기준은 제품을 구성하는 부품들의 통합 아이디어 도출을 위한 방향성을 제시한다고 할 수 있다.

참고문헌 (References)

- (1) Boothroyd, G. and Dewhurst, P., 2002, *Product Design for Manufacture and Assembly*, 2nd Edition, Marcel Dekker, pp. 5~6.
- (2) Lee, K. S., 2002, "Design For Manufacture and Assembly (DFMA)," *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 8, No. 3, pp. 40~51.
- (3) An, J. H., 2002, "DMFA Related Software and Impact on the us Manufacturing Industry," *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 8, No. 3, pp. 32~39.
- (4) Kim, I. H., 1999, "Outline and Application of DFMA," *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol. 5, No. 1, pp. 31~34.
- (5) Bariani, P. F., Berti, G. A. and Lucchetta, G., 2004, "A Combined DFMA and TRIZ Approach to the Simplification of Product Structure," *Proc. Instn Mech. Engrs*, Vol. 218, Part B: J. Engineering Manufacture, pp. 1023~1027.
- (6) Pahl, G. and Beitz, W., 1998, *Engineering Design*, Dongmyungsa, Paju-si Gyeonggi-do Korea, pp. 31~32.
- (7) Choi, J. H. and Lee, K. S., 2010, "Study on Concept Design of the Motor Actuator of Outside Rear-View Mirror by Incomplete Coupled Design," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, Vol. 34, No. 12, pp. 1843~1848.
- (8) Choi, J. H. and Lee, K. S., 2008, "A Study on the Design Hypothesis of Integrated Part for Product Improvement," *KSME 2008 Fall Annual Meeting*, pp. 1176~1180.
- (9) Choi, J. H. and Lee, K. S., 2009, "A Study on the Coupled Design of Concept Design by the Design Hypothesis of Integrated Part," *KSME 2009 Fall Annual Meeting*, pp. 1231~1236.