

TRIZ 를 도입한 공리적 설계방법에 의한 레이저 마커의 빔 분해기 개념설계

신광섭*, 박경진#

Conceptual Design of a Beam Splitter for the Laser Marker Using Axiomatic Design and Triz

Gwang Seob Shin* and Gyung Jin Park#

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 the design should be decoupled. When a design matrix is established, the characteristics of the design are identified concerning the coupling properties. If the design is coupled, a decoupling process should be found. However, axiomatic design does not specifically indicate how to decouple. In this paper, a design method is developed to use TRIZ in the decoupling process. The decoupling ideas are extracted from the substance field analysis and various methods in TRIZ. The method is applied applied to the conceptual design of a beam splitter for the laser marker and the results are analyzed.

Key Words : Axiomatic Design(공리적 설계), TRIZ(트리즈), Theory of inventive problem solving(창의적문제해결 이론), Laser Marker(레이저 마커), Independent Axiom(독립공리)

1. 서론

빠르게 변화하는 환경에 적응하며 경쟁력을 향상시키기 위해서 최근 산업체에서는 독창적인 개념설계에 관심을 높이고 있다. 새로운 설계를 도출하는 능력이 매우 중요해 졌기 때문이다. 그러나 어떠한 방법으로 좋은 설계를 얻을 것인가에 대한 해결 방안을 찾는 것은 매우 어렵다.

공리적 설계는 공학 분야에서 제시하고 있는 유용한 설계 이론 중의 하나로서 크게 독립 공리와 정보 공리로 나눈다.¹ 독립공리는 설계의 목적

을 특징지을 수 있는 최소한의 기능요구를 정의하고, 정의된 기능 요구들 사이의 독립성을 항상 만족해야 한다. 정보공리는 독립공리를 만족하는 설계들 중에서 정보량이 가장 적은 설계가 최상의 설계임을 의미하며, 설계의 우수성을 정량적으로 표현하는 방법을 제시한다.^{1,3}

TRIZ 는 수많은 특허를 통계적으로 분석하고 도출한 정보를 이용해서 창의적으로 문제의 해결책을 도출하고자 하는 과학적이고 체계적인 접근 방법이다. 이를 이용하여 미국의 우수 기업들이 상품개발에 적극 나서고 있고 좋은 결과를 얻고

접수일: 2003년 8월 6일; 게재승인일: 2004년 3월 12일

* 한양대학교 대학원 기계설계학과

교신저자: 한양대학교 기계정보경영공학부

E-mail gipark@hanyang.ac.kr Tel.(031) 400-4065

있다. 국내에는 1996 년 소개되어 대기업체와 대학에서 이를 도입하여 제품 개발 단계에서의 공학적 문제 해결 및 창의적 기계설계 교육에 활용하기 시작하였다.^{4,6}

본 논문에서는 공리적 설계에서 좋은 설계를 찾는 목적을 위해 트리즈를 활용하는 방법에 관해 논의하였다. 트리즈의 여러가지 모듈을 공리적 설계의 어떠한 과정에 이용할 것인가에 대한 방안을 연구하였다. 전체적인 설계 분석과 초기설계 도출에는 공리적 설계를 활용하는 것이 유리하다. 하지만 그 과정에서 비연성 설계를 찾기 위한 모순을 해결하는 구체적인 방법에서 공리적 설계방법론으로 찾기 어려운 점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 트리즈의 여러가지 모듈을 활용하는 방법이 제안 되었다. 제안된 과정의 일부를 이용하여 듀얼형 레이저 마커중 빔 분해기의 개념설계 도출에 적용하였다. 개선된 개념설계안을 생성하여 그 유용성을 확인하였다.

2. 공리적 설계와 TRIZ

2.1 공리적 설계

공리적 설계방법(axiomatic design approach)은 설계 분야에서 일반적인 설계원리로 소개되어왔다. 공리적 설계방법에서는 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 설계 파라미터를 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. 사용자가 요구하는 사항을 기능적 영역 내의 기능요구로 사상 시키고 물리적 영역 내에서 기능요구를 만족하는 설계파라미터를 구한다. 설계공리에서 제시하는 기본 공리는 다음과 같이 두 가지가 있다.^{7,8}

공리 1 : 독립공리(The Independence Axiom)
기능요구의 독립성을 유지하라.

공리 2 : 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.

$$\{FRs\} = [A]\{DPs\} \tag{1}$$

식 (1)에서 FRs는 독립적인 여러 개의 기능요구로 구성된 기능요구 벡터이며 설계대상의 기능적 영역을 표현한다. DPs는 FRs의 영향 하에서 설계대상을 정의하는 설계파라미터 벡터이다. 또한, FRs와 DPs의 관계는 설계행렬 [A]의 곱으로 나타내고, 설계행렬 내의 각 인자 A_{ij} 는 다음과 같이 표현한다.

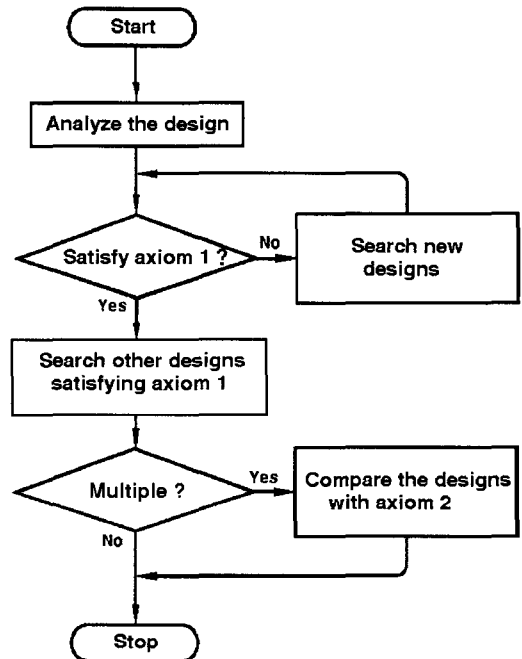


Fig. 1 Flow chart of the axiomatic design process

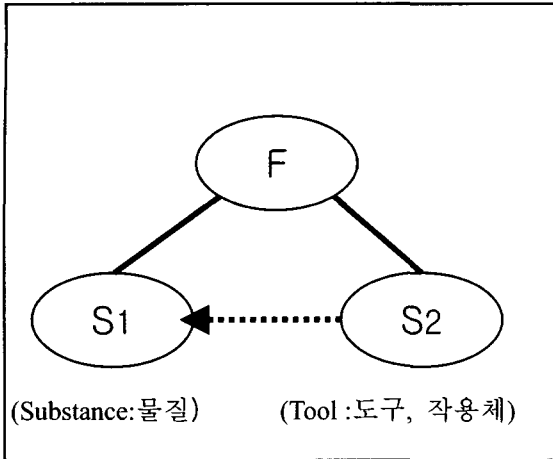


Fig. 2 Triangle model in the substance field

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

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 설계

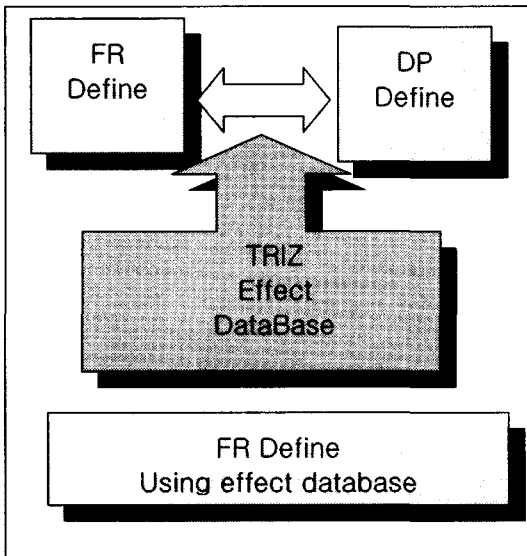


Fig. 3 Effective definition of a database for DP definition

파라미터 사이의 영향 관계만을 표현한다. 표현 방법은 **O**와 **X**의 두 가지인데, **O**로 표기된 항목은 기능요구와 대응하는 설계파라미터 사이에 영향이 없다는 것을 의미하고, **X**로 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.

실제 설계과정에서, 독립공리와 정보공리를 모두 만족하는 설계를 찾아내기란 쉽지 않다. 대부분의 경우에 독립공리를 만족하는 몇 가지 비연성화 설계들을 제안한 후에 정보공리를 고려하여 최종 설계안을 선택하는 방법이 제시되고 있다. Fig. 1에서는 공리적 설계방법을 사용하여 새로운 설계를 고안하는 일반적인 순서를 나타내었다.⁷

먼저 초기 설계에 대한 분석을 한다. 기능요구와 설계변수를 정의하고 설계행렬을 구성하여, 독립공리에 대한 만족 여부를 판단한다. 독립공리를 만족하지 않을 경우에는 사상과정을 통해 새로운 설계안을 모색한다. 이때 두 가지 이상의 설계안이 도출될 수도 있다. 독립공리를 만족시키는 설계안이 다수인 경우에는 두 번째 공리인 정보공리가 이용될 수 있다. 정보량이 더 적은 다른 설계안이 있을 수 있으므로 독립공리를 만족시키는 또 다른 설계안을 찾아본다. 제한된 복수의 설계안 중에서 어떤 것을 선택하느냐의 문제는 각 설계안의 정보량을 계산하여 판단할 수 있다. 정보공리는 정보량이 가장 적은 설계를 가장 좋은 설계로 정의하므로 이를 이용하면 최종적 설계안을 선택할 수 있다.^{9,11}

2.2 TRIZ와 물질 장 분석

트리즈(TRIZ)란 구 소련에서 1946년 탄생한 발명 방법론으로 '발명적으로 문제를 해결하기 위한 이론'을 의미하는 지식 기반 발명 방법이라고 할 수 있다. 즉, 우수한 발명이나 발명자가 사용한 문제 해결 원리를 자신의 문제에 응용해 문제를 해결하고 혁신을 이루고자 하는 것이다. TRIZ의 토대는 '기술문제에 관한 혁신적인 해결 안의 대

부분은 과거의 발명사례에서 도출한 일정한 패턴이나 원리의 유추적발상으로 도출할 수 있다'는 가설로 표현될 수 있고, 이 가설을 확고히 하기 위해 특허사례의 조사를 계속하여 금일까지 방대한 양의 특허사례의 분석을 달성해 왔다고 할 수 있다.¹²⁻¹⁴

트리즈는 여러 가지 분석 기법으로 구성되어 있다. 이중 물질 장 분석(substance-field analysis)도 문제 해결을 원하는 시스템을 모델링하기 위한 트리즈의 분석 도구 중 하나이다.⁸⁻⁹ 모든 기술시스템의 문제는 어떤 장(field) 속의 물질(substance)끼리의 상호작용의 발생이라는 관점에서 정리하여 Fig. 2 와 같이 물질 장의 삼각형 모델로 표시할 수 있다. 이 모델의 작성에 의해서 유익한 작용의 불충분도와 유해한 작용의 발생을 명확히 할 수 있으므로, 문제해결의 중요한 분석 도구이다. 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 문제해결할 수 있는 방향을 나타낸 것이 소위 표준해이며, 이것이 전부 76 가지 타입으로 준비되어 있다. 실제의 해결안을 도출하기 위해서는 최적한 표준해를 선택하고서부터 그 표준해로부터 현실의 문제해결에 유효한 아이디어를 유추 발상할 필요가 있다.

3. 트리즈를 도입한 공리적 설계

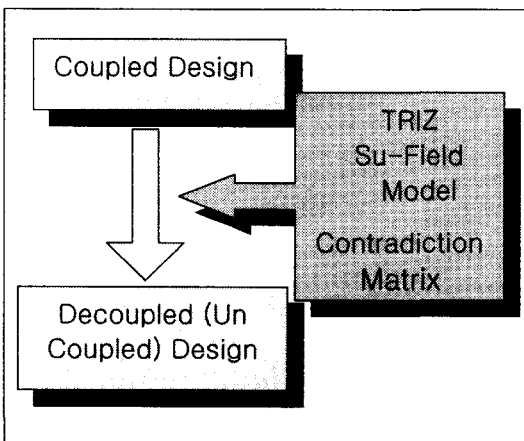


Fig. 4 Effect usage of a TRIZ module in DP definition.

3.1 설계파라미터 사상과정에서의 도입

공리적 설계의 단계에는 사용자가 요구하는 사항을 기능요구 집합으로 사상 시키고 물리적인 영역 내에서 기능요구를 만족하는 설계변수를 구하는 과정이 있다. 이때 설계자의 경험에만 의존하여 설계변수를 구하면 극히 제한적인 범위에서 설계변수가 정의될 가능성이 높다. 이러한 과정에서 Fig. 3 와 같이 트리즈의 도구 중 효과와 원리 데이터베이스(databas)를 활용한다면 보다 다양하게 설계변수를 검토할 수 있는 장점이 있다.¹⁶⁻¹⁷

기계시스템의 예를 들어 직선운동을 구현한다면 볼스크루와 모터를 이용한 구동방법, 공압 실린더를 이용한 구동방법, 래크와 피니언 기어를 이용한 구동, 벨트를 이용한 구동방법 등 여러 가지가 있을 수 있다. 이때 주어진 기능요구에 대하여 대응하는 설계변수를 미리 축적된 데이터베이스에서 선택할 수 있다면 보다 수월한 설계를 할 수 있을 것이다.

3.2 연성 설계를 풀기위한 도구

공리적 설계를 이용한 설계방법으로 설계를 분석하면 설계는 크게 비연성설계, 비연성화 설계, 연성설계로 나눌 수 있다. 공리적 설계에서는 독립공리를 만족시키지 않는 연성설계로 분석이 되었을때 이를 비연성설계 또는 비연성화설계로 전환해야 하는 과정이 필요하다. 공리적 설계방법론에서는 이때 어떠한 방법을 사용하여 비연성 설계로 전환할 지에 대해서는 구체적이 방법론이 부족한 경우가 많다.. 이때 설계자의 경험에 의존하여 새로운 설계를 도출하는 방법은 어려운 경우가 많다. 이때 Fig. 4 와 같이 트리즈의 물질 장 모델이나 모순 매트릭스를 이용하는 방법을 사용할 수 있다. 이러한 제시된 방법을 사용한다면 보다 수월하게 연성설계를 도출할 수 있는 새로운 설계로 전환하는데 큰 도움이 된다.

3.3 다수의 비연성설계 중 선택의 기준

공리적 설계에서 독립공리를 만족시키는 설계가 한가지가 아닌 여러가지의 설계안이 도출될 수 있다. 이때 여러가지 설계안 중에서 한가지 설계를 선택해야 하는 문제에서 정보공리를 사용하는 방법이 제시된다. 하지만 다양한 방면의 설계에 대하여 정보공리를 이용하여 구체적으로 이를 비교하는 데에는 적지않은 노력이 필요하게 된다.

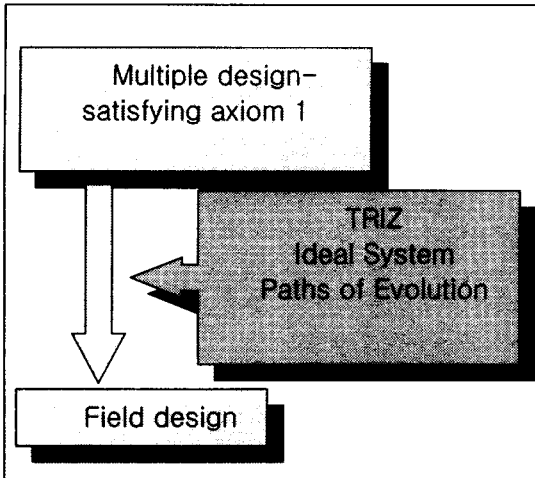


Fig. 5 Usage of the ideal system

이때 보다 쉽게 설계안을 비교하는 방법으로 Fig. 5 에서 표시된 것과 같이 트리즈의 기술시스템 진화패턴과 이상성의 정의를 이용하는 방안이 있다. 이러한 방법을 이용하여 좀 더 수월하게 각 설계간의 우수성을 비교하여 최종설계를 선택할 수 있다.

4. TRIZ 를 도입한 레이저 빔 분해기의 공리적 설계

4.1 듀얼형 레이저 마커

듀얼형 레이저 마커는 Fig. 6 과 같이 레이저 빔을 발생시켜 고속으로 제어되는 갈바노 미러를 이용 빔을 반사 시키며 이를 이용하여 원하는 표

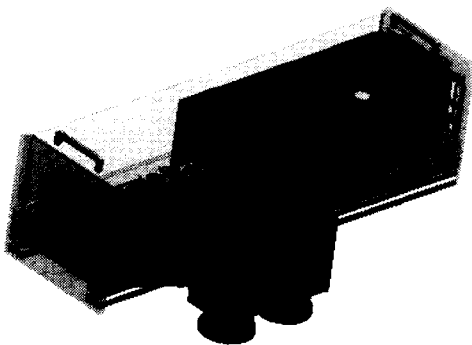


Fig. 6 A model of the dual type laser marker

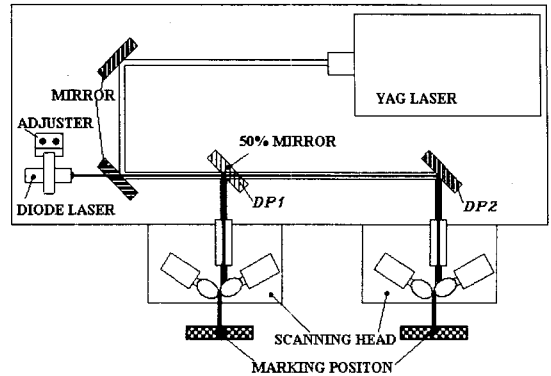


Fig. 7 Component layout of the dual type laser

면에 마킹할 수 있는 장치이다. 이때 마킹속도를 두 배로 하기위해 빔을 두 경로로 나누어 동시에 마킹하는 방법이 최근 자주 이용되고 있다. 이때 한곳에서 나오는 두 빔의 에너지를 균등하게 나누어 줄 수 있는 빔 분해기가 필요하다. 보통 50%를 투과시키며 50%를 반사시키는 빔 분해기가 Fig. 7 과 같이 사용된다. 이러한 빔의 세기가 균등하게 나누어 지지 않으면 마킹의 깊이와 선두께 등이 일정하지 않게 되는 문제점이 있다. 점점 얇아지는 IC 두께의 레이저 마킹에서는 깊이지않고 균일한 마킹깊이가 매우 중요한 요소가 된다. 이에 따라 나누어 지는 빔세기의 균등성 또한 매우 중요한 요소가 된다. 이때 빔이 투과되어 나누어지는 비율은 거울의 미세한 반사 각도에 따라 일정 레이저 범위에서 변화하게 된다.

4.2 독립공리를 이용한 설계분석

레이저 빔 분해기는 듀얼형 레이저 마커에서 빔의 에너지를 두 가지 경로로 분해하여 효율적으

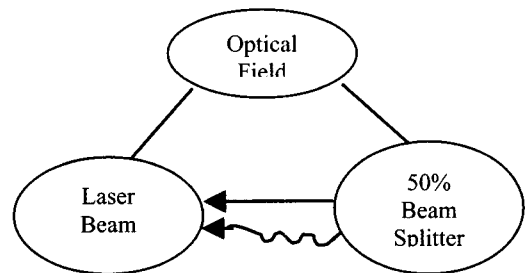


Fig. 8 Beam splitter model of coupled part in su-field model

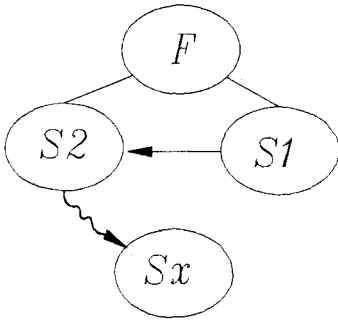


Fig. 9 9th standard solution of the su-field model

로 이용하기 위한 장치이다. 이때 원하는 빔 분해 비율이 50%와 50%이지만 실제로 이러한 설계를 이용하여 사용하면 48%와 52%등과 같이 비율이 정확하게 나누어 지지 않는 경우가 빈번하게 발생하였다. 이러한 문제를 공리적 설계방법으로 분석하기 위해 초기 빔 분해기의 기능요구를 정의하면 다음과 같다.

- FR1: 분해된 좌측 빔의 경로를 조정한다.
- FR2: 분해된 우측 빔의 경로를 조정한다.
- FR3: 빔의 에너지를 50%로 분해한다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \\ X & O \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix}$$

- CS1: 제작단가
- CS2: 조립 설정 편이성
- CS3: 유지보수 편이성

위와 같은 기능요구에 대한 설계변수와 설계행렬은 다음과 같다.

- DP1: 좌측 반사거울의 각
- DP2: 우측 거울의 각

위의 설계행렬에서 알 수 있듯이 초기 빔 분해 모델은 연성된 설계임을 알 수 있다. 독립공리에 의하면 이러한 연성설계는 독립공리를 만족시키는 비연성화 설계 또는 비연성설계로 전환해

야 좋은 설계를 얻을 수 있다. 하지만 어떠한 방법으로 비연성 설계를 얻을 것인가에 대해서는 구체성이 부족하다. 이러한 맥락에서 트리즈의 일부 모듈이 이용되어 도움을 줄 수 있다.

4.3 TRIZ 물질 장 모델을 도입한 비연성 설계 도출

앞 절에서 기술한 대로 연성 설계문제는 이를 독립공리를 만족시키는 비연성된 설계로 전환하는 과정이 필요하다. 이때 설계자의 직관에 의한 설계의 도출에는 한계가 있다. 이를 보다 수월하게 해결하기 위한 방법으로 트리즈의 모듈중 물질 장 모델을 도입할 수 있다. 트리즈의 물질 장 모델은 두 개의 물질 S1, S2와 두 물질의 관계에 영향을 주는 하나의 장으로 삼각형 구조로 시스템을 모델링 한다.

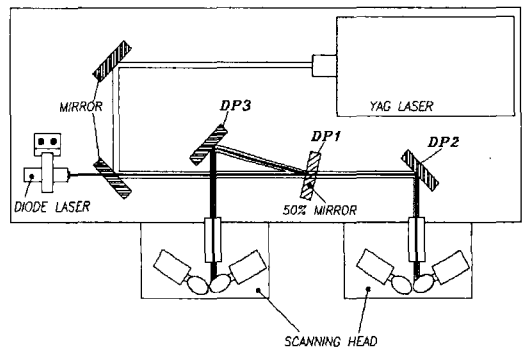


Fig. 10 New component layout of the laser marker

이들간의 관계를 바람직한 효과, 불충분한 효과, 유해한 효과로 표시하여 여러가지 유형을 나누는데 레이저 빔 분해기 모델을 모델링 하면 Fig. 8과 같다. 광학장에서 빔 분해기는 50%만 정확하게 반사시키고 나머지는 투과하기 위해 빔 각도를 조정한다. 이때 좌측 빔의 각도가 변하면 50%를 정확하게 투과시키는 바람직한 효과를 발생시킴과 동시에 좌측빔의 경로가 달라지는 유해한 효과를 발생시키기도 한다. Fig. 8은 이러한 구조를 모델링 한 것이다. 이러한 모델링을 한 후 각 유형을 해결하기 위하여 트리즈에서는 77가지 패턴이 그동안의 혁신적인 특허, 기술사례에서 생성되어 아이디어 생성에 도움을 줄 수 있다. 이중 9번째 해

결책에는 Fig. 9 와 같이 유해물질을 자신에게 유인하는 Sx 를 도입하여 S1 의 유해작용을 제거한다는 내용이 있다. 이를 이용하여 레이저빔의 분해기 문제를 해결에 적용해 볼 수 있다. 빔의 경로가 달라지는 유해한 효과를 자신에게 유인하는 새로운 Sx 를 도입하는 방법을 생각하게 된다. 즉 유해한 달라진 각도를 바로잡을 수 있는 새로운 반사거울을 추가하는 방안을 유추할 수 있다. 이를 적용하여 수정된 레이저 마커의 개념 설계안을 그리면 Fig. 10 과 같다. 개선된 빔 분해기 모델에서 빔의 에너지는 반사거울 DP1 에 의해 에너지가 분해되며 정확한 50%의 분배를 위해 각도를 미세하게 조정할 수 있다. 공리적으로 개선된 모델을 분석하면 아래와 같이 비연성된 설계가 도출되었음을 알 수 있다

- FR1 : 빔의 에너지를 50%로 분해한다.
- FR2 : 분해된 우측 빔의 경로를 조정한다.
- FR3 : 분해된 좌측 빔의 경로를 조정한다.
- CS1: 제작단가
- CS2: 조립 설정 편이성
- CS3: 유지보수 편이성
- DP1 : 50% 투과 미러
- DP2 : 우측 거울의 각
- DP3 : 좌측 거울의 각

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix}$$

Table 1 Comparison of new design model with present model

	Weight Factor	Present Model		New Model	
Assemble convenience	6	2	12	3	18
Manufacture Cost	8	3	24	2	16
Maintenance	4	1	4	3	12
Reliability	5	1	5	3	15
Total			45		61

달라진 빔의 각도는 미러의 위치가 수평 또는 각이 조정되는 DP3 에 의해 다시 조정되어 정확한 에너지 분배는 물론 경로까지 정확한 빔 분해기 역할을 할 수 있다. 초기에 사용하던 직관적인 해결 방법으로 빔의 세기 차이에 따라 1%감쇠용 더미 글래스를 빔이 센 쪽의 경로에 1 개 또는 몇 개를 붙이는 방법이 있다. 이러한 직관적인 설계 개선 모델을 제안된 빔 분해기의 설계 모델을 비교

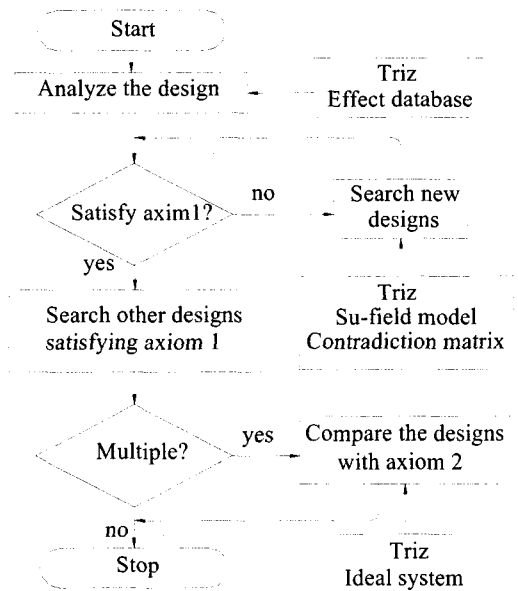


Fig. 11 A new flow chart using TRIZ in axiomatic approach

하면 Table. 1 과 같다. Table. 1 에서의 숫자는 1-4 의 범위로 숫자가 높을수록 상대적으로 좋은 설계를 의미한다. 따라서 제안된 새로운 설계가 직관적인 설계 안 보다 상대적으로 우수한 설계로 판단된다.

5. 결론

최근 기계시스템 설계론 분야에서는 효과적으로 좋은 설계를 도출하는 방법에 대한 노력이 제기되고 있다. 이러한 맥락에서 공리적 설계와 트리즈의 상관관계를 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

공리적 설계방법의 과정에서 트리즈의 여러가지 모듈을 어떠한 방법을 사용하여 효과적으로 사용할 것인가에 대하여 연구하였다. 트리즈의 효과

원리의 데이터 베이스는 공리적 설계의 설계변수 결정과정에 사용될 수 있고 모순행렬과 물질 장 모델은 비연성설계를 도출하는 과정에 유용하게 사용할 수 있음을 알 수 있었다. 또 트리즈의 기술 시스템 진화의 법칙은 복수개의 비연성 설계안 중 최종 설계안을 선택할 경우 유용함을 제시하였다.

이러한 과정을 정리하여 초기의 공리적 설계 과정이 Fig. 11 과 같은 개선된 과정으로 정리하여 표시될 수 있다. 제안된 이론 중의 한가지를 사용하여 듀얼형 레이저 마커에서 빔 분해기모델의 개념설계안 도출에 적용한 결과 기존의 문제를 개선하는 우수한 개념 설계안을 도출할 수 있었다.

후 기

이 연구는 한국과학재단지정 최적설계신기술 센터의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Suh, N.P., *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York, 1990.
- Suh, N.P., Bell, A.C., Gossard, D.C., "On an Axiomatic Approach to Manufacturing, Manufacturing Systems," *Journal of Engineering for Industry*, Vol. 100, No. 2, pp. 127-130, 1978.
- Suh, N.P., Wilson, D.R., Tice, W.W., Yasuhara, M., Bell, A.C., "Application of Axiomatic Design Techniques to Manufacturing," *Winter Annual Meeting, ASME, 79-WA/Prod-25*, New York, NY, December 2-7, 1979.
- Semyon, D. Savransky, *Engineering of Creativity*, CRC Press, New York, 2000.
- Altshuller, G., Shulyak, L., Fedoseev, U., 40 *Principles Triz Key to Technical Innovation*, Technical Innovation Center Inc., Worcester, 1998.
- Salamatov, Y., *TRIZ: The Right solution at the right time: A Guide to innovative Problem*, Insytec B.V., 1999.
- Shin, G. S., Yi, J.W., Kang, B.S. and Park, G.J., "Axiomatic Design of a Beam Adjuster for a Laser Marker," *ICAD 2002 Second International Conference on Axiomatic Design*, MIT, USA, 2002.
- Lee, K. W., "Development of mosquito trap with Effect of air cleaning by Using Theory of Inventive Problem Solving(TRIZ)," *J. of KSPE*, Vol. 19, No. 6, pp. 155-159, 2002.
- Do, S. H., Park, G. J., "Application of Design Axioms for Glass Bulb Design and Software Development for Design Automation," *Journal of Mechanical Design*, ASME, Vol. 123, 2001.
- Shin, M.K., Hong, S.W. and Park, G.J., "Axiomatic design of the moter-driven tilt/telescopic steering system for safety and vibration," *Journal of Automobile Engineering*, Vol. 215, No. 2, pp. 179-187, 2001.
- Hwang, K.H., Park, G. J., Cho, Y.C., Lee, K.H., Lee, B.L. and Lee, S. H., "Robust Design of the Vibratory Gyroscope with Unbalanced Inner Torsion Gimbal Using Axiomatic Design," *ICAD 2002 Second International Conference on Axiomatic Design MIT, USA*, 2002.
- Lee, H. S., Lee, K. W., "Design of Super Water-Saving Toilet System by Solving Physical Contradiction in Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)," *J. of Korea CAD/CAM*, Vol. 6, No. 3, pp. 193-197, 2001.
- Park, Y. T., Park, S. D., *Science of Invention and Patent*, H. Miraesa, Seoul, pp. 85-93, 1999.
- Kim, I. C., *Science of Invention and Patent*, Science of Invention and Patent, H. Miraesa, Seoul, pp. 85-93, 2001.
- Lee, K. W., Park, G. J., "Development of optimization methodology using Independent axiom," *J. KSME*, Vol. A-24, No. 10, pp. 2438-2450, 2000.
- Kim, Y. S. and Cochran, D. S., "Reviewing TRIZ from the perspective of the Axiomatic Design," unpublished paper at MIT, 2000.
- Moon, Y. K., Cha, S. W. and Kim, Y. K., "Axiomatic Approach for Design Appraisalment and Development DVD(1)," *J. of KSPE*, Vol. 16, No. 5, pp. 124-131, 1999.