

동일 기능을 갖는 부품들이 포함된 제품의 부품 통합에 관한 연구<sup>§</sup>

최준호\* · 이건상\*\*†

\* 국민대학교 자동차공학전문대학원, \*\* 국민대학교 기계시스템공학부

## Study of Parts Integration in Product Including Parts having Same Function

Jun Ho Choi\* and Kun Sang Lee\*\*†

\* Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin Univ.,

\*\* School of Mechanical Systems Engineering, Kookmin Univ.

(Received June 25, 2012 ; Revised October 30, 2012 ; Accepted November 5, 2012)

**Key Words:** Integrated Part(부품통합), Axiomatic Design(공리적설계), Function(기능), 3-Hole Punch(3공 천공기)

**초록:** 제품은 하나 이상의 부품으로 구성되어 있으며, 제품을 구성하는 부품들은 같은 기능을 갖는 경우도 있다. 부품통합설계 가설에 의하면 같은 기능을 하는 부품은 하나의 부품으로 통합될 수 있다. 제품을 구성하는 부품은 하나 이상의 기능을 가지고 있는 경우가 있으며, 부품의 형상 자체가 기능이 되거나 부품의 재질이 갖는 특성이 기능이 되기도 한다. 본 논문에서는 부품이 가지고 있는 기능을 정의하는 방법을 제시하고, 제시된 방법에 의하여 확인된 부품의 기능들 중에서 동일 기능을 갖는 부품을 통합하는 방법을 제시하였다. 또한 제시된 방법을 이용하여 종이에 구멍을 뚫는 3공 천공기를 구성하는 부품들을 통합해 보았으며 그 결과는 공리적 설계를 만족하였다.

**Abstract:** In general, a product consists of one or more parts. Different parts of a product can perform the same function. According to "the design hypothesis of an integrated part", parts having the same function may be integrated into one part. A part can also perform more than one function. The form or material characteristic of a part may perform its function. In this study, we develop a method for defining the functions of components and for integrating parts having the same functions. We have successfully integrated some parts of a three-hole punch using the proposed method. The results satisfy axiomatic design.

## 1. 서론

제품은 하나 이상의 부품으로 구성되어 있다. 여러 개의 부품으로 이루어진 제품은 구성하는 부품들이 각각의 기능, 즉 부분기능을 수행함으로써 전체 기능을 수행하게 된다.<sup>(1)</sup> 제품을 구성하는 여러 개의 부품들 중에는 같은 기능을 하는 부품들도 있다. 부품통합설계 가설<sup>(2)</sup>에 의하면 같은 기능을 하는 부품은 하나의 부품으로 통합될 수 있다.

부품통합설계 가설에서는 동일한 기능을 담당하는 부품들을 하나의 부품으로 통합할 수 있는 가

능성을 판단할 수 있는 기준을 제공한다.<sup>(3)</sup> 부품통합설계 가설에 의해 도출된 개념안들은 공리적 설계<sup>(4)</sup>에서 연성설계의 특성을 갖고 있지만 비연성설계의 특성에 근접하는 개념안이 더 좋은 설계라고 할 수 있다.<sup>(3)</sup>

제품을 구성하는 부품은 대부분 하나 이상의 기능을 가지고 있으며, 그 기능들은 주기능과 부기능으로 나눌 수 있다<sup>(1)</sup>. 어떤 경우에는 부품의 형상 자체가 기능으로 정의될 수도 있으며, 부품의 재질적 특성이 기능으로 정의될 수도 있다. 또한 제품을 구성하는 부품들이 단일 부품이 아닌 부품군 또는 모듈로 정의될 경우에는 단일 부품들의 복잡한 기능과 그 관계를 보다 단순한 기능으로 정의할 수 있다. 그러나 기능이라는 단어를 정의할 수는 있지만 그 부품이 가지고 있는 기능을 확인(identification)하는 방법은 명확하지 않다.

본 논문에서는 기존의 제품을 구성하는 부품들

§ 이 논문은 2012년도 대한기계학회 생산 및 설계공학부문 춘계학술대회(2012. 6. 26.-27., 대전컨벤션센터) 발표논문임.

† Corresponding Author, [kslee@kookmin.ac.kr](mailto:kslee@kookmin.ac.kr)

© 2013 The Korean Society of Mechanical Engineers

의 기능을 확인하기 위하여 역공학<sup>(5)</sup>을 이용하였으며 동일 기능을 탐색하고 동일 기능을 갖는 부품들을 통합하는 방법을 제시하였다.

또한 제시된 방법을 이용하여 종이에 구멍을 뚫는 3공 천공기를 구성하는 부품들을 통합하는 과정과 그 결과로 도출된 개념안이 공리설계의 관점에서 더 좋은 개념안인지 알아보았다.

## 2. 동일 기능 부품의 탐색 및 통합

### 2.1 부품의 기능 확인

과제를 수행하기 위한 시스템의 입출력간의 일반적 관계를 기능이라는 용어로 이해할 수 있다.<sup>(1)</sup> 제품의 기능은 사용 가능한 입력(input)에 의하여 원하는 출력(output)을 명확하게 재현할 수 있는 것으로 정의할 수 있다.<sup>(6)</sup> 즉, 입력(input)과 출력(output) 그리고 기능(function)의 관계를 수식으로 표현하면 수식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$y_{desired\_output} = f_{function}(x_{available\_input}) \quad (1)$$

부품은 하나 이상의 기능을 가질 수 있으며, 구성 부품의 계층구조와 작동정보를 통해서 그 기능을 확인할 수 있다. 기능의 정의에 따르면 부품의 형상이나 재질의 특성도 기능이 될 수 있다. 즉 모든 부품은 어떤 기능을 위한 특정한 형상과 강성을 가지고 있어야 한다.

예를 들면 볼트는 회전력을 회전축방향의 결합력으로 바꾸기 위한 나사산의 형상을 가지고 있으며, 결합력을 유지하기 위한 특정한 강성을 가지고 있는데 이것이 바로 볼트가 갖고 있는 기능이다. 또한 볼트의 머리형상은 사용할 공구의 종류를 결정한다.

그러나 부품이 가지고 있는 기능을 모두 정의하기는 어려우며, 시간과 노력이 소모적일 수 있다. 일반적으로 형상 및 강성과 관련된 기능은 별도의 요구사항으로 지정하지 않더라도 항상 수행되어야 하므로, 많은 경우에 이러한 기능은 생략하거나 무시하는 것처럼 보일 수도 있다.

제품개발에 필요한 정보가 부족할 때, 이미 동작하는 물리시스템을 분석하여 개발과 관련된 정보를 찾아내는 과정을 역공학(reverse engineering)이라고 한다.<sup>(5)</sup>

역공학은 제품의 성능 개량에서 설계 모델이 존재하지 않을 때에 활용되며, 경쟁 제품의 평가모델이 존재하지 않을 때에도 활용된다. 경쟁 제품

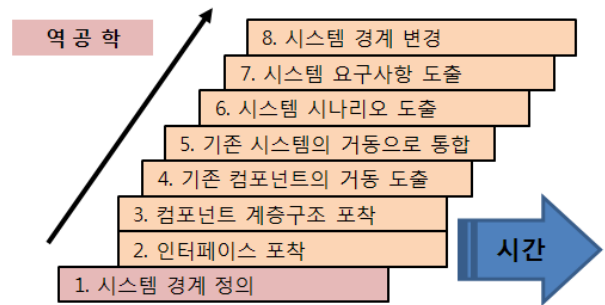


Fig. 1 Reverse engineering process<sup>(8)</sup>

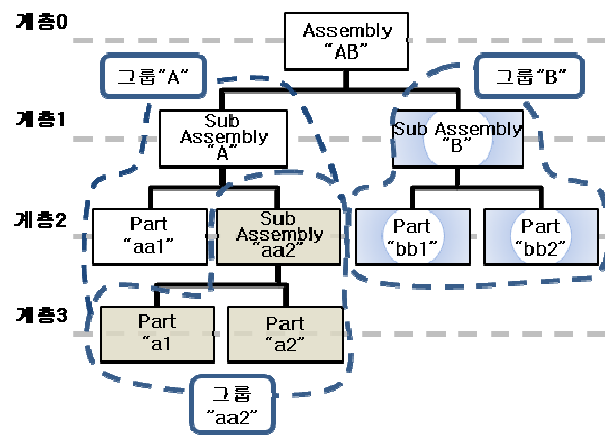


Fig. 2 Components hierarchy of a product

의 평가모델이 존재하지 않을 경우, 초기 개발자가 더 이상 존재하지는 않지만 사용자가 제품을 필요로 할 때, 역공학을 통해 제품의 시스템 수준의 논리적 모델을 설정하여 개발의 참고 자료로 활용한다.<sup>(7)</sup> 제품을 구성하고 있는 부품의 기능을 확인하려면 제품을 구성하는 부품간의 정보가 필요하다. 이러한 정보를 얻기 위해서도 역공학 프로세스<sup>(8)</sup>를 이용할 수 있다.

역공학 프로세스는 각 분야의 상황 및 목적이 다르기 때문에, 각 분야마다 특화된 프로세스가 존재한다.<sup>(8)</sup> 본 논문에서는 시스템공학 분야에서 사용하는 Vitech의 역공학 프로세스를 이용하였다. Vitech의 역공학 프로세스는 순공학 프로세스를 단 순하게 역으로 정의하였기 때문에 논리적인 절차에서 타당하다.<sup>(8)</sup> 따라서 이것은 적용분야와 무관하게 논리적인 타당성을 갖는 장점이 있다. Vitech의 역공학 프로세스는 Fig. 1에 나타낸 바와 같으며, 제품을 구성하는 부품의 시스템 경계 정의, 계층구조 분석 및 구성부품의 작동정보 도출을 통해 기능을 확인할 수 있다.

2.2 부품의 동일 기능 탐색

제품과 그 구성 부품을 역공학 프로세스에 따라서 계층구조로 나누고 작동정보를 도출하여 각각의 부품이 갖고 있는 기능을 확인한다. 계층구조는 Fig. 2와 같이 표현할 수 있다. 계층은 계층 0~계층 4 까지 수직 방향으로 구분되고, 그룹은 Sub Assembly 단위로 만들 수 있으며 Assembly 단위도 포함된다. Fig. 2의 제품에서는 최대 4 개의 그룹을 만들 수 있다. 구성부품을 통해 확인된 기능들은 적절한 관계를 유지해야 한다. 궁극적으로는 제품이 주기능을 수행할 수 있어야 한다.

만약 제품이 주기능을 수행할 수 없다면 확인된 기능들에 오류가 있음을 의미한다.

발견적 학습법(heuristic method)에 의하면 기능구조 분석에 의하여 주흐름(dominant flow)과 분기흐름(branching flow), 그리고 변환-전달(conversion-transmission) 부분이 모듈화된다.<sup>(9)</sup> 구성 부품의 계층 분석을 통해 Sub Assembly 단위로 그룹화되는 부분은 기능구조에서 주흐름(dominant flow)과 분기흐름(branching flow)의 부분에 해당되기 때문에 Sub Assembly 단위로 그룹화되는 것은 모듈화가 가능하다는 것을 의미한다.

그러므로, 동일 기능 부품을 탐색하는 순서는 계층구조에서 같은 그룹 내의 동일한 기능을 갖는 부품을 탐색하고, 같은 그룹 내에서 같은 계층 수준이면서 같은 기능을 갖는 부품을 우선 탐색한다.

이와 같은 조건을 만족하는 부품일수록 부품을 통합시킬 수 있는 가능성이 높아진다. 이러한 원리를 이용하여 계층구조의 관계에 따라서 숫자를

부여하여 부품 통합의 가능성이 높은 순서대로 우선 순위를 부여할 수 있다.

우선 순위를 부여하는 방법은 계층구조에서 그룹 간의 관계를 1 단위 값으로, 계층 간의 관계를 1 단위 값으로 부여하여 구성 부품간의 부품 통합 순위를 결정할 수 있다. 예를 들면 같은 그룹 내의 같은 계층일 경우에는 0 단위 값을 부여하고, 같은 그룹 내의 1 계층만큼 차이가 나거나 다른 그룹이지만 계층이 같을 경우에는 1 단위 값을 부여한다.

부여된 숫자의 총합이 작을수록 부품 통합이 일어날 수 있는 가능성이 높아지게 된다.

2.3 동일 기능 부품의 통합

부품 통합 순위에서 가장 높은 순위의 부품에 대해 통합을 시도하면 가능성이 높다.

본 논문에서는 부품을 통합시키기 위한 개념안 도출 방법으로 다음의 6 가지를 제안하였다.

- 1) 대상부품의 변형
- 2) 관계부품의 변형
- 3) 대상부품과 관계부품의 변형
- 4) 대상부품의 기능 분리와 변형
- 5) 관계부품의 기능 분리와 변형
- 6) 대상부품과 관계부품의 기능분리와 변형

여기서 대상부품은 제품 내에서 부품 통합을 하고자 하는 부품을 의미하여, 관계부품은 대상부품과 기능적으로 관계되는 부품을 의미한다.

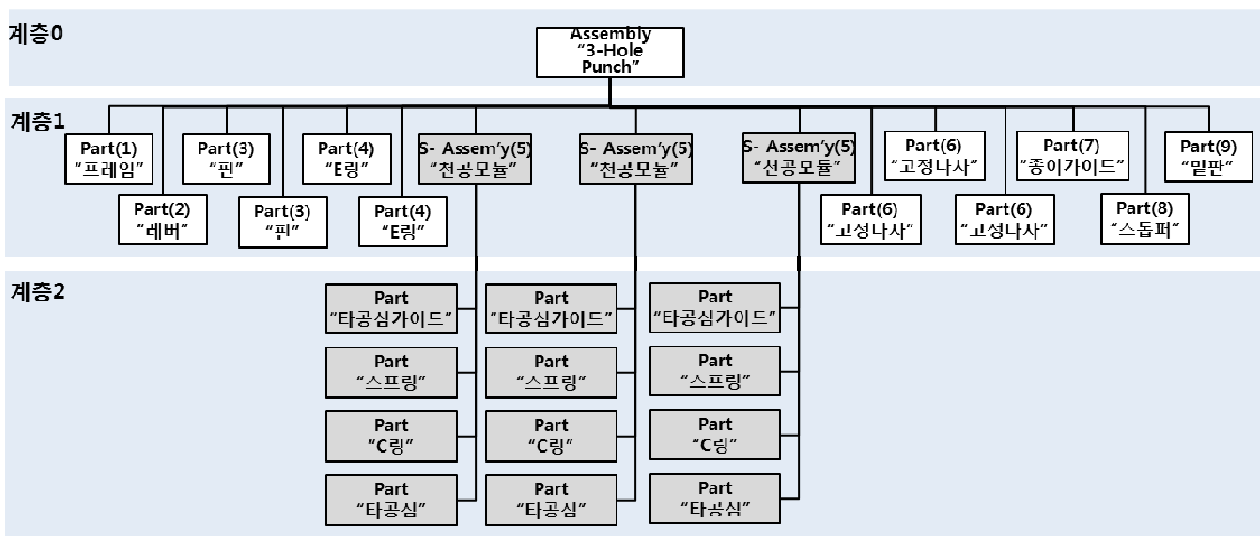


Fig. 3 Components hierarchy of a three-hole punch

### 3. 천공기(3 공)의 구성 부품 통합

#### 3.1 동일 기능을 갖는 부품 탐색

국내에서 제작된 3 공 천공기를 대상으로 동일 기능을 탐색하여 부품 통합을 시도하였다.

조립된 상태의 3 공 천공기와 그것의 분해된 상태를 Fig. 4 에, 구성 부품의 계층구조는 Fig. 3 에 나타내었다. 구성 부품에는 일련번호를 부여하고 각각의 명칭과 기능을 정의하였다.

각 부품에 대한 기능은 확인된 사항만 기입하였으므로, 그 외의 기능이 존재할 수도 있다.

부품 통합 우선 순위가 높은 부품들만 Table 1 에 나타내었다. 2 개의 핀(3)은 같은 기능을 갖는 부품(수량이 2 개 이상)이면서 같은 Assembly 그룹에 속하고 같은 계층 1 에 속하는 부품들이다. 그러므로 부품통합 우선 순위는 0 단위 값을 가진다. 마찬가지로 E 링(4)과 천공모듈(5), 고정나사(6)도 부품 통합 순위는 0 단위 값을 가진다. 그러나 프레임(1)과 레버(2), 종이가이드(7), 스톱퍼(8)는 유일한 부품이기 때문에 부품 통합을 위한 우선 순위에 관한 단위 값이 없다.

또한 타공가이드와 스프링, C 링, 타공심은 3 개씩 존재하고 같은 기능을 가지며 같은 계층 2 에 속한다. 그러나 소속 그룹은 서로 다른 S-Assem'y 그룹에 속하기 때문에 부품 통합 우선 순위 값은 1 단위를 갖는다.

#### 3.2 동일 기능 부품의 통합

동일 기능을 갖는 부품의 통합을 위한 개념안을 도출하기 위해 대상부품과 관계부품의 변형을 고려하였다.

부품 핀(3)은 자신의 형상을 변형시킴으로써, 즉 대상부품을 변형하여 부품 통합이 가능한 개념안이 도출되었고, 부품 E 링(4)은 관계부품인 핀(3)의 형상을 변형시킴으로써 부품 통합이 가능한 개념안이 도출되었다.

부품 천공모듈(5)과 고정나사(6)는 대상부품의 변형이나 관계부품의 변형으로는 개념안이 도출되지 않았다. 그러므로 이들 부품의 기능을 분리하고 변형을 통하여 개념안 도출을 시도하였다.

부품 천공모듈(5)이 갖고 있는 기능을 분리하기 위해 부품 천공모듈(5)를 세부 부품으로 나누고 세부 부품들을 변형하였다. 그 결과 부품 천공모듈(5)을 구성하는 세부 부품들 중 일부와 부품 고정나사(6)가 부품 통합이 가능한 개념안이 도출되었다.

Table 1 Parts list to the priority of parts integration

부품명 (부품번호)	확인된 기능	수량
핀(3)	- 메인 프레임(1)과 레버(2) 결합 - 레버(2)의 회전축 - E 링(4)과 결합되는 홈 ...	2
E 링(4)	- 핀(3)이 빠지는 것을 방지 - 핀(3)과의 분리 방지를 위한 돌기 ...	2
천공 모듈(5)	- 종이에 구멍 생성 - 종이의 구멍 조각 배출 - 고정나사(6) 결합용 나사 구멍 ...	3
고정 나사(6)	- 천공모듈(5) 고정 - 천공모듈(5) 결합용 나사산 ...	3

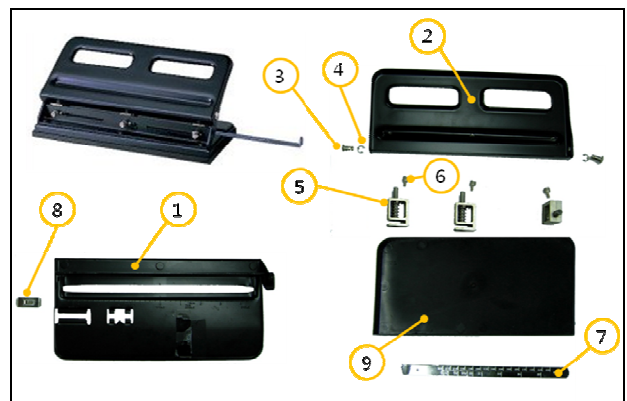


Fig. 4 Parts of a three-hole punch, and their parts number

Table 2 는 부품을 통합하기 위해 도출된 여러 개의 개념안들 중에서 간단한 개념안을 하나씩 정리한 것이다.

#### 3.3 공리적 설계를 이용한 검증

제품을 구성하는 부품이 각자의 기능을 수행함으로써 제품은 전체 기능을 수행하게 된다. 이때 부품들이 서로 독립적으로 기능을 수행할 수 있다면 독립공리를 만족하게 된다. 그러나 하나의 부품이 갖고 있는 기능은 두 가지 이상 일 수 있으며, 제품을 구성하는 부품들이 각각 독립공리를 만족하는 것은 쉽지 않은 일이다. 공리적 설계 관점에서 독립공리의 만족은 기능요구사항에 대한 설계변수의 독립성이 존재하는가로 판단한다.

3 공 천공기의 기능요구사항(FRs)과 설계변수

(DPs)를 정의하면 다음과 같다.

- FR1 = 종이에 3 개의 구멍을 뚫을 것
- FR2 = 3 개의 구멍 간격을 조절할 수 있을 것
- FR3 = 종이의 구멍 조각을 배출할 수 있을 것
- FR4 = 종이의 구멍 조각을 모을 수 있을 것

- DP1 = 레버의 작동 범위
- DP2 = 천공모듈들의 독립적인 수평운동 가능
- DP3 = 타공심 가이드의 종이 배출 구멍유무
- DP4 = 종이 조각 받침대 유무

종이에 3 개의 구멍을 뚫는 것(FR1)은 타공심의 수직운동 거리와 연동되어 움직이는 레버의 스윙 각도(DP1)에 따라 종이에 구멍을 뚫을 수 있다.

3 개의 구멍 간격을 조절하는 것(FR2)은 천공모듈들의 독립적인 수평운동(DP2)이 가능하면 된다.

종이의 구멍 조각을 배출하는 것(FR3)은 타공심 가이드의 종이 배출 구멍의 유무(DP3)와 관계가 있다.

종이의 구멍 조각을 모을 수 있는 것(FR4)은 종이 조각 받침대 유무(DP4)와 관계가 있다.

기능요구사항(FRs)와 설계변수(DPs) 사이의 관계는 다음과 같이 식 (2)와 같이 표현된다.<sup>(4)</sup>

$$\begin{Bmatrix} FR 1 \\ FR 2 \\ FR 3 \\ FR 4 \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} DP 1 \\ DP 2 \\ DP 3 \\ DP 4 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

설계행렬 [A]는 FRs 와 DPs 의 관계에 있어서 의존관계가 있으면 X, 없으면 O로 표현된다.

기존의 3 공 천공기에 대한 설계행렬 [A]는 다음과 같이 식 (3)으로 표현된다.

$$[A] = \begin{bmatrix} \times & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \times & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \times & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \times \end{bmatrix} \quad (3)$$

위의 설계행렬 [A]로부터 기존의 3 공 천공기는 비연성설계이며, 독립공리를 만족시키는 것을 알 수 있다.

Table 2 Concepts for integration of parts

부품명 (부품번호)	본래의 부품	부품통합을 위해 도출된 개념안
핀(3)		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수량변화 : 2 -&gt;1</li> <li>· 도출방법 : 대상 부품의 변형</li> </ul>
E 링(4)		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수량변화 : 2 -&gt;1</li> <li>· 도출방법 : 관계 부품의 변형</li> </ul>
고정나사(6)		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수량변화 : 3 -&gt;1</li> <li>· 도출방법 : 관계부품의 기능 분리 및 변형(관계 세부 부품)</li> </ul>
타공심가이드		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수량변화 : 3 -&gt;1</li> <li>· 도출방법 : 대상 부품의 기능 분리 및 변형(대상 세부 부품)</li> </ul>
	 스프링	
천공모듈(5)	 C 링	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수량변화 : 3 -&gt;1</li> <li>· 도출방법 : 대상 부품의 기능 분리 및 변형(대상 세부 부품)</li> </ul>
	 타공심	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수량변화 : 3 -&gt;1</li> <li>· 도출방법 : 대상 부품의 기능 분리 및 변형(대상 세부 부품)</li> </ul>

3 공 천공기의 구성 부품을 통합하기 위해 도출된 개념안으로 몇몇 부품들이 통합은 되었지만, 기능요구사항 FR2 를 만족시킬 수 있는 설계변수 DP2 가 존재하지는 않는다.

그러나 기능요구사항 중에서 FR2 를 삭제하고 도출된 개념안(즉 3 개의 천공구멍 위치가 고정된 천공기 개념안)을 적용시킨 3 공 천공기의 기능요구사항(FRs)과 설계변수(DPs) 사이의 관계를 표현하면 다음과 같이 식 (4)로 표현되고 설계행렬 [A]는 다음과 같이 식 (5)로 표현된다.

$$\begin{Bmatrix} FR 1 \\ FR 3 \\ FR 4 \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} DP 1 \\ DP 3 \\ DP 4 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

$$[A] = \begin{bmatrix} \times & 0 & 0 \\ 0 & \times & 0 \\ 0 & 0 & \times \end{bmatrix} \quad (5)$$

기능요구사항 FR2 를 만족시키지 못했지만, 위의 설계행렬 [A]로부터 도출된 개념안을 적용시킨 3 공 천공기는 비연성설계이며, 독립공리를 만족시키는 것을 알 수 있다.

기능요구사항 FR2 를 만족시키기 위해서는 수정된 개념안을 도출하거나 관계되는 본래의 구성 부품을 그대로 사용하면 되는데, 이럴 경우에도 부품 편(3)과 부품 E 링(4)이 통합될 수 있다.

공리적 설계에서는 독립공리 외에 정보공리도 중요하다. 독립공리를 만족할수록, 즉 비연성설계가 연성설계의 정보량보다 적다.<sup>(4)</sup>

부품 통합을 위해서 도출된 개념안은 부품수를 줄일 수 있기 때문에 정보량이 줄어드는 것은 자명하다. 그러므로 공리적 설계의 정보공리 측면에서 제품을 생산하기 위한 정보량은 줄어들었기 때문에 본 연구에서 부품 통합을 위해서 도출된 개념안에 의한 설계는 좋은 설계라고 할 수 있다.<sup>(4)</sup>

#### 4. 결 론

본 연구에서는 제품을 구성하는 부품 중에서 부품 통합의 가능성이 높은 부품을 탐색하는 방법과 이 부품들을 통합하기 위한 개념안을 도출하는 방

법을 제시하였다. 제시된 방법을 이용하여 국내에서 제작된 3 공 천공기를 대상으로 부품 통합을 위한 개념안을 도출하였다. 그 결과 도출된 개념안은 제품의 기능요구조건을 일부 충족시키지 못했다.

그러나 이 문제는 새로운 개념안을 도출하거나 기존의 구성부품을 사용함으로써 해결할 수가 있는데, 문제가 되는 개념안을 기존의 구성 부품으로 그대로 사용하더라도 다른 통합 부품이 존재하기 때문에 제품 전체로 봤을 때에는 독립공리를 만족시키고 정보량도 줄이는 효과가 있었다.

그러므로 도출된 개념안을 선택적으로 사용함으로써 공리적 설계의 독립공리와 정보공리를 만족시키는 더 좋은 설계를 할 수 있다.

#### 참고문헌

- (1) Pahl, G. and Beitz, W., 1998, *Engineering Design*, Dongmyungsa, Paju-si Gyeonggi-do Korea, pp. 31~32.
- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) Suh, N. P., 2002, *Axiomatic Design*, Dongmyungsa, Paju-si Gyeonggi-do Korea, pp. 59~85.
- (5) Rekoﬀ, M. G., 1985, "On Reverse Engineering," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, Vol.15, pp. 244~252.
- (6) Otto and Kevin, N., 2001, *Product design*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, pp. 151.
- (7) Chikofsky, C., 1990, "Reverse Engineering and Design Recovery – a Taxonomy," *IEEE Software*, pp. 2~3.
- (8) Lee, B.-G. and Lee, J.-C., 2010, "On Improving the Reverse Engineering Process by Effectively Utilizing the Functional Models," *KIMST*, Vol. 13, No. 2, pp. 258~267.
- (9) Stone, R. B., Wood, K. L. and Crawford, R. H., 2000, "A Heuristic Method for Identifying Modules for Product Architectures," *Design Studies*, Vol. 21, No. 1, pp. 5~31.