

## 트리즈를 이용한 에어컨디셔너 프레임구조 설계

최하영\*, 정의문<sup>+</sup>, 이종수<sup>++</sup>

(Manuscript received: Oct, 22, 2012 / Revised: Nov, 20, 2012 / Accepted: Nov, 22, 2012)

### Design of Air-Conditioner Frame Structure Using TRIZ Based Contradiction Analysis

Ha-Young Choi\*, Yiemoon Jeong<sup>+</sup>, Jongsoo Lee<sup>++</sup>

#### Abstract

The metal is frequently used in the air-conditioner frame, which must have the durability from the various external environments, but has difficulties in being manufactured for many complex shapes. On the other hand, the plastic, used as a material of injection molding, enables the realization of various shapes and the mass-production of complex ones and leads low production cost. As the air-conditioner frame becomes increasingly complex and detailed, the plastic material is highlighted as an alternative for the frame. But the product molded by plastic with a complex shape might have a noise problem. Therefore this study attempts to design the product through TRIZ in order to reduce the noise of the air-conditioner with the frame of plastic material.

**Key Words :** Air-Conditioner Exterior Frame(에어컨디셔너 외장프레임), TRIZ(트리즈), Contradiction Analysis(모순분석), Noise (소음)

### 1. 서론

최근 생활 수준의 향상과 기후가 아열대성으로 변화함으로써 가정용 에어컨디셔너의 보급이 증가되고 있다. 현재 에어컨디셔너는 고효율뿐만 아니라 제품 외장소재의 고급화와 쾌적한 실내환경을 위해 소음저감 연구는 더욱 중요해 졌다.

에어컨디셔너의 구조설계를 함에 있어 외장 고급화와 강도를 고려하여 재료를 선정해야 한다. 일반적으로 제품설계 시 사출성형의 재료로 사용되고 있는 플라스틱은 다양한 형상의 디자인 구현과, 복잡한 형상을 대량 생산하는 것이 가능하다. 또한 소재의 범용성과 그 비용 또한 타 소재에 비해서 저렴하다. 그러나 제품의 프레임에 해당하는 구조에는 다양한 외부

유통환경에 견딜 수 있어야하기 때문에 플라스틱 재질의 소재보다는 금속재질의 소재가 많이 사용되고 있다. 복합재료를 사용하여 강성이나 엔지니어링적 요구사항을 보완할 수 있다. 그러나 외부 프레임의 구조가 점점 더 복잡해지고, 세밀한 디자인을 구현해야 하는데 복합재료는 그 구현 형상의 제한성과 소재가 고가의 가격으로 인해 범용적으로 적용되지 못하고 있다.

에어컨디셔너의 소음을 저감시키기 위하여 심 등<sup>(1)</sup>은 가장 적합한 설계 안을 도출하기 위해 실험계획법을 적용하였다. 그리고 최 등<sup>(2)</sup>은 에어컨디셔너의 공기역학적 소음에 대한 주요 변수들을 언급하고 공기유로의 복잡함에 따른 난류발생에 의한 소음제거 방법과 흡입 및 토출 그릴에서 발생하는 whistling noise 제거 방법 등에 대하여 실험하고 개선방안을 제시하였다.

\* 연세대학교 기계공학과 대학원  
주소: 120-749 서울특별시 서대문구 연세로 50

+ 연세대학교 기계공학과 대학원

++ 연세대학교 기계공학과

✉ Corresponding Author E-mail: youngcsr@yonsei.ac.kr

본 논문에서는 최근 유용하게 사용되고 있는 창의적 설계 방법 중 하나인 트리즈(TRIZ, theory of inventive problem solving)를 이용하여 에어컨디셔너를 설계하고자 한다. 트리즈는 실제 개념 설계과정에 있어서 창의적으로 아이디어를 내는 방법론으로써 우수한 특허에서 추출된 해결 방법과 문제 유형에 따라서 많은 해결 도구를 제시해서 창의적인 설계 안을 도출할 가능성을 높게 해준다<sup>(3-6)</sup>. 많은 설계에서 트리즈를 통해 기존에 해결할 수 없었던 문제들에 대해서 보다 적극적인 해결안을 제시하고자 노력하고 있다<sup>(7,8)</sup>. 특히, 트리즈의 문제 해결 방법은 교환(trade-off)의 방법이 아닌 그 문제가 가지고 있는 기술적 또는, 물리적 모순을 해결함으로써 기존에 많은 설계자들이 모순으로 인식하고 있는 문제들의 해결에 적극적인 방법을 제시하고 있다<sup>(5)</sup>.

본 논문에서는 에어컨디셔너의 외장을 고급화하고 소음을 저감하기 위해 저렴하고 성형성이 좋은 플라스틱 재질의 프레임 소재를 적용하였다. 이로 인해 발생하는 문제점을 극복하기 위해 트리즈 기법을 적용하여 해결하고자 한다.

## 2. 트리즈

일반적으로 개념 설계과정에 있어서 창의성 향상을 위한 방법으로 브레인스토밍은 잘 알려져 있지만, 불필요한 아이디어의 누적이나 최적 해법에의 도달에 대한 판단의 여부가 불확실하여 설계 분야에는 그 효용이 제한적이다. 그래서 최근에는 창의적 설계방법으로 공리설계(axiomatic design)와 트리즈(TRIZ, theory of inventive problem solving) 등이 개념설계 과정에서 더 유용하게 사용되고 있다<sup>(9,10)</sup>.

개념 설계 분야의 창의적 설계 방법 중 하나인 브레인스토밍과 같은 아이디어 발상 기법 등은 실제로 문제를 해결해 주는 것이 아니라 문제 해결을 위한 아이디어만을 제공한다<sup>(11,12)</sup>. 그러나 트리즈는 “무엇을 해결해야 하는가”를 가르쳐주는 것뿐만 아니라 “어떻게 해결해야 하는지”를 가르쳐 주는 기법으로써 기존 기법들과의 차이가 있다.

트리즈의 기대 효과는 제품개발 시 발생하는 문제점을 40가지 원리 등 특유의 트리즈 기법으로 접근함으로써 단순히 문제를 개선하는 차원을 뛰어넘어 혁신적 문제 해결이 가능하다는 특징을 갖고 있다. 예를 들어 제품 및 부품을 기능 위주로 분석, 다른 부품이 기능을 대신하거나 해당 부품이 필요 기능을 수행하도록 변형하는 등의 재설계를 통해 개발 비용 등을 절감할 수 있다는 것이다. 또한 제품의 진화과정을 예측함으로써 시장을 선점할 제품을 개발할 수 있다는 것도 트리즈 기법의 장점으로 꼽힌다. 기계 분야의 제품, 기계, 장비, 공정, 기술과 전체 과학, 공학을 모두 포괄하는 기술 시스템의 우수한 특허를 분석해서 체계적으로 정립된 트리즈 이론은 시스템에 요구되는 가

장 중요한 5가지 기본 개념인 기능, 이상성, 자원, 모순, 기술진화로 구성되어 있다.

기능이란 기술시스템에 요구되는 기능이며 설계 목적이기도 하다. 시스템내의 자원(부품)간의 기능적인 관계를 유용한 기능, 해로운 기능, 부족한 기능 등 자원간의 기능 관계를 나타내는 기능적 다이어그램을 상세히 빠짐없이 그려 가는 것이 문제를 정확히 파악하는데 효과적이다. 트리즈에서 중요한 문제 해결의 접근 방법인 모순은 기술적 모순과 물리적 모순으로 분류가 된다. 기술적 모순은 서로 다른 두 개의 변수가 충돌할 때 발생하는 모순이고, 기술적 모순이 두 기술 변수가 상충관계에 있는 경우인데 반하여 물리적 모순은 하나의 기술 변수가 서로 다른 값을 동시에 가져야 하는 경우이다. 기술적 모순은 40가지 발명원리를 이용하며, 물리적 모순은 시간에 의한 분리, 공간에 의한 분리, 조건에 따른 분리, 부분과 전체에 의한 분리를 이용해서 문제를 해결한다. 또한, 트리즈에는 39가지의 물리적 파라미터를 가지는 모순 행렬을 제시함으로써 모순을 해결함에 있어서 정량화된 방법론을 제시한다.

## 3. 설계요구사항

기존의 중앙 집중 냉방 방식에서 점점 더 간결해지는 디자인적인 요구 사양에 의해 공기의 흡입부와 토출부가 전면에서 측면으로 이동하면서 전면에서 디자인적인 틈새가 보이지 않는 것을 만족해야 한다. 현재의 디자인 경향을 만족하면서 본 연구에서 문제의 인식은 에어컨디셔너의 주요 기본 성능 요인 중의 하나인 체감 소음의 개선과 외관 프레임 구조의 다양한 소재 적용을 하면서 강성을 확보하기 위한 기존 Steel 소재의 프레임 구조에서 플라스틱 소재의 프레임을 적용 한다<sup>(13-15)</sup>. 현재 에어컨디셔너의 디자인 경향은 Table 1에서 보여주고 있으며, 토출부의 형상 및 흡입부의 형상은 Table 2에 나타내었다. 이처럼 다양한 소재를 적용하고 외관적으로 단순하지만 고급스러움을 추구하기 때문에 기구 개발에서 프레임 설계의 어려움이 증가하고, 소재의 다양성에 대한 요구가 증대되고 있다.

Table 1 Design trend of outlet


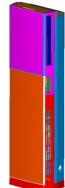


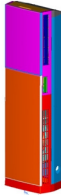

Outlet method	Front outlet	Side outlet	Hidden outlet
Image			
Design issue	Direct	Indirect	Hidden
Solution	Auto shutter	Auto shutter + side blade	Front sliding mechanism

Table 2 Design trend of inlet

Outlet Method	Front outlet	Side outlet	Hidden outlet
Image			
Design issue	Direct	Indirect	Hidden
Solution	Design of front intake channel	Design for flow resistance reduction under side intake region	Reinforcing for the rear frame structure design

#### 4. 트리즈에 의한 모순분석

Fig. 1의 시스템 기능 분석을 통하여 트리즈의 물리적 모순 해결 방법 중 공간의 분리 원리 즉, “좋은 디자인 구현을 위해서는 흡입부 형상이 없어야 하고, 에어컨디셔너의 기본적인 성능을 구현하기 위해서는 흡입부 형상이 넓어야 한다.”라는 원리를 이용해 흡입구를 후면에 위치하여 “소음원과 소음을 듣는 사람을 분리시킴”의 아이디어 도출한다. 전면의 토출부 형상이 가장 큰 영향을 미친다고 판단되지만, 에어컨디셔너의 본 기능을 수행하기 위해서 기존의 검증된 형상을 유지하도록 한다. 또한, 후면 흡입구를 적용하기 위한 Fig. 2의 P-Diagram을 통한 설계인자를 선정한다. 그리고, Table 3과 같이 제어 가능한

설계 인자와 요구 사항을 나타내었다.

우선, 후면 흡입구조를 적용하면 흡입부가 후면에 위치하게 되면서 기존에 사용하는 금속 재질의 프레임 구조를 적용 시 에어컨디셔너의 흡입부 전면에 필터구조를 만들어서 흡입 후 사용자에게 토출되는 공기를 정화시키는 기능을 구현하기 위한 구조물을 만들기 위해서 추가의 고정 구조가 만들어져야 한다. 사출 금형에서 나올 수 있는 복잡한 형상이 프레스 금형에서는 구현이 어렵기 때문에 후면 재질의 선정에 설계적인 제약 조건이 된다. 후면 흡입부 적용에 따른 유용한 기능과 유해한 기능을 적용하여 모순을 도출하여 Table 4와 같이 모순 행렬을 적용한다. 모순 행렬의 결과를 기본으로 Table 5와 같이 본 연구에서 개선하고자 하는 소음을 정의할 수 있는 2가지 항목과 구조적 강도를 정의할 수 있는 2가지의 항목으로 시험 계획을 수립하였다. 또한, 유통환경 조건의 시험계획은 Fig. 3과 같다.

개선하고자하는 기능을 ‘shape’, 악화되는 기능을 ‘stability of objects composition’으로 선정 시 40가지 원리 중 33번 균질성, 1번 분할, 18번 진동, 4번 비 대칭성의 해법을 찾을 수 있으며, 이 중 1번 분할의 원리를 선택한다. 상하단을 2개의 형상으로 분리하여 전체가 플라스틱재질로 된 경우와 상단은 강철 재질, 하단은 플라스틱 재질로 된 경우를 고려한다. 3차원 모델링은 IDEAS를 이용하였으며, 몰딩설계기간 단축을 위해 3차원 모델링은 캐비티와 코어 파트로 설계한 후 커팅하였다. 각 파트모델은 2,800개의 구성요소로 이루어졌다.

플라스틱 재질을 사용함으로 인해 부분적인 제품의 강도보강을 위해서 Table 6과 같이 모순 행렬을 적용하면 제품의 중량

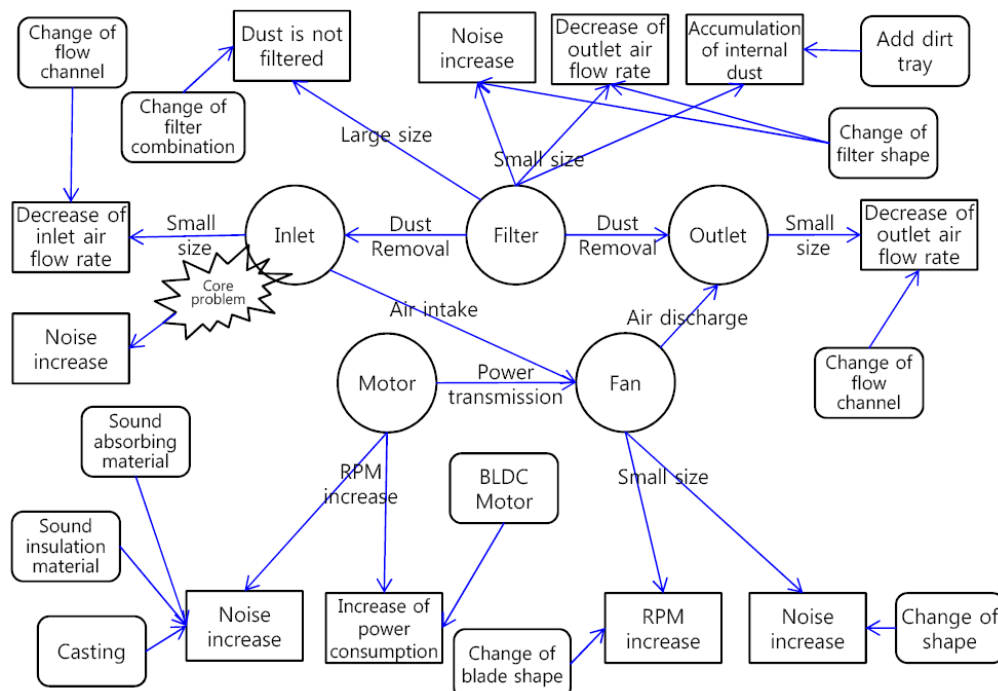


Fig. 1 Air-conditioner system

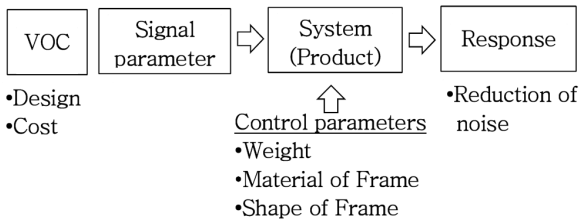


Fig. 2 P-Diagram

Table 3 Noise factors

VOC	Requirements	Design factor
Design	shape	material
Sound noise	Noise reduction	Channel structure

Table 4 Contradiction

		Weight of moving object	Weight of stationary object	Stability of the object's composition	Extent of automation	Productivity
		1	2	13	38	39
1	Weight of moving object	+	-	1, 35, 19, 39	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object	-	+	26, 39, 1, 40	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	33, 1, 18, 4	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	18, 1	+	5, 12, 35, 26
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	35, 3, 22, 39		

Table 5 Test planning

	Test	Unit	Contents
Set test	Sound of Noise	dB	Drop in Test
Structure analysis	Transmission Loss	dB	Theoretical analysis of material transmission loss
	Stiffness	Hz	Comparison of primary eigenvalue
Structure performance analysis	Deflection	mm	Stress, Strain analysis, Prototype production evaluation

을 감소시키면서 체적을 증가시키지 않도록 트리즈에서 제시하는 조합의 원리를 이용하였다. 이 결과로 Fig. 4와 같이 면에 수직 방향의 리브 형상을 추가함으로써 두께를 증가시키지 않고 강도를 보강하였다. 이것은 일반적으로 사출성형 제품설계시 강도보강을 위하여 사용하는 방법과 일치한다<sup>(13)</sup>. 결국, 트

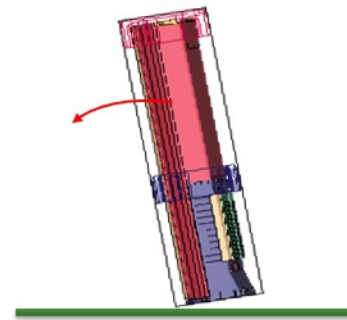


Fig. 3 Structural performance analysis

Table 6 Contradiction matrix of Strengthen

		Weight of moving object	Weight of stationary object	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		1	2	37	38	39
1	Weight of moving object	+	-	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object	-	+	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26

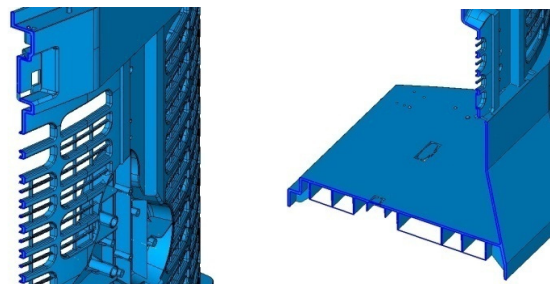


Fig. 4 Strengthen using rib

리브는 기존에 발명되거나 문제해결을 위해서 사용했던 많은 방법들을 제시하기 때문에 제품적용에 매우 유용하다.

## 5. 결과 및 토의

### 5.1 소음의 개선

소재 별 두께는 가공이 편리하고 경험적으로 프레임 구조에 적용하기에 적합한 두께를 선정한다. 또한, 재료비를 고려하여 플라스틱 소재의 두께와 강철 소재의 두께를 결정한다. 상기

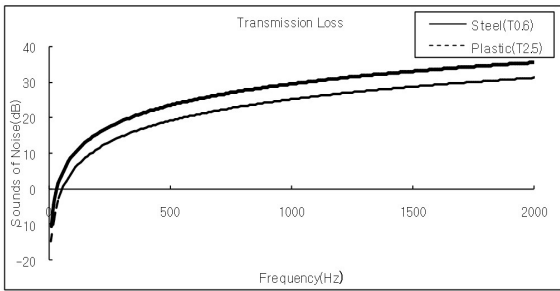




Fig. 5 Transmission loss

Table 7 Frequency responses data

Mode	Steel		Mold		Comparison of stiffness	Comparison of damping
	Hz	Damping ratio	Hz	Damping ratio		
1st	54.0	4.69	47.5	6.08	-23%	30%
2nd	78.0	1.25	67.5	2.69	-25%	115%
3rd	108.0	1.53	98.0	2.08	-18%	36%
4th	138.5	0.92	122.0	1.53	-22%	66%
5th	152.5	1.44	148.0	3.18	-6%	121%

Table 8 Comparison of sound noise & design

Mode	Front intake	Hidden intake
Design		
Turbo	48.1 dBA (560 RPM)	43.5 dBA (560 RPM)

시험의 결과에서 플라스틱 소재의 두께 2.5mm와 강철 0.6mm의 차음 특성이 Fig. 5와 같이 유사하게 나타났다. 실제 프로토타입으로 검증 시 차음 특성에서 Fig. 5와 같이 유사한 특성을 보이는 플라스틱 두께 2.5mm와 강철 두께 0.6mm의 주파수 응답 특성은 Table 7과 같다. 즉, 플라스틱 재질이 소재의 특성과 두께로 인해 감쇠의 효과가 있음을 보여준다. 플라스틱 2.5mm와 금속 0.6mm 비교 시 차음 특성면에서는 플라스틱 소재가 더 좋지만 외부 유통환경에 있어서 취약한 구조로 인해 상부는 금속 소재로 적용을 하고 하부는 플라스틱 소재로 적용하는 것이 유리하다. 그리고 전면 흡입과 후면 흡입

방식의 소음을 비교 시 처음 예측한 것과 같이 후면 흡입 구조가 전면 흡입 구조 대비 소음이 4.6dB(A) 감소 효과가 있음을 알 수 있었다. 후면 흡입 방식은 초기 제시한 소음 개선과 디자인 구현이라는 두 가지를 모두 만족시킬 수 있는 방법이다 (Table 8).

### 5.2 강도의 개선

파괴시험은 프로토타입으로 제작 시 플라스틱 재질의 경우 사출한 것과 같이 이음새 없는 가공이 어렵고, 후면 프레임은 프로토타입으로 제작할 경우 실제 금형으로 사출한 것과 물성이 상이하기 때문에 CAE 구조해석을 하였다.

구조해석을 위해 기본적인 플라스틱 및 강철의 물성 데이터는 Table 9와 같다. 플라스틱은 일반적으로 사용되는 HIPS 2.5mm 두께, 강철은 전기아연도금 강판 0.6mm로 선정하였다. 시험 결과를 고찰하면 Fig. 6과 같이 플라스틱 소재는 백화 이상의 현상이 발생하는 변형률 5%를 초과하며 각 체결부위에서 큰 변형이 발생하며 변형이 발생하는 부분은 백화 이상의 파손이 예상된다. 또한, 소재의 물성이 가지고 있는 42MPa 항복점 이상의 응력 발생으로 파손이 예측된다.

후면 프레임 구조를 완전히 플라스틱 소재를 적용할 경우 구조 해석에서 파손으로 인해 적용이 어려운 것으로 예측이 되었

Table 9 Properties of material

Material	Thickness (mm)	E (Pa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\nu$
Steel (SECC)	0.6	186 E9	7,800	0.30
Plastic (ABS)	2.5	2.17 E9	1,050	0.35

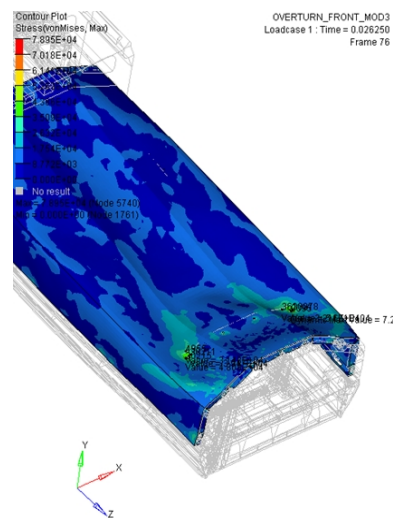


Fig. 6 Stress contour plot





Fig. 7 Rear part of air-conditioner



Fig. 8 Test result of improve bracket

Table 10 Contradiction matrix of weight

		Weight of moving object	Weight of stationary object	Stability of the object's composition	Extent of automation	Productivity
		1	2	13	38	39
1	Weight of moving object	+	-	1, 35, 19, 39	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object	-	+	26, 39, 1, 40	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	33, 1, 18, 4	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	18, 1	+	5, 12, 35, 26
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	35, 3, 22, 39		

다. 이를 해결하기 위해 트리즈에서 제시하는 40가지 발명의 원리 중 1번 분할의 원리를 적용하였다. Fig. 7과 같이 강도가 필요한 상부는 금속 소재의 프레임으로 구성하고, 흡입부 형상이 있어서 구조가 복잡한 하단부는 플라스틱 소재를 적용해서 다시 시험을 진행하였다. 집중적으로 응력이 발생하는 상부는 구조물을 금속 소재의 프로토타입으로 제작하고 하부의 플라스틱 재질의 프레임도 프로토타입으로 제작하여 넘어짐 시험을 평가하였다. Table 10의 모순 행렬에서와 같이 개선하고자 하는 기능을 형상으로 설정하고 나빠지는 기능을 후면프레임 전체의 두께 증가로 인한 강성을 보강하기 위해 질량이 증가하는 경우를 가정해 움직이지 않는 물체의 중량으로 설정하면 40가지 발명의 원리 중 3번 항목 국부적 성질을 선택할 수 있다. 전체 프레임의 강도 보강은 중량과 재료비 상승으로 연결되기 때문에 변형이 발생한 국부적인 구간만 보강하는 것을 트리즈에서는 제시하고 있다. Fig. 8과 같이 전면적을 플라스틱으로 적용한 프레임과 같이 영구 변형 현상이 발생하지 않았다.

## 6. 결론

본 논문에서는 에어컨디셔너의 외장 고급화와 소음저감, 외부 유통환경에 견딜 수 있도록 트리즈를 이용하여 해결책을 선정하였다. 트리즈에 의해 설계된 에어컨디셔너와 기존 에어컨디셔너의 성능을 Concept 모델링과 Prototype을 기초로 소음 측정과 CAE 구조해석, 유통환경조건 시험에 의해 비교하였다. 트리즈에 의해 선정된 후면 흡입방식과 플라스틱 재질을 사용함으로써 소음을 저감할 수 있었으며 또한 디자인 구현도 만족시킬 수 있었다. 그리고 프레임 강도를 만족하기 위하여 금속 소재로 보강하였다. 공학문제해결을 위해 많은 부분들이 TRIZ가 제시하는 해법으로 해결할 수 있음을 확인할 수 있었으며, TRIZ의 모순 Matrix를 활용하면 현 단계의 지식의 축적이 없이도 시행착오를 줄이고 체계적으로 해결이 가능함을 확인할 수 있었다.

트리즈와 같은 시스템은 모든 구성원들이 창의적인 사고를 체계적으로 할 수 있도록 한다. 또한 정형화 되어있고 수렴적인 아이디어 도출 방법을 습득함으로써 연구원간의 분산적인 네트워크 구성을 통해서 연구 개발 프로세스의 집중화 현상을 방지하고 아이디어의 질을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

## References

- (1) Sim, H. J., Lee, S. J., Kang, T. H., Lee, J. Y., and Oh, J. E., 2006, "The Design of the Motor Bracket for Reduction of Structure-borne Noise in Package Air-conditioner," *Transactions of the KSME*, Vol. 30, No. 2, pp. 202~209.
- (2) Choi, C. H., Hwang, T. Y., Kim, W. H., and Lee, C. H., 2002, "Development of Low Noise Air Conditioner by Experimental Method," *SAREK 2002 Summer Conference*, pp. 315~320.
- (3) Terninko, J., Zusman, A., and Zlotin, B., 1998, *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ*, CRC Press LLC,

- USA, pp. 47~65.
- (4) Kim, Y. G., and Lee, K. W., 1999, "On TRIZ Theory," *Transactions of the KSME*, Vol. 36, No. 6, pp. 57~63.
- (5) Fey, V., and Rivin, E., 2005, *Innovation on Demand : New Product Development Using TRIZ*, Cambridge Press, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- (6) Altshuller, G., Altov, H., and Shulyak, L., 1996, *And Suddenly the Inventor Appeared : TRIZ the Theory of Inventive Problem Solving*, Technial Innovation Center, Inc.
- (7) Jung, C. D., Chung, W. J., Ahn, G. S., and Kwon, S. J., 2012, "Optimal Mechanism Design of In-pipe Cleaning Robot," *Transactions of the KSMTE*, Vol. 21, No. 1, pp. 123~129.
- (8) Lee, S. J., Chung, W. J., Kim, H. J., Kim, K. J., and Kim, J. H., 2008, "A Study on Optimal Design of Piece Removing Automation System Using TRIZ and Brainstorming," *Transactions of the KSMTE*, Vol. 17, No. 6, pp. 43~48.
- (9) Hu, M., Yang, K., and Taguchi, S., 2000, "Enhancing Robust Design with the Aid of TRIZ and Axiomatic Design (Part 1)," *The TRIZ Journal*, pp. 8~22.
- (10) Yang, K., and Zhang, H., 2000, "A Comparison of TRIZ and Axiomatic Design," *First International Conference on Axiomatic Design*, pp. 235~242.
- (11) Ryu, S. H., 2004, *Creativity of Designer*, Ajou University Press, Korea.
- (12) Torrance, E. P., 1979, *The Search for Satori and Creativity*, Buffalo, NY, Creative Education Foundation.
- (13) Huang, M. C. and Tai, C. C., 2001, "The Effective Factors in the Warpge Problems of an Injected-molded Part with a Thin Shell Feature," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 110, pp. 1~9.
- (14) Lee, G. W., Han, G. S., Rho, G. D., and Kong, M. S., 2008, "A Study of Noise Improvement of Air Conditioning System," *KSAE 30th Anniversary Conference*, pp. 957~962.
- (15) Eilemann, A., 1999, *Practical Noise and Vibration Optimization of HVAC Systems*, Society of Automatic Engineers, Inc..