

< 논문 >

## 공리적 설계에서 트리즈를 이용한 연성설계의 비연성화 과정

신광섭\* · 김용일\* · 박경진†

(2006년 7월 27일 접수, 2006년 11월 27일 심사완료)

### Decoupling Process of a Coupled Design in Axiomatic Design Using the TRIZ

Gwang-Seob Shin, Yong-Il Kim and Gyung-Jin Park

**Key Words :** Axiomatic Design(공리적설계), Independent Axiom(독립공리), TRIZ(트리즈), Theory of Inventive Problem Solving(창의적문제 해결이론)

#### Abstract

Axiomatic Design has been developed as a general design framework during past two decades and TRIZ has been developed for a design tool over 50 years. Axiomatic design is quite excellent in that design should be decoupled. When a design matrix is established, the characteristics of the design are identified according to the coupling properties. If the design is coupled, a decoupling process should be found. However, axiomatic design does not specifically indicate how to decouple a coupled design. In this research, the coupling manner is classified into six patterns. Each pattern could be solved by an appropriate TRIZ module. A table, which matches the coupling pattern and a TRIZ module, is proposed for effective application of the two design theories. The decoupling ideas are proposed by using TRIZ modules. When the number of decoupled designs is more than one, the engineer should select the final idea. The proposed method is applied to practical cases such as a tape feeder and a beam adjuster of the laser marker.

#### 1. 서론

최근 산업체에서는 독창적인 개념설계에 관심이 높아지고 있다. 그 이유는 새로운 설계를 도출하는 능력이 매우 중요해졌기 때문이다. 그러나 어떠한 방법으로 좋은 설계를 얻을 것인가에 대한 해결 방안을 찾는 것은 매우 어렵다.

공리적설계는 공학 분야에서 제시하고 있는 유용한 설계이론 중의 하나로서 크게 독립공리와 정보공리로 나눈다.<sup>(1)</sup> 독립공리는 설계의 목적을 특징지을 수 있는 최소한의 기능요구를 정의하고, 정의된 기능요구들 사이의 독립성을 항상 만족해야 함을 의미한다. 정보공리는 독립공리를 만족하는 설계들 중에서 정보량이 가장 적은 설계가 최상의 설계임을 의미하며, 설계의 우수성을 정량적으로 표현하는 방법을 제시한다.<sup>(2-3)</sup>

트리즈(TRIZ)는 수많은 특허를 통계적으로 분석하고 도출한 정보를 이용해서 창의적으로 문제의 해결책을 도출하고자 하는 과학적이고 체계적인 접근 방법이다. 이를 이용하여 각국의 우수 기업들이 상품개발에 적극 나서고 있고 좋은 결과를 얻고 있다. 국내에는 1996년에 소개되어 대기업체와 대학에서 이를 도입하여 제품 개발 단계에서의 공학적 문제 해결 및 창의적 기계설계 교육에 활용하기 시작하였다.<sup>(4-6)</sup>

전체적인 설계분석과 초기설계 도출에는 공리적설계를 활용하는 것이 유리하다.<sup>(7,8)</sup> 하지만 그 과정에서 비연성설계를 찾기 위한 모순을 해결하는 구체적인 방법을 공리적설계 방법만으로는 찾기 어려운 점이 있다. Kai<sup>(9,10)</sup>와 Kim, Cochran 등<sup>(11)</sup>은 이러한 맥락에서 트리즈의 특징을 공리적 관점에서 분석하고 상호 보완되어 사용될 가능성을 언급하였고 그 활용 예도 나오기 시작하였다.<sup>(12-15)</sup> 이러한 방법론 중에서는 트리즈의 여러 가지 모듈을 사용하여 연성설계를 비연성 설계로 찾는 과정에 활용하는 방법이 있다.<sup>(13)</sup>

본 논문에서는 공리적설계 및 트리즈를 상호

\* 한양대학교 기계공학과  
† 책임저자, 회원, 한양대학교 기계정보경영공학부  
E-mail: gjpark@hanyang.ac.kr  
TEL: (031)400-4065, FAX:(031)407-0755

보완하여 더 좋은 개념설계를 도출하기 위한 더욱 구체적인 방법에 대하여 기술하였다. 분석된 설계가 독립공리를 만족시키지 않는 경우 공리적설계의 유형을 설계방정식에 따라 6가지로 분류하고 각 설계의 유형별로 효율적으로 연결할 수 있는 트리즈 모듈에 대하여 논의하였다. 이를 정리하여 공리적설계에서 트리즈 모듈을 좀더 효율적으로 사용할 수 있는 설계유형별 트리즈 관계표를 제안하였다. 제안한 과정을 이용하여 칩마운터용 테이프피더 설계문제와, 듀얼형 레이저 마커의 보조빔 정렬장치의 설계에 적용하였다. 공리적설계로 분석하여 문제점을 명확히 하고 트리즈의 모듈을 적용하여 부분적인 문제점을 해결하면 더 좋은 개념설계안을 도출하는데 도움이 될 수 있었다. 또한 그 결과로서 각 예제에 대하여 새롭게 개선된 개념설계안을 도출할 수 있었다.

## 2. 공리적설계 및 트리즈 소개

### 2.1 공리적설계의 개요<sup>(1)</sup>

공리적설계방법(axiomatic design approach)은 설계 분야에서 일반적인 설계원리로 소개되어 왔다. 공리적설계방법에서는 설계의 대상을 기능적 영역과 물리적 영역으로 구분하고, 이들 영역간의 사상과정을 통하여 의사결정과정을 진행한다. 설계자는 기능적 영역을 구체화시키기 위해서 기능요구를 정의하고, 물리적 영역에서 각 기능요구에 대응되는 설계파라미터를 정의한다. 설계공리에서 말하는 설계란 원하는 대상과 그 대상을 얻기 위해 수행하는 방법 사이의 연속적인 상호작용을 의미한다. 즉 설계의 목적은 원하는 대상을 기능적 영역에서 정의하는 것이고, 설계의 결과는 물리적 영역에서 얻을 수 있다. 설계과정은 이들 두 영역 내에서 구현되는 동일한 계층구조(hierarchical structure) 단계에서 일어나는 영역간 상호작용을 통하여 이루어 질 수 있다. 또한, 이들 두 영역은 본질적으로 서로 독립적이다. 기능적 영역에서 정의되는 설계의 목적은 기능요구로 구체화된다. 기능요구를 만족하기 위한 설계파라미터는 물리적 영역 내에서 만들어진다. 이러한 개념을 바탕으로 하는 설계공리의 일반적인 전개과정을 Fig. 1과 같이 표현할 수 있다.

사용자가 요구하는 사항을 기능적 영역 내의 기능요구로 사상 시키고 물리적 영역 내에서 기능요구를 만족하는 설계파라미터를 구한다. 기능요구와 설계파라미터는 계층구조 형태로 분해(decomposition)할 수 있다. 이때 각 계층구조 내에

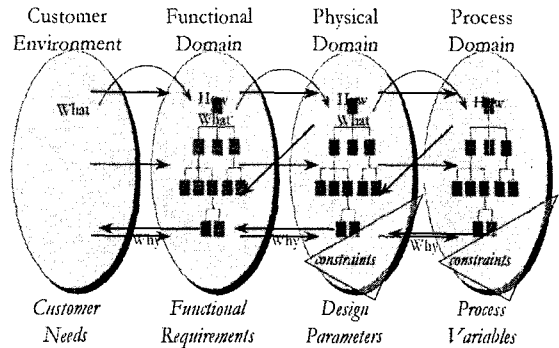


Fig. 1 Concept of domain, mapping and spaces

서 하위레벨로 분해되는 과정이 필요한 경우의 전제조건은 상위레벨에서 제시된 기능요구를 만족하는 설계파라미터를 동위레벨에서 결정해야 한다. 따라서, 설계공리를 응용한 설계 행위는 기능요구와 설계파라미터가 계층구조상 동위레벨 사이를 서로 오고 가는 지그재그(zigzagging)과정으로 진행된다. 생산변수(process variables, PVs)로 이루어진 생산 영역(process domain)으로 사상되는 과정도 기능적 영역과 물리적 영역 사이의 사상방법과 동일하다. 이러한 사상과정은 유일한 과정이 아니므로, 기능요구에 맞는 적절한 설계파라미터를 찾아내는 것은 여러 개의 해가 나올 수 있고, 많은 부분이 설계자의 손에 달려 있다. 설계공리에서 제시하는 기본 공리는 다음과 같이 두 가지가 있다.

공리1 : 독립공리(The Independence Axiom)

기능요구의 독립성을 유지하라.

공리2 : 정보공리(The Information Axiom)

설계대상의 정보량을 최소화하라.

독립공리는 설계의 목적을 특성화하는 최소한의 기능요구를 정의하고, 기능요구들 사이의 독립성을 유지해야 한다는 것을 말한다. 기능요구와 설계파라미터 사이의 사상과정을 평가하기 위하여, 설계 방정식(design equation)을 이용한 좋은 설계의 평가 기준을 제공한다. 다음은 기능적 영역 내의 기능요구와 물리적 영역내의 설계파라미터 사이의 사상 과정을 수학적으로 표현한 설계행렬(design matrix)이다.

$$\{FRs\} = [A]\{DPs\} \quad (1)$$

식 (1)에서 FRs(Functional Requirements)는 독립적인 여러 개의 기능요구로 구성된 기능요구 벡터이며 설계대상의 기능적 영역을 표현한다.

DPs(Design Parameters)는 FRs의 영향 하에서 설계 대상을 정의하는 설계파라미터 벡터이다. 또한, FRs와 DPs의 관계는 설계행렬 [A]의 곱으로 나타내고, 설계행렬 내의 각 인자  $A_{ij}$ 는 다음과 같이 표현한다.

$$A_{ij} = \frac{\partial FR_i}{\partial DP_j} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)의 수학적 정의에도 불구하고, 설계행렬 내의 요소들을 모든 경우에 대하여 정확히 표현하는 예는 많지 않다. 따라서 많은 경우에, 설계행렬 내의 각각의 요소들은 기능요구와 설계파라미터 사이의 영향 관계만을 표현한다. 표현 방법은 O와 X의 두 가지인데, O로 표기된 항목은 기능요구와 대응하는 설계파라미터 사이에 영향이 없다는 것을 의미하고, X로 표기된 항목은 영향이 있다는 것을 의미한다. 이 경우, 독립공리를 만족하기 위해서 설계행렬 [A]는 대각행렬(diagonal matrix)이나 삼각행렬(triangular matrix)이어야 한다. 설계행렬이 대각행렬인 설계를 비연성설계(uncoupled design), 설계행렬이 삼각행렬인 설계를 비연성화설계(decoupled design)라 하며, 이러한 설계는 독립공리를 만족한다. 이 외에 다른 설계행렬을 갖는 설계는 연성설계(coupled design)라 한다.

정보공리에서 정보량(Information content)은 설계의 생산물과 생산과정에 따른 기능요구를 성공적으로 얻을 확률로 정의한다.  $i$  번째의 기능요구에 대한 정보량  $I_i$ 는 식 (3)과 같이 정의한다.

$$I_i = \log_2 \frac{1}{p} \quad (3)$$

여기서,  $p$ 는 정의한  $DP_j$ 가  $FR_i$ 를 만족할 확률이다. 독립공리를 만족하는 복수의 설계안이 있을 때, 정보공리를 만족하는 최상의 설계는 가장 적은 정보량을 갖는 설계이다.<sup>(16)</sup>

## 2.2 트리즈 소개

트리즈는 구 소련에서 1946년 탄생한 발명 방법론으로 ‘발명적으로 문제를 해결하기 위한 이론’을 의미하는 지식기반 발명방법이라고 할 수 있다.<sup>(16)</sup> 즉, 우수한 발명이나 발명자가 사용한 문제 해결 원리를 자신의 문제에 응용해 문제를 해결하고 혁신을 이루고자 하는 것이다. 트리즈의 토대는 ‘기술문제에 관한 혁신적인 해결 안의 대부분은 과거의 발명사례에서 도출한 일정한 패턴이나 원리의 유추적발상으로 도출할 수 있다’는 가설이다. 이 가설을 확고히 하기 위해 특허사례의 조사

를 계속하여 금일까지 방대한 양의 특허사례 분석을 달성해 왔다.<sup>(17,18)</sup>

트리즈는 알트슐러(Altshuller) 중심으로 기법의 개발이 진행된 1980년대 중반까지의 내용과, 그 후 알트슐러의 동료가 중심이 되어 트리즈 기법을 발전시켜 현재까지 개발된 내용을 구분하여 두 가지 종류로 나눌 수 있다. 전자는 고전적 트리즈(Classical TRIZ)라고 하여 트리즈의 근간을 이루는 부분이다. 후자는 현대적 트리즈(Contemporary TRIZ)라 불리며 확장된 기법과 함께 풍부한 데이터베이스를 구비한 소프트웨어가 특징이다. 본 논문에서는 고전적 트리즈의 범위에서 연구를 수행하였다.<sup>(18)</sup>

고전적 트리즈는 여러 가지 분석 기법으로 구성되어 있다. 이 중에서 효과(effect) 모듈은 발명을 위해 물리, 화학, 기하학적인 과학원리를 발명자들이 쉽게 이용하도록 기능별로 정리한 것이다. 정리된 여러 가지 원리를 적절히 이용하면 발명자는 새로운 발명을 할 가능성이 커진다.<sup>(19)</sup>

물질 장 분석(substance-field analysis)은 문제 해결을 원하는 시스템을 모델링하기 위한 트리즈의 분석 도구 중 하나이다.<sup>(18)</sup> 모든 기술시스템의 문제는 어떤 장(field)속 물질(substance)끼리 상호작용의 발생이라는 관점에서 시스템을 상호 물질과 장으로 이루어진 삼각형 모델로 표시한다. 이 모델의 작성에 의해서 유익한 작용의 불충분도와 유해한 작용의 발생을 명확히 할 수 있으므로, 문제해결의 중요한 분석 도구라 할 수 있다.<sup>(21-23)</sup> 물질 장 분석에 의해 표현되는 문제(한 쌍의 물질과 그들 사이의 장에 있어서 작용이 유해하다든지 불충분하다든지 작용체가 결여되어 있는 경우)를 동일한 물질 장 모델을 이용하여 문제를 해결할 수 있는 방향을 나타낸 것이 소위 표준해이다. 이것은 전부 76가지 타입으로 준비되어 있다. 각 단계는 크게 물질 장 모델의 합성 및 분해에 관한 1단계부터 표준해 응용을 위한 표준인 5단계까지 구성된다. 이를 다시 세분하면 1-1절 물질 장의 합성에서 5-5절 물질입자의 획득에 관한 내용까지 18개 그룹으로 분류된다. 더 자세히는 표준해 1-1-1부터 5-5-3까지 총 76개의 표준해가 제시되어 있다. 실제의 해결안을 도출하기 위해서는 최적한 표준해를 선택하고서부터 그 표준해로부터 현실의 문제해결에 유효한 아이디어를 유추 발상할 필요가 있다. 부록에는 발명표준해에 대한 분류를 표시하였다.

아리즈(ARIZ, algorithm for Inventive problem solving)는 알트슐러에 의해 개발된 고전적인 트리즈의 최후기법으로 모든 고전적인 트리즈 기법을 문제를 보는 관점과 함께 정리한 것이라 할 수 있다. 즉, 아리즈란 엔지니어링 문제 중에서 가장 복

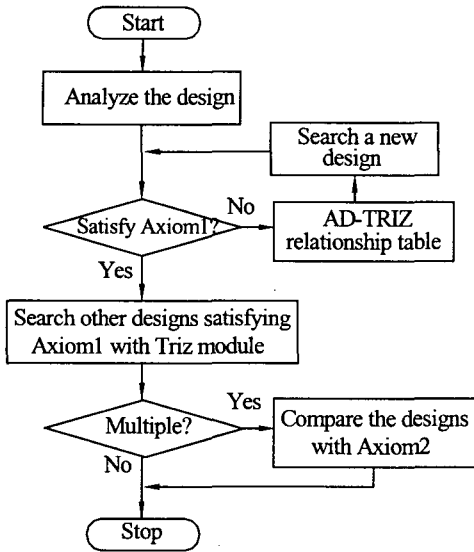


Fig. 2 Flow of the proposed design process

잡한 문제를 풀기 위한 사고 과정이다. 특히 문제나 과제를 기술적 모순으로부터 물리적 모순으로 치환하고 다시 이상적인 최종해를 명확히 하여 본질적인 문제 해결을 시도해가는 알고리즘이다. 주요 특징으로는 복잡한 문제의 모순 해결을 목표로 하고 현재 가지고 있는 자원의 효율적인 활용을 통해 문제해결을 하는 것이다. 부록에는 아리즈의 절차에 대한 것을 간단하게 표시하였으며 이에 대한 자세한 것은 참고문헌에 있다.<sup>(17-21)</sup>

### 3. 공리적설계유형에 따른 트리즈의 활용

개념설계 시 초기에 설계안을 공리적으로 분석한 결과 연성설계인 경우에 이를 더 좋은 설계유형으로 바꾸는 시도가 필요하다. 이때 설계파라미터를 추가, 변경 또는 통합하는 경우가 빈번하게 발생한다. 설계파라미터를 추가, 변경, 통합을 시도할 때 설계자의 경험에만 의존하는 방법은 좋은 설계를 도출하기에 부족한 점이 있다. 이러한 경우 더 좋은 설계안 도출을 위해 공리적설계와 트리즈를 각각 활용하는 방법과 두 가지 방법을 상호 보완하여 설계안을 도출하는 방법이 있다.

공리적설계에서의 독립공리와 정보공리, 또 트리즈를 동시에 활용하여 설계를 진행하는 전반적인 설계과정을 Fig. 2에 표시하였다. 우선 분석된 초기 설계가 독립공리를 만족시키지 않을 경우 새로운 설계안이 필요하게 된다. 이때 본 논문에서 제시한 방법

을 이용하여, 새로운 설계안을 도출할 수 있다. 즉 공리적으로 분석된 설계유형을 6가지로 구분하였는데 어떤 유형에 속하는지를 우선 찾고 각 유형과 잘 연결되는 트리즈 모듈을 적용하면 더 좋은 설계안을 찾는데 상당한 도움이 된다.

이러한 과정에서 도출된 설계안이 한 가지가 아닌 두 가지 이상이 나올 경우 복수의 설계안중 최종 설계안을 선택할 필요가 있다. 이때에는 최종 설계안을 선택하기 위하여 정보공리를 활용할 수 있다. 초기에 분석된 공리적설계의 6가지 유형과 각 유형에 대하여 적용 가능한 트리즈 모듈에 관하여 설명하면 다음과 같다.

#### 3.1 설계파라미터 부족형 연성설계 (AD1형)

공리적설계에서 발생하는 설계유형 중 식(4)와 같이 설계파라미터가 기능요구의 수보다 부족한 경우가 있다. 편의상 AD1형이라고 정의한다.

$$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{cases} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \\ O & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \end{cases} \quad (4)$$

이러한 AD1형의 경우 부족한 설계파라미터를 조정하여도 좋은 설계를 도출하기는 힘들다. 좋은 설계를 위해서는 설계파라미터를 추가하여야 하는데 적용가능한 트리즈의 모듈로는 우선 과학기술 효과(effect)모듈이 있는데 이는 여러 가지 과학기술 법칙을 재사용이 가능하도록 새롭게 분류한 것이다. 두 번째로 기존의 설계파라미터를 분리하여 추가하는 경우가 있는데 이때에는 트리즈의 분리의원칙(Seperation rule)을 활용하면 도움이 된다.

또는 물질 장 모델(Su-Field Model, SFM)의 76가지 표준해그룹을 활용할 수 있는데 그 중에서도 다음과 같은 표준해의 5그룹이 더욱 잘 적용될 수 있다.

1) 표준해그룹 5-1: 트리즈의 표준해 18개의 그룹 분류 중 한 가지인 그룹 5-1은 제약조건 하에서 물질을 도입하는 것으로 예를 들어 표준해 5-1-4에서 팽창하는 구조의 진공이나 거품 등을 도입하는 방법이다. 사고난 비행기를 견인하는 문제에서 팽창하는 백을 이용하여 견인하는 경우가 이에 해당된다.

2) 표준해그룹 5-2: 제약조건 하에서 장을 도입하는 것인데 예를 들면 표준해 5-2-1에서 이미 존재하고 있는 장을 우선적으로 이용하는 방법이 있다. 액체산소안에 가스가 들어 있을 경우 액체를 회전 운동 시키면 가스가 분리되는 경우이다.

3) 표준해그룹 5.4: 물리 효과를 활용하는 것인데 예를 들면 표준해 5-4-1에서 하나의 객체가 다른

물리적 상태를 교류해야 할 때 객체 스스로 전이를 수행하는 방법이다. 열에 민감한 밸브를 만들기 위해 형상 기억 합금을 사용하는 경우가 이에 해당된다. 여기서 표준해에 대한 자세한 사항은 참고문헌에 있다.<sup>(21)</sup>

### 3.2 기능요구 추가형 비연성설계 (AD2형)

공리적설계에서 발생 가능한 설계 중 식 (5)와 같은 설계는 기능요구 별 독립성을 만족시킨다. 하지만 기능요구 분석 중 신규로 추가된 새로운 기능요구  $FR_3$ 가 발생하여 이를 만족시키는 설계 파라미터가 필요한 경우가 있다.

$$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ (FR_3) \end{cases} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \\ (O) & (O) \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \end{cases} \quad (5)$$

이러한 경우를 AD2형이라 정의하고 이때에도 새로운 기능요구와 함께 이를 만족시키는 설계파라미터를 추가하여야 한다. 이때 연결가능한 트리즈 모듈로는 물질 장 모델 중에서도 다음과 같은 항목이 잘 적용될 수 있다.

1) 과학기술효과(effect): 신규 아이디어 생성을 위한 설계파라미터 추가를 위해 과학기술효과 모듈이 사용될 수 있다. 과학기술효과 모듈은 발명을 위해 물리, 화학, 기하학적인 과학 원리를 발명자들이 쉽게 이용하도록 기능별로 정리한 것이다. 예를 들면 물체의 냉각에는 단열팽창, 상 변화, 줄-튐슨효과, 랭크효과(Ranque Effect), 자기 열량효과, 열 전자 현상등의 원리가 사용될 수 있는데 이를 참고하면 새로운 설계파라미터 도출에 도움이 된다.

2) 표준해그룹 1 : 물질 장 모델을 합성하여 해결하는 내용을 포함하고 있다. 예를 들어 표준해 1-1-2의 내용은 주어진 물질에 첨가제를 도입하는 것이 가능한 경우에 복합 물질 장 모델로 전이시켜 해결한다. 매우 작은 액체방울을 검출하는 것이 추가로 필요한 문제에서 사전에 액체에 형광물질을 첨가하면 빛을 사용하여 검출, 문제를 해결하는 경우가 이에 해당된다.

이외에도 설계파라미터를 추가하는 경우 새로운 측정시스템을 합성하는 내용을 가진 표준해 그룹 4를 이용하는 방법이 있다.

### 3.3 불충분한 시스템형 비연성화 설계 (AD3형)

설계방정식이 식 (6)과 같은 특징을 가진 설계는  $DP_2$ 가 결정되면  $DP_3$ 의 변동으로  $FR_3$ 를 향상시킬 수 있지만 그 범위가 제한적이고 불충분한 경

우로 AD3형으로 정의한다.

$$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{cases} = \begin{bmatrix} X & O & O \\ O & X & O \\ O & X & x \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{cases} \quad (6)$$

이러한 경우 불충분한 설계파라미터를 변경 또는 강화할 필요가 있다. 이때 잘 연결되는 트리즈 기법으로는 물질 장 모델의 3 그룹이 있는데 여기에는 불충분한 시스템의 효율을 강화하는 내용을 포함하고 있다. 다음으로 물질 장 모델의 2 그룹에는 물질 장 모델의 진화에 관한 내용을 포함하는데 이러한 내용을 본 유형의 설계에 잘 활용할 수 있다. 또한 한 가지 설계파라미터가 한 가지의 기능요구는 향상시킴과 동시에 다른 기능을 악화시킨다는 면에서는 트리즈의 기술적 모순에 해당하여 이때에는 모순매트릭스와 발명원리를 활용하는 방법도 있다.

예를 들어 물질 장 모델 3 그룹의 표준해 3-2-1의 내용은 시스템의 효율이 매크로 수준에서 마이크로 수준으로 전이하여 강화된다는 내용이다. 미세나사를 이용하여 기구적으로 제어하는 것보다 금속봉의 열팽창을 사용하면 더욱 미세한 조정이 가능하다는 내용이다. 표준해 그룹 중 2 그룹이 사용되는 예를 들면 2-1 에는 복잡 물질 장 모델로의 전이에 관한 내용이 있다. 이 중 표준해 2-1-1의 내용은 독립적으로 제어되는 물질 장으로 변화되고 연결되는 물질 장 모델을 형성하는 경우 효율은 강화된다는 내용이다.

### 3.4 기술적 모순형 연성설계 (AD4형)

트리즈에서 기술적 모순은 원하는 한 가지 특성을 향상시키면 다른 특성이 악화될 때 이를 기술적 모순이라고 한다.<sup>(17)</sup> 식 (7)과 같이 연성설계 중 연관된 기능요구  $FR_2$ 를 향상시키기 위해  $DP_2$ 를 변경하면  $FR_2$ 는 향상되지만  $FR_3$ 는 악화되는 특징을 가질 때 이를 기술적 모순형인 AD4 유형으로 정의한다.

$$\begin{cases} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{cases} = \begin{bmatrix} X & O & O \\ O & X & X \\ O & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{cases} \quad (7)$$

이러한 AD4형 연성 설계는 독립공리를 만족시키는 다른 설계파라미터를 찾아야 하는데 이때 트리즈의 모순매트릭스와 발명원리를 활용하는 방법이 있다. 모순 매트릭스는 문제의 상황에서 개선되는 특성과 악화되는 특성을 선택하고 모순매트

릭스를 이용해 교차되는 곳의 발명원리를 이용하여 개념적 해결을 도출하는 것이다. 예를 들어 전기스위치의 신뢰도를 향상시키기 위해 스위치 부품을 크게 하면 길이가 늘어나 장착이 어려운 경우가 있다. 이때 향상되는 특성인 신뢰도와 약화되는 특성인 움직이는 물체의 길이를 정하고 모순매트릭스에서 교차되는 곳의 발명원리를 찾는다. 교차되는 곳의 발명원리는 동역학수준, 예비반작용, 구형화, 비대칭의 원리이다. 이러한 원리 및 그에 대한 사례를 참고하면 새로운 설계안을 구상하는데 상당한 도움이 된다.

### 3.5 설계파라미터 초과형 설계(AD5형)

공리적설계에서 발생하는 설계유형 중 식 (8)과 같이 설계파라미터의 수가 기능요구의 수보다 많은 경우가 있다. 이러한 유형을 AD5형이라고 정의한다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O & O & O \\ O & X & O & O \\ O & O & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

이러한 유형의 설계는 초과된 설계파라미터의 수를 통합할 필요가 있다. 이러한 설계파라미터와 통합과 연관된 트리즈의 기법으로 먼저 물질장 모델에서 표준해 3 그룹에서 나오는 이중체계와 다중 체계로의 전이에 관한 부분이다. 여기에서는 부품의 삭감을 통한 효율의 강화에 대한 내용이 나오는데 설계파라미터를 통합할 때 이러한 표준해를 이용하여 통합하는 방법이 있다. 예를 들면 전류 및 전압이 각각 표시되는 계측판의 문제에서 이러한 이중체계와 다중 체계로의 전이를 활용하여 통합계기판으로 변경하는 방법이 있다.

두 번째로 방법으로 기술시스템 진화패턴에 관한 내용 중 이상성증가의 법칙에 관한 내용을 활용할 수 있다. 이상성이라 함은 시스템의 유익기능(useful function)의 합계를 그 시스템의 유해작용(harmful effect)의 합계로 나눈 비율로서 정의된다. 유익기능에는 기술시스템에 의한 모든 가치 있는 결과가 포함된다. 한편 유해작용에는 기술시스템의 비용, 시스템이 점유하는 공간, 시스템이 소비하는 연료, 시스템이 만들어 내는 소음, 폐기물 등이 포함된다. 이러한 이상성의 증가 원리를 활용하여 설계파라미터를 통합할 때 불필요한 자원을 줄여 이상성을 증가시키는 방향으로 설계를 유도할 수 있다.

### 3.6 복합형 설계(AD6형)

복합형 설계는 식 (9)와 같이 두 곳 이상의 설계파라미터가 복잡하게 연성이 된 경우를 AD6형으로 구분한다. 이러한 유형의 설계는 복잡

인 문제를 분해하여 해결하거나 또는 여러 가지 기법을 복합하여 적용할 필요가 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O & O \\ X & O & X \\ X & X & O \\ O & O & x \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (9)$$

먼저 트리즈의 아리즈(ARIZ)를 활용할 수 있는데 이는 러시아어로 문제해결의 알고리즘이라는 의미이며, 해결해야 할 문제의 본질을 적절하게 분석, 파악하여 혁신적인 해결안을 도출하기 위한 프로세스이다. 트리즈의 어느 한 가지 기법을 단독으로 활용하는 것으로는 해결되지 않는 복잡한 기술시스템 문제해결에 활용되므로 이러한 복합유형의 설계에 활용할 수 있다.

두 번째로 물질장 모델의 표준해 1 그룹에 나오는 물질장 모델의 분해에 관한 내용을 활용하는 방법이다. 이러한 표준해의 내용은 복합형 설계를 분해할 때 활용될 수 있다. 예를 들어 표준해 1-2의 물질장 모델의 분해에 관한 내용은 물질장 모델을 분해하는 방법으로 물질절연체로부터 유해 작용을 격리하는 방법, 반대 장으로 유해작용을 막는 방법, 유해작용을 유인하는 안전물질로 보호하는 방법, 물질이 유해작용에 민감하지 않도록 수정하는 방법 등을 제안한다.

Table 1 AD-TRIZ relationship table

Axiomatic Design Pattern	Related TRIZ modules
AD1	Effect, SFM class 5, Separation rules
AD2	Effect, SFM class 1, class 4
AD3	SFM class 3, class 2 Inventive principles
AD4	Contradiction table, Inventive principles
AD5	SFM class 3, Laws of evolution
AD6	ARIZ, SFM Class 1

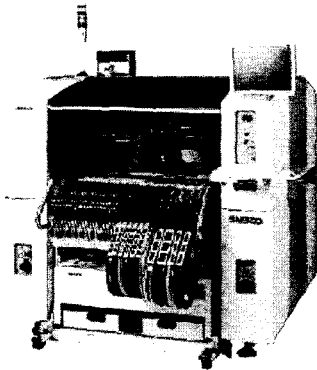


Fig. 3 Chip mounter

이상 6 가지로 구분된 공리적설계 유형별 트리즈 활용 안을 정리하면 Table 1 과 같이 정리하여 표시할 수 있다. 각 유형별로 해당되는 예제는 자세히 표현한 논문에 별도로 기술하였다.<sup>(22)</sup> 이러한 관계표를 활용하면 공리적설계에서 연성설계 시 보다 효율적으로 비연성설계 또는 비연성화설계 등의 더 좋은 설계를 찾는 데 상당한 도움이 된다.

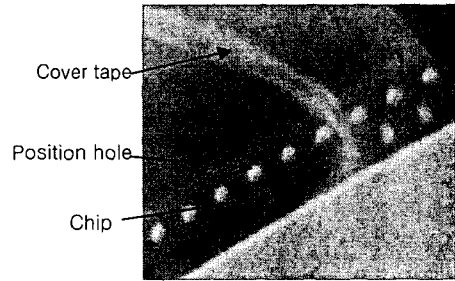


Fig. 4 Cover tape and Chip

#### 4. 공리적설계 유형별 트리즈 활용 설계

##### 4.1 테이프피더(tape feeder)의 개선 설계

테이프피더는 회로기판위에 다양한종류의 전자 부품을 장착하기 위한 기구인데 Fig. 3과 같은 칩마운터에 포함되어 부품을 공급하는 기능을 구현한다. 칩마운터에 장착 될 부품이 담긴 릴 테이프는 Fig. 4와 같이 릴 테이프 안에 부품이 담겨있고 그 위로는 커버테이프(cover tape)가 위치한다. 테이프피더(tape feeder)는 부품을 공급하기 위해 커버테이프를 벗겨내고 부품을 일정한 위치에 공급하여 칩마운터 헤드가 부품을 연속으로 잡을 수 있게 하는 장치로 Fig. 5와 같은 모양이다. 이러한 테이프피더의 설계분석을 위해 먼저 공리적으로 기능요구와, 설계파라미터를 정의하면 각각 다음과 같고 각 설계파라미터의 위치가 Fig. 5에 표시되었다.

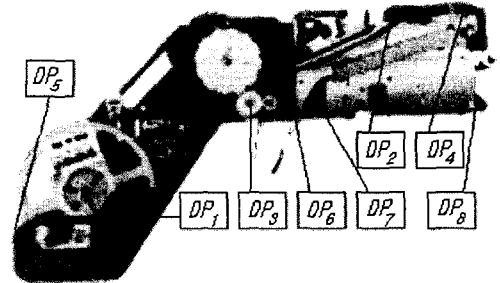


Fig. 5 Tape Feeder and DPs

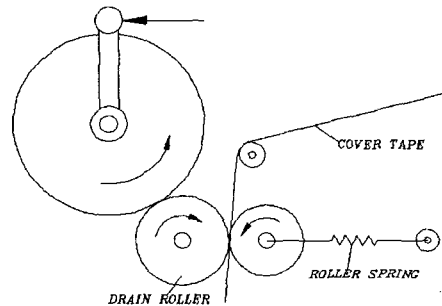


Fig. 6 Old concept of tape feeder

- FR<sub>1</sub>: 릴을 장착한다
- FR<sub>2</sub>: 부품을 픽업위치에 고정시킨다
- FR<sub>3</sub>: 커버테이프를 벗긴다
- FR<sub>4</sub>: 부품을 피치만큼 정확하게 이동시킨다
- FR<sub>5</sub>: 부품이 소모된 릴을 교환한다
- FR<sub>6</sub>: 폐 테이프를 일정한 위치로 보낸다
- FR<sub>7</sub>: 커버테이프를 일정한 위치로 보낸다
- FR<sub>8</sub>: 피치를 전환할 수 있어야 한다

- DP<sub>1</sub>: 릴 포켓
- DP<sub>2</sub>: 테이프 가이드
- DP<sub>3</sub>: 배출롤러
- DP<sub>4</sub>: 스프로킷,라켓
- DP<sub>5</sub>: 포켓 후면
- DP<sub>6</sub>: 메인프레임 배출구
- DP<sub>7</sub>: 릴 플레이트 포스트
- DP<sub>8</sub>: 푸시 레버 링크

또한 이에 대한 설계 방정식은 식 (10)과 같이 분석된다. 설계 방정식에서 연성된 부분은 Fig. 6

에서 볼 수 있는  $FR_3$ 과  $FR_4$ 에서의 연결 부이다.  $FR_3$ 은 테이프 부품을 덮어주는 커버테이프를 벗기는 기능인데 이러한 커버테이프를 벗길 때 신뢰성 있게 잡기 위하여 충분한 힘으로 커버테이프를 잡으면 연결된 부품의 테이프 부분에 힘이 전달되어 부품의 정확한 공급을 위한 위치가 흔들려 좋지 않은 영향을 준다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \\ FR_6 \\ FR_7 \\ FR_8 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \\ DP_6 \\ DP_7 \\ DP_8 \end{Bmatrix} \quad (10)$$

즉 부품의 정확한 위치를 유지하기 위해서는 커버테이프를 약하게 당겨야 하지만 이때는 커버테이프 벗김의 신뢰성이 떨어져 커버테이프를 벗기지 못하고, 커버테이프 벗김을 신뢰성 있게 세게 잡아 당기면 고정된 부품의 위치가 흔들리는 문제가 발생한다.

이는 공리적설계 유형 중 기술적 모순과 관계된 AD4형에 속한다. 이에 따라 모순매트릭스와 발명원리<sup>(16)</sup>를 활용하여 개선할 설계안 도출을 시도할 수 있다. 이때 향상되는 특성을 27번 특성인 신뢰도로 하고 악화되는 특성을 4번 특성인 고정된 물체의 길이로 정하였다. 모순매트릭스에서 두 가지 특성에 따른 발명원리는 5번 동역학 수준, 29번 공기 및 유체시스템, 28번 재설계, 12번 동일전위의 원리이다. 각 발명원리에 연결된 사례를 참고하여 설계안을 구상할 수 있다. 이 중 15번 동역학 수준의 발명원리는 물체의 특성이나 외부 환경을 각 동작 단계마다 최상이 되도록 가변 시키

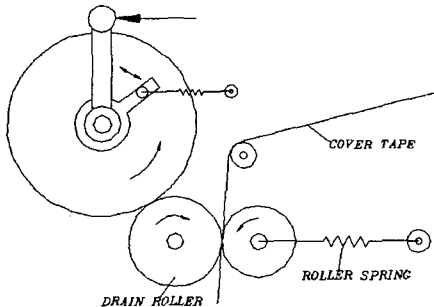


Fig. 7 New concept of the tape feeder

는 원리로 자동차 전동거울, 의자, 핸들 조정장치 등의 사례가 있다.

이러한 동역학 수준의 원리를 사용하여 새로운 설계안을 구상한 결과 Fig. 7의 왼쪽 윗부분과 같이 커버테이프를 당기면서 테이프의 위치를 전진시키는 링크가 분리되도록 설계하는 방안을 도출할 수 있었다. 이러한 방법을 사용하면 드레인롤러(drain roller)가 커버테이프를 미는 힘과 커버테이프를 회전하게 하는 힘을 각각 다르게 조절할 수 있게 한다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \\ FR_6 \\ FR_7 \\ FR_8 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \\ DP_6 \\ DP_7 \\ DP_8 \end{Bmatrix} \quad (11)$$

(DP\*<sub>3</sub> : New DP<sub>3</sub>)

즉 커버 테이프를 신뢰성 있게 잡는 힘과 이를 벗기기 위해 당기는 힘을 분리하여 조절할 수 있다. 당기는 힘을 조정하여도 분리된 링크로 인하여 힘이 부품의 위치까지 전달되지 않아 정확한 위치를 유지할 수 있는 설계안이다. 이러한 개념 설계 안에 대한 설계방정식은 식 (11)과 같이 되어 비연성화설계 임을 알 수 있었고 보다 우수한 개념설계안으로 채택되었다.

#### 4.2 레이저 마커의 빔 정렬장치 설계

레이저 마커의 빔 정렬장치는 마킹 확인용 다이오드 레이저를 이미 정렬된 마킹용 YAG 레이저의 경로에 정확히 일치시키는 역할을 한다.<sup>(23)</sup>

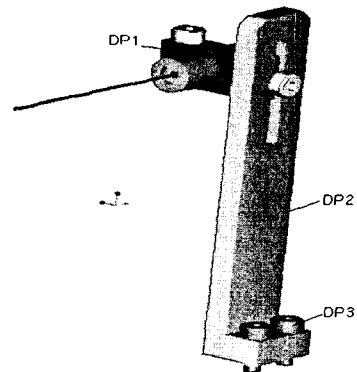


Fig. 8 Beam adjuster and DPs



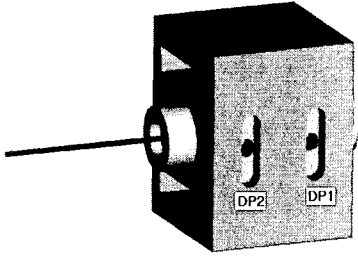


Fig. 9 New design concept #1

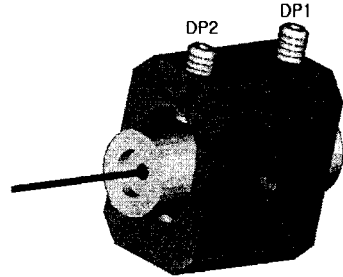


Fig. 10 New design concept #2

이를 위하여, 빔 정렬장치의 수직·수평의 위치 및 각도를 조정하여 올바른 마킹 기준점에 정렬해야 한다. 그러나 정렬장치는 미세한 가공오차에 따라 정렬하기가 어려운 경우가 많다. 이러한 문제점은 단순히 정밀한 부품을 사용하거나 많은 조립시간을 투자하여도 해결되지 않는 경우가 많다. 그러므로 정렬장치의 위치 및 각도를 정확히 조정할 수 있는 설계가 요구된다. 이와 같은 빔 정렬장치의 기능요구와 제한조건(C<sub>s</sub>)을 정의하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- FR<sub>1</sub>: 빔의 수직 위치를 정렬시킨다.
- FR<sub>2</sub>: 빔의 수직 각도를 정렬시킨다.
- FR<sub>3</sub>: 빔의 수평 위치를 정렬시킨다.
- FR<sub>4</sub>: 빔의 수평 각도를 정렬시킨다.
- FR<sub>5</sub>: 빔의 위치를 고정시킨다.

- C<sub>1</sub>: 주어진 작은 공간
- C<sub>2</sub>: 제작비용

- DP<sub>1</sub>: 수직 이동 블록
- DP<sub>2</sub>: 지지 블록
- DP<sub>3</sub>: 하단 나사

Fig. 8과 같은 초기 설계에 대한 설계행렬은 식 (12)와 같이 5개의 기능요구를 설계파라미터 3개로 조정해야 하는 연성설계임을 알 수 있었다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O & O \\ X & O & O \\ O & X & O \\ O & X & O \\ O & O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (12)$$

이러한 설계에서 수직 위치를 정렬하고 싶을 때 수직 이동 블록을 움직여야 하므로 이미 설정된 수직 각도가 같이 변동된다. 마찬가지로 수평

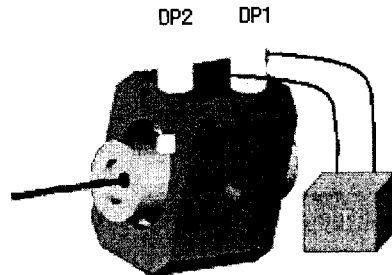


Fig. 11 New design concept #3

위치를 정렬할 때 수평 각도에도 영향을 미쳐 이를 동시에 정렬하기가 매우 어려운 구조로 되어있다. 위 식을 분리하면 식 (13)과 같이 공리적설계 파라미터가 부족한 설계유형 AD1형에 해당된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ X \end{bmatrix} \{DP_1\} \quad (13)$$

개선된 설계안을 도출하기 위해서 연결되는 트리즈 모듈을 적용해 보면 Table 1에서 해당되는 모듈 중 물질 장모델 5그룹이 있다. 이 중에서 5-1-2의 내용은 시스템을 요구하는 수준으로 변화시키는 것이 어려운 조건에서 도구를 상호 작용하는 세분화된 요소로 변경하여 적용한다는 내용이다. 이러한 내용을 적용하여 수직 위치와 수직 각도를 결정하기 위한 설계파라미터가 따로 구분되는 새로운 개념을 도출하면 Fig. 9와 같은 기본적인 첫 번째 설계안을 얻을 수 있다.

제안된 첫 번째 설계안은 Fig. 9에서 보이는 것과 같이 빔의 시작하는 수직 위치를 조절할 수 있는 뒤쪽 체결부와 수직 각도를 조절할 수 있는 앞쪽 체결부로 나뉘어진 설계파라미터를 가지고 있다.

이에 대한 설계행렬을 구성하면 식 (14)와 같이 된다. 이는 이미 사용되고 있는 설계와 달리 비연성화설계(decoupled design)가 된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix} \quad (14)$$

이는 설계방정식의 비대각요소가 비교적 큰 점에서 공리적설계유형 AD3 형에 해당된다. 첫 번째 개념설계안이 도출되었지만 다시 이러한 설계유형에 연결되는 트리즈 모듈을 참고하여 더 좋은 다른 설계 개선안을 도출 할 수도 있다.

다시 연결되는 트리즈 모듈을 사용하여 더 좋은 설계안의 도출을 시도하면 다음과 같다. Table 1에서 연결되는 모듈 중에서 물질 장 모델 3 그룹의 3-2 는 시스템 개발의 어떤단계에서 시스템의 효율은 매크로 수준에서 마이크로 수준으로 전이하여 강화된다는 내용이다.

이와 같은 내용을 참고하여 설계안을 다시 도출할 수 있는데 이를 이용하여 도출된 새로운 개념설계안이 Fig. 10과 Fig. 11이다. 두 가지 설계안 역시 빔의 수직 시작위치를 조정하는 뒤쪽 나사부와 빔의 수직 각도를 조절하는 앞쪽 나사부가 분리되어 있다. 두 번째 설계안인 Fig. 10과 같은 설계안이 Fig. 9와 다른 점은 마이크로 수준으로 전이하여 강화된다는 내용을 고려하여 빔의 각 위치를 직접 이동시키지 않고 나사를 이용하여 작은 양만큼 조절할 수 있다는 점이다. 세 번째 설계안은 Fig. 11과 같이 위치를 더욱 미세한 수준으로 조절할 수 있다. 즉 나사대신 온도가 조절되는 코일을 부착하여 조정용 금속봉의 길이를 열팽창과 온도제어 방법으로 조정하는 설계안이다. 이때 나사 조정 방법보다 더욱 미세한 수준의 위치를 결정할 수 있다.

도출된 세 가지 설계안중 최종적인 한 가지 설계안을 선택하는 문제가 남았다. 먼저 제한조건을 검토하면 도출된 세 가지 설계안 중 세 번째 설계안은 열 발생 코일을 부착하는 부분에서 제한조건인 제작비용을 초과하는 비용이 소요되어 우선 제외되었다.

남은 두개의 설계안중 우수한 설계를 선택하기 위하여 정보공리를 이용하여 비교하는 방법을 사용하였다. 두 개의 정보량을 비교한 결과 두 번째 설계안의 정보량이 더 적은 것으로 계산되어<sup>(25,26)</sup> 두 번째 설계안을 최종 개념 설계안으로 선택하였다. 이러한 개념 설계를 확장하여 Fig. 12와 같은 설계안을 적용한 결과 조정 정확도 및 조정시간

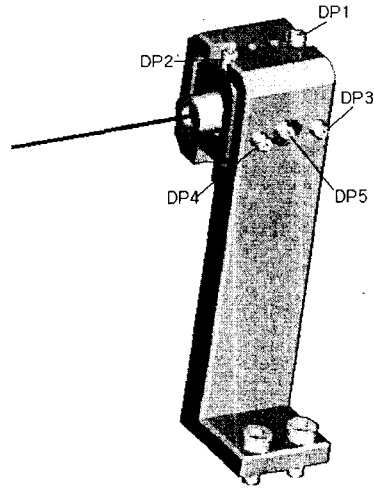


Fig. 12 Expanded final design concept

에서 우수한 설계임이 판명되어 실 제품에 적용되었다.

## 5. 결론

최근 들어 공학적인 설계(engineering design)안이 몇 가지 제시되고 있고 설계방법을 개선하려는 노력이 제기되고 있다. 이러한 맥락에서 설계에 대한 이론의 적용을 통해 보다 효과적이고 좋은 설계를 도출해 내는 방법에 대하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 공리적설계에서 연성설계로 분석될 때 트리즈 모듈을 효과적으로 이용하여 개념설계를 도출할 수 있는 설계과정을 순서도로 표시하였다.

(2) 공리적설계의 유형을 설계방정식 및 특징에 따라 6가지로 분류하였다. 각각의 유형별로 잘 연결될 수 있는 트리즈 모듈을 찾고 향후 효율적인 활용을 위해 이를 표로 표시하였다.

(3) 제안된 설계순서도를 사용하여 칩마운터용 테이프피더의 개념설계안을 도출하였다. 초기 설계가 연성설계로 분석되어 제안된 관계표의 연성설계 유형에 해당하는 트리즈 모듈을 찾아 이를 설계안 도출에 활용한 결과 우수한 개념설계안이 도출되었다.

(4) 레이저마커에 사용되는 보조 빔 정렬장치 설계 문제에서 제안된 공리적설계과정 및 연결표를 사용하여 3가지의 새로운 설계안을 도출하였다. 도출된 설계안중 제한조건 및 정보량을 고려

하여 최종설계안을 결정하였고 이는 우수한 설계로 채택되어 실 제품에 적용되었다.

## 후 기

이 연구는 한국과학재단지정 최적설계신기술센터의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- (1) Suh, N.P., 1990, *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York.
- (2) Suh, N.P., 2001, *Axiomatic Design: Advances and Applications*, Oxford University Press.
- (3) Do, S.H. and Park, G.J., 1996, "Application of Design Axioms for Glass-Bulb Design and Software Development for Design Automation," *Transactions of the ASME, J. of Mechanical design*, September, Vol. 123, No. 3, pp. 322-329.
- (4) Savransky, S.D., 2000 *Engineering of Creativity*, CRC Press, New York.
- (5) Altshuller, G., Shulyak, L., Fedoseev, U., 1998, *40 Principles Triz Key to Technical Innovation*, Technical Innovation Center Inc., Worcester.
- (6) Lee, K.W., 2002, "Development of Mosquito Trap with Effect of Air Cleaning by Using Theory of Inventive Problem Solving(TRIZ)," *Journal of KSPE*, Vol. 19, No. 6, pp. 155-159. (in Korean)
- (7) Lee, K.W. and Park, G.J., 2000, "A Structural Optimization Methodology Using the Independence Axiom," *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers (A)*, October, Vol. 24, No. 10, pp. 2438~2450. (in Korean)
- (8) Shin, M.K., Hong, S.W., and Park, G.J., 2001, "Axiomatic Design of the Motor Driven Tilt/Telescopic Steering System for Safety and Vibration," *Journal of Automobile Engineering*, August, Vol. 215, No. 2, pp. 179-187.
- (9) Kai, Y., Hongwei, Z., 2000, "Compatibility Analysis and Case Studies of Axiomatic Design and TRIZ," *TRIZ Journal*, August.
- (10) Kai, Y., Hongwei, Z., 2000 "Enhancing Robust Design with the Aid of TRIZ and Axiomatic Design," 2000, *International Conference on Axiomatic Design*, June21-23, No.11, Cambridge, USA.
- (11) Kim, Y.S., and Cochran, D.S., 2000, "Reviewing TRIZ from the perspective of the Axiomatic Design," *Journal of Engineering Design*, Vol 11, No. 1, pp. 79~94.
- (12) Kai, Y., 2004, "The method for uncoupling design by contradiction matrix of TRIZ, and case study" *ICAD 2004 Third International Conference on Axiomatic Design*, No.11, Seoul, Korea.
- (13) Shin, G.S. and Park, G.J., 2004, "Conceptual Design of a Beam Splitter for the Laser Marker Using Axiomatic Design and Triz," *Journal of KSPE*, Vol. 21, No. 5, pp. 166~173.(in Korean)
- (14) Lee, K.W. and Ahn, Y.J., 2005, "Mutual Compensation of TRIZ and Axiomatic Design," *First published in the proceedings of the European TRIZ Association Conference*, Austria.
- (15) Park, K. and Kim, J.M., 2006, "Application of TRIZ and axiomatic design to traditional design process," *Journal of CAD/CAM*, pp. 1009~1014
- (16) Frey, D.D., Jahangir, E., Engelhardt, F., 2000, "Computing the Information Content of Decoupled Designs," *First International Conference on Axiomatic Design, Proceedings of ICAD2000*, pp. 151~159.
- (17) Altshuller, G.S., 1999, *The innovation Algorithm*, Technical Innovation Center, Worcester.
- (18) Savransky, S.D., 2000, *Engineering of Creativity: Introduction of TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*, CRC Press, Boca Raton.
- (19) Kim, I.C., 2001, *The Formula of Invention and Patent*, HyunsilGwa Miraesa, Seoul.(in Korean)
- (20) Park, Y.T., Park, S.D., 1999, *Science of Invention and Patent*, HyunsilGwa Miraesa, Seoul, 1999.(in Korean)
- (21) Lee, H.S., Lee, K.W., 2001, "Design of Super Water-Saving Toilet System by Solving Physical Contradiction in Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)," *Journal of Korea CAD/CAM*, Vol. 6, No. 3, pp. 193-197. (in Korean)
- (22) Mann, D.L., 1999, "Axiomatic Design and TRIZ: Compatibility and Contradictions," *TRIZ Journal*, June and July.
- (23) Salamatov, Y., 1999, *TRIZ: The Right Solution at the Right Time: A Guide to Innovative Problem*, Insytec B.V.
- (24) Shin, G.S., 2006, "Decoupling Process of a Coupled Design Using the TRIZ Module," Ph.D.Thesis, Hanyang University, Seoul. (in Korean)
- (25) Shin, G.S., Yi, J.W., Kang, B.S. and Park, G.J., 2002, "Axiomatic Design of a Beam Adjuster for a Laser Marker," *ICAD 2002 Second International Conference on Axiomatic Design*, MIT, USA.
- (26) Park, G.J., 2006, *Analytic Methods for Design Practice*, Springer-Verlag, New York.(in preparation)

## 부 록

### 1. 발명 표준해 76 의 분류<sup>(19)</sup>

- Class 1 : SFMs 의 합성 및 분해  
 그룹 1-1 : SFM 의 합성  
 그룹 1-2 : SFM 의 분해

**Class 2 : SFMs 의 진화**

- 그룹 2-1 : 복잡 SFMs 으로의 전이
- 그룹 2-2 : SFM 의 진화
- 그룹 2-3 : 리듬조화에 의한 진화
- 그룹 2-4 : 페로-마그네틱 SFMs

**Class 3 : 상위 시스템과 미세수준으로의 전이**

- 그룹 3-1 : 이중체계와 다중 체계로의 전이
- 그룹 3-2 : 미세수준으로의 전이

**Class 4 : 측정 및 검출원칙**

- 그룹 4-1 : 측정 검출 대신에 시스템 변경
- 그룹 4-2 : 측정시스템의 합성
- 그룹 4-3 : 측정 시스템의 강화
- 그룹 4-2 : 페로-마그네틱 측정 시스템으로의 전이
- 그룹 4-5 : 측정시스템의 진화

**Class 5 : 새로운 물질과 장의 도입**

- 그룹 5-1 : 물질(substance)의 도입
- 그룹 5-2 : 장(fields)의 도입
- 그룹 5-3 : 상태전이(phase transition)의 활용
- 그룹 5-4 : 물리효과의 활용
- 그룹 5-5 : 물질 입자의 획득

**2. ARIZ92 의 활용절차 <sup>(19)</sup>**

- 1 단계 : 기술적 모순의 정의
- 2 단계 : 초기 물리적 모순의 정의
- 3 단계 : 대립점의 명확화
- 4 단계 : 물질-장 모델의 작성
- 5 단계 : 대립 영역과 유효자원의 분석
- 6 단계 : S.L.P(smart little people)모델의 활용
- 7 단계 : 최종 이상해의 정의
- 8 단계 : 주요한 물리적 모순의 재정의
- 9 단계 : 유해 요인의 제거