

# 자동차 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 기구학을 이용한 용접용 3차원 위빙장치

(Three-Dimensional Weaving Apparatus  
for Welding based on Kinematics)

(2013년 03월 08일 ~ 12월 20일)

팀명 : 런닝맨

자동차 설계프로젝트 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

2013. 12. 20

대구대학교 기계자동차공학부(자동차 전공)

# 제 출 문

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제  
'기구학을 이용한 용접용 3차원 위빙장치'의 결과보고서로  
제출합니다.

(과제기간 : 13. 03. 08 ~ 13. 12. 20)

2013. 12. 20

지도교수 : 김 봉훈 (인)  
대표학생 : 박 해용 (인)  
참여학생 : 박 세영 (인)  
                  이 광섭 (인)  
                  전 창호 (인)  
                  김 창완 (인)

# 목 차

최종보고 요약문 .....	4
<b>1. 과제내용 및 목표 .....</b>	<b>6</b>
1.1 목적 및 필요성 .....	6
1.2 과제의 목표 .....	7
1.3 기대효과 및 활용방안 .....	7
<b>2. 개념설계 및 상세설계 .....</b>	<b>8</b>
2.1 개념설계 .....	8
2.2 상세설계 .....	21
2.3 부품 및 제원 .....	34
2.4 구동원리 .....	44
<b>3. 제작 .....</b>	<b>48</b>
3.1 공정도 .....	48
3.2 제작 .....	49
<b>4. 운용 및 시험 .....</b>	<b>55</b>
4.1 운용 및 시험 요구조건 .....	55
4.2 운용 및 시험결과 .....	57
<b>5. 결론 .....</b>	<b>59</b>
참고문헌 .....	60
부록 .....	61

# 최종보고 요약문

과제명	“기구학을 이용한 용접용 3차원 위빙장치 ”
팀명	런닝맨
팀원	박해용, 박세영, 이광섭, 전창호, 김창완
과제기간	2013년 03월 - 2013년 12월

## 1. 개발내용 및 목표

현재 시중에서 상용화된 3차원 자동 용접 장치들은 복잡한 제어 프로그램 및 많은 부품, 설계의 어려움을 가지고 있어 제품의 단가가 매우 높은 실정이다.

본 과제에서는 이런 자동 용접장치의 부품수를 줄이고 제어프로그램을 사용하지 않으며 기구학을 이용하여 제품의 단가를 낮추고 범용화 시켜 기계장치의 다방면에 적용이 가능한 3차원 자동 위빙장치의 설계 및 제작에 목표를 둔다.

## 2. 개념설계

우선 간단한조작과 제어프로그램을 사용하지 않고 부품을 최소화 하며 제작비를 최소화 하는 동시에 중량을 최소화 하는데 중점을 두고 설계를 한다.

세부적으로는 3차원의 움직임을 갖기 위해 X축은 LINK를 통한 좌우움직임을 구현하고, Y축은 LM가이드를 통해 시편의 앞뒤움직임을 구현한다. 또 Z축은 CAM을 통해 상하 움직임을 만들어 낸다. 이 X축과 Z축은 모터 1개로 움직임을 구현해야 하므로 베벨기어를 통하여 동력분배를 한다.

## 3. 상세설계

캠 해석의 경우 중동절이 상승 할 때와 하강 할 때의 식이 다르므로 구간별로 나누어보면,

- 1) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 상승. (0deg~90deg)
- 2) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 하강. (90deg~180deg)
- 3) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 상승. (180deg~270deg)
- 4) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 하강. (270deg~360deg)

이루어지고, 주기(T)는 2초로 하고, 캠 회전속도(RPM)는 2초에 1바퀴를 돌아야 하므로 모터는 30RPM으로 설계한다.

캠 형상을 보면 기초원 반지름은 좌측으로 -2mm만큼, 우측으로 2mm만큼 좌우가 블록한 타원형 모양의 캠을 가지는 것을 확인 할 수 있다. 링크해석의 경우, 보어  $B$ , 크랭크반경  $A$ , 행정  $S$ 인 기관이 기관 속도  $N$ 으로 움직인다. 모터의 경우 캠 해석과 같이, 주기(T)는 2초로 하고, 모터의 회전수를 30RPM으로 설계한다. 크랭크축과 커넥팅로드 사이의 길이  $s$ (변위)는 모터 속도가 30RPM이므로

X축 증가분은  $18^\circ$ 이다.

#### 4. 기대효과

좌우 위빙뿐만 아니라 상하 위빙을 추가시켜 3차원적인 반원형의 위빙모양을 형성시켜 기계장치의 다방면에서 적용을 하여 3차원위빙장치를 형성 할 수 있을 것이라 기대된다. 또한 제어프로그램을 사용하지 않고, 간단한 조작으로도 3차원 형상 구현이 가능하고, 부품을 최소화 하여 중량을 줄이고 제작비가 절감될 것이라 기대된다.

# 1. 과제내용 및 목표

## 1.1 목적 및 필요성

### 1) 과제개발의 목적

현재 시중에는 수동 전기 용접기에서부터 3차원 자동 용접 장치에 이르기 까지 수많은 용접장치들이 존재한다. 이러한 자동용접기의 위빙 방식을 개선하여 토치부의 움직임이  $x, y, z$ 축으로 모두 구동이 되는 3차원 링크와 캠 장치 구조를 사용하여 특별한 제어나 소프트웨어가 접목되지 않고 오로지 기구학적인 요소만 추가되어 사용자의 쉬운 이해가 가능하고 설계단계에서 복잡하지 않은 구조를 형성시키는 것이 목적이다. 더 나아가 이러한 3차원 장치를 용접뿐만 아니라 다른 여러 분야에서도 접목하여 조금 더 인간이 원하는 형상의 기계적인 운동을 이뤄낼 수 있으므로 효율성과 필요성을 높일 수 있도록 설계, 제작하겠다.

### 2) 과제개발의 필요성

기계 메커니즘의 구성은 링크 기구(링크 메커니즘, 메커니즘)들이 조인트(joint)를 통해 서로 조합하는 식으로 연결되어 동력원에서 전달된 운동이 변환되고 분리되거나 통합되는 방식으로 이루어진다. 이러한 기계 메커니즘을 효과적으로 분석하기 위해서는 일정 기능을 수행하는 여러 개의 단위 메커니즘으로 나누어서 생각하는 것이 보다 쉽고 일반화된 방법이다.

링크의 길이, 조립각도를 결정하는 메커니즘 설계에 대해서는 많은 연구가 있어 왔다. 이러한 기구해석에 근거한 설계는 그 적용범위가 주어진 하나의 기능만을 만족시키는 단위 메커니즘에 국한된 경우가 대부분이어서 여러 개의 메커니즘의 조합을 통한 기계설계에서는 적용되기가 어렵다. 여기서 단위 메커니즘이란 하나의 입력운동과 출력운동이 있는 최소단위의 메커니즘을 의미하는데 예를 들면 슬라이더 크랭크(sliding-crank), 캠(cam) 등이 여기에 해당한다.

새로운 메커니즘 구성을 위해서는 개념설계단계에서 적절한 메커니즘을 선택 및 조합할 필요가 있다. 전반적인 3차원 링크 메커니즘은 수치적인 제어나 센서를 이용하여 이송되게 하여 단가나 부품적 요소가 많아지므로, 단가가 높아지게 되고, 그것을 보완하기 위하여 최소한의 링크구조로 설계한다. 그리고 구조 역학적으로 최적의 설계를 하여 모터축이 회전을 하면서 모터 하나로 베벨기어를 통해 각 링크들의 직선운동과 캠 회전으로 인한 직선 운동의 조합을 통해 최종적으로 토치부의 반 타원운동을 얻어낸다.

## 1.2 과제 의 목표

현재 이동용 캐리지에 장착하여 사용하고 있는 용접기의 경우는 용접토치가 고정되어 비드 폭이 일정한 부분의 직선용접에 주로 사용되고 있다.

이러한 용접기는 비드 폭이 일정폭 이상으로 큰 경우는 용접작업이 복잡해지고 여러 번 반복해서 위치를 바꾸어가며 용접을 해야 한다. 본 연구에서는 이러한 토치부의 움직임이  $x$ ,  $y$ ,  $z$ 축으로 모두 운동이 되는 3차원 링크와 캠 장치 구조를 사용하여 특별한 제어나 소프트웨어가 접목되지 않고 오로지 기구학적인 요소만 추가되어 사용자의 쉬운 이해가 가능하고 설계단계에서 복잡하지 않은 구조를 형성시킬 수 있게 제시하고, 기존의 제품과 비교, 분석 하여 우수한 성능 제시하겠다.

## 1.3 기대효과 및 활용방안

- 1) 개발된 용접 위빙장치가 반 타원으로 구동되는지 확인하고, 개발된 장치로 저가로 용접 위빙을 하는데 응용될 것으로 기대된다.
- 2) 용접대상물의 각 모서리 주변을 주행하는 주행부의 주행속도가 용접대상물의 각모서리 주변을 제외한 나머지 주변을 주행하는 상기 주행부의 주행 속도보다 상대적으로 더 빠른 속도로 주행하기 때문에 용접대상물에 균일한 두께의 용접 층을 보다 용이하게 형성할 수 있음은 물론 이로 인해 용접 대상물의 품질이 보다 더욱 우수해질 수 있는 효과가 있다고 기대된다.
- 3) 용접장치의 취급사용이 간편하고, 용접토치가 XYZ로 구동하면서 매우 신속 간편하게 용접을 하게 됨은 물론 용접의 정확성, 그리고 균일성을 만족시켜 용접품질이 크게 개선된다.
- 4) 용접토치가 안정적으로 지지된 상태에서 구동모터에 의해 균일한 속도로 XYZ축으로 구동하면서 용접되게 하되 정확하게 구동이 이루어지게 함으로서 용접시간단축 및 생산성 향상, 그리고 용접불량극소화로 원가절감 효과와 상품성 및 신뢰성을 극대화시킬 수 있게 할 수 있다고 기대한다.
- 5) 용접용 토오치는 상하좌우로 각도조절가능하게 설치되어, 크기가 다른 용접대상물을 용이하게 용접할 수 있도록 한다.

## 2. 개념 설계 및 상세설계

### 2.1 개념설계

#### 1) 용접의 개념

##### (1) 그루브(groove) 용접

효율적으로 용접하기 위하여 용접하는 모재 사이에 만들어진 가공부를 말한다. 그루브는 판 두께, 용접법, 용접자세 등에 따라서 여러 가지 형상으로 구분된다. 그루브는 기계가공, 열 절단 등에 의하여 가공하며 그루브 면의 절삭유, 스케일 등 오염물질은 화학약품, 와이어 브러쉬, 그라인더, 슛블라스트 등으로 깨끗이 제거하여야 한다.

##### (2) 맞대기 용접

모재에 여러 가지 모양의 홈을 가공하여 그 홈에 따라 용접한다.

☞ 용입을 원활하게 하기 위해, 용입 부족을 막기 위함이다. (Fig 2-1-1 참고)

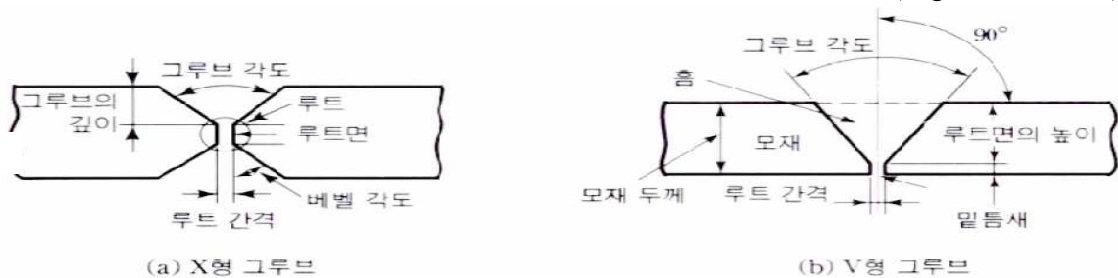


Fig 2-1-1. 홈의 각부 명칭과 홈의 형상

Table 2-1-1. 그루브 용접이음의 치수

형식	$h$ (mm)	각부 치수(mm)
I형	1~5	$c=1\sim3$
V형	6~12	$\alpha=60^\circ\sim90^\circ$ $b=1.5\sim2.5, c=2\sim4$
X형	12~25	$\alpha=60^\circ\sim90^\circ$ $b=2\sim4, c=2.5\sim4$
U형	16~50	$c=3\sim5, c_0=15\sim22$ $b=3\sim6$
H형	25~50	$c=3\sim4, c_0=15\sim18$ $b=3\sim5$

그루브의 형식과 모재의 두께와의 관계 I→H로 갈수록 두꺼운 모재에 사용하고, 얇은 판의 경우 그루브를 가공할 이유가 없이 그냥 맞대기 10t이하를 사용한다. (Table 2-1-1 참고)



### (3) 그루브 용접 자세

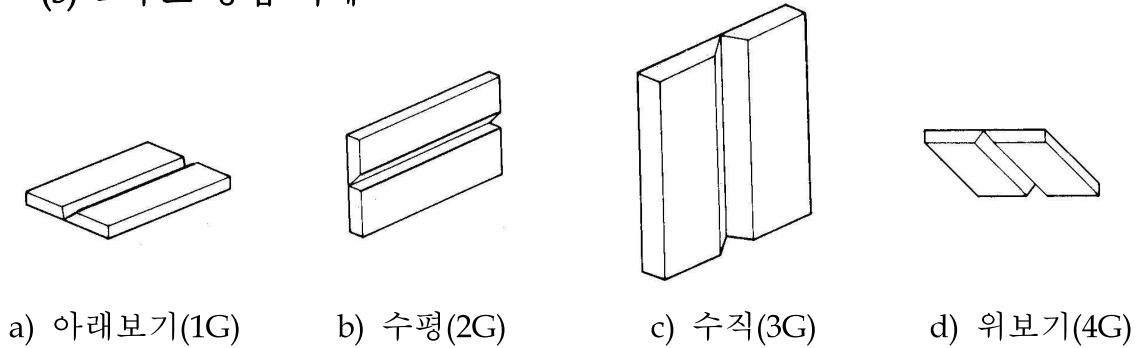


Fig 2-1-2. 그루브 용접 자세

그루브 용접에 대한 자세는 Fig 2-1-2와 같이 아래보기, 수평, 수직, 위보기 등 4가지 용접 자세가 있다.

### 2) 이론적 배경

기존 자동용접기는 일반적으로 서보모터와 센서를 이용하여 토치부의 움직임이 x, y, z축으로 모두 운동이 되는 3차원 링크와 캠 장치 구조를 사용하여 특별한 제어나 소프트웨어가 접목되지 않고 오로지 기구학적인 요소만 추가되어 사용자의 쉬운 이해가 가능하고 설계단계에서 복잡하지 않은 구조를 형성시키는 것을 기본으로 한다. 그리고 토치의 상하좌우로 각도 조절 가능하게 설치되어, 크기가 다른 용접대상물을 용이하게 용접할 수 있게 할 생각이다.

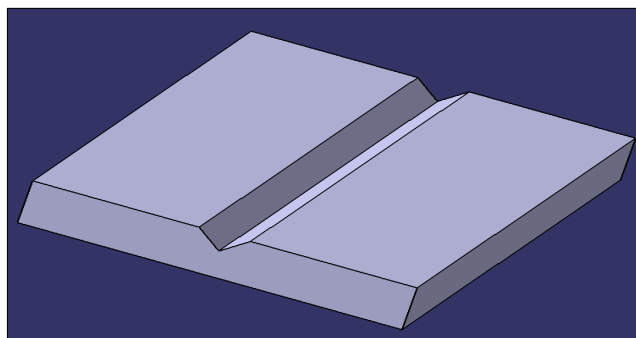


Fig 2-1-3. 시편의 형상

Fig 2-1-3은 용접하고자 하는 시편이다. 두께가 두꺼운 모재를 용접할 시 용접부의 아래 부분까지 백비드(backbead)가 형성되어 용접의 효율을 높일 수 있도록 그림처럼 가운데 면치를 주게 된다. 본 과제는 용접성을 향상시키기 위해 면치부에 3차원의 위빙 형상을 만들어내는 것이 목적이다.

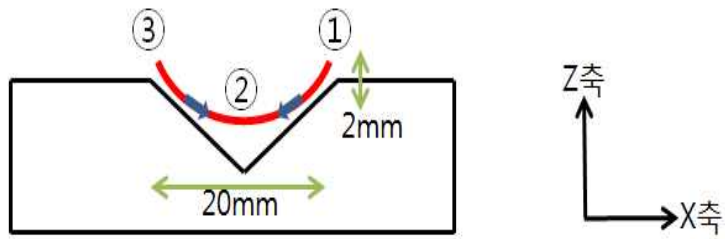


Fig 2-1-4. 정면에서의 위빙 형상

Fig 2-1-4는 용접하고자 하는 시편을 정면에서 보았을 때이다. 설계하고자 하는 장치의 위빙 형상은 빨간색 선과 같다. X축으로는 링크구조 통해 20mm 만큼 좌우로 움직이고, Z축으로는 캠 구조를 통해 2mm만큼의 상하의 움직임이다. X축과 Z축의 운동방향을 합성시키면 U자형태의 2차원 위빙 형상을 갖게 되며, 위빙순서는 ①→②→③→②→①의 순서로 왕복운동을 한다.

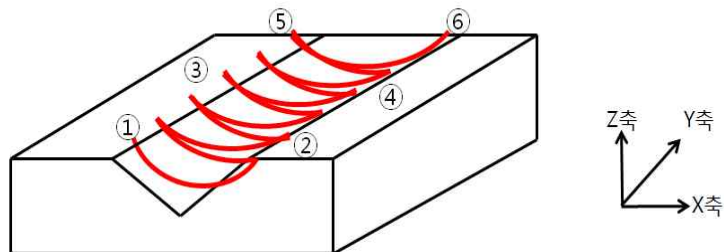


Fig 2-1-5. 전체적인 위빙 형상

위에서 설명한 바와 같이, 캠과 링크 운동의 합성으로 인해 U자 형태의 2차원 위빙형상을 가진다. Fig 2-1-5는 전체적인 위빙 형상으로 시편을 LM 가이드로 인해 Y축으로 이동시키면 Fig 2-1-5와 같은 3차원의 형상을 나타내게 된다. 3차원 위빙순서는 ①→②→③→④→⑤→⑥의 순서이다. 정리하자면 본과제의 목적은 구동부의 링크와 캠으로 X축과 Z축이 U자 형태를 그리게 되며, 추가로 시편을 Y축으로 이동시켜 빨간색 선과 같이 3차원의 위빙 형상을 갖는 것이 목적이다.

### 3) 시장조사

#### (1) ㈜파스코의 자동용접기



Fig 2-1-6. ㈜파스코의 자동용접기

Fig 2-1-6은 ㈜파스코의 자동용접기로 컴퓨터에 size 및 재질 spool의 특성 등의 data만 입력하는 간단한 조작으로 용접을 수행하는 특징이 있으며, 미 숙련공이나 외국근로자 등 2개월간의 교육으로 자동용접기 운전이 가능할 정도로 용접사 양성이 간단하고 작업환경 개선 및 안전사고 발생을 최소화 시켜 격심한 육체노동을 줄여 근로자의 사기양양을 줄여주고 품질의 확보로 인한 RT RESHOOTING이 감소되는 장점이 있으나 가격이 비싼 단점이 있다.

#### (2) ㈜파스코의 자동용접장치



Fig 2-1-7. ㈜파스코의 자동용접장치

Fig 2-1-7은 ㈜파스코의 자동용접장치로 모든 용접을 수동 조작 없이 컴퓨터 프로그램을 사용하여 자동으로 용접작업을 수행하는 특징이 있다. 이 제품은 고임금의 용접사 투입을 줄이고 적은수의 용접사를 투입시킬 수 있으며 용접부 품질 및 미관이 좋고 안정되어 있다. 그리고 용착속도가 빨라 작업 능률이 향상되어 용접 생산성이 향상되고 일정한 생산량을 유지하기 때

문에 건설공정의 계획을 수립할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이 역시 가격이 비싼 단점이 있다.

### (3) 전원장치 Power Source



Fig 2-1-8. 전원장치 Power Source

Fig 2-1-8은 전원장치 Power Source로 Submerged Arc Welder은 조선, 철 구조물, 자동차, 압력용기 등의 분야에서 연강, 고장력강, Cr-Mo강, Stainless 강의 중후판 용접에 사용되며 Arc용접 중에서 최고의 능률, 안정된 용접품질과 미려한 Bead, 등려한 Bead등을 얻을 수 있다.

### (4) Condenser Spot Welder



Fig 2-1-9. Condenser Spot Welder

Fig 2-1-9는 Condenser Spot Welder로 대용량 용접 실행을 할 때 단상AC 용접에 비해 전력 소비가 감소하고, 린 프로젝션 용접 실행에 탁월한 효과를 발휘한다. 그리고 다점용접 부위에 1회용접으로 불균일함이 감소하고 알루미늄이나 동, 스텐 등 각종 비철용접이 가능하고 고정밀 용접이 실행이 가능하다.

#### (5) DC Spot Welder (DW형)



Fig 2-1-10. DC Spot Welder

Fig 2-1-10은 DC Spot Welder로 용접 후 열 변형이 적어 용접자국이 극소화되고 저 전력으로 높은 전력이 힘이 필요한 용접이 가능해 소비전력을 극소화시킬 수 있고 알루미늄, 스틸, 스텐레스, 동 등 각종비철용접이 가능하고 고정밀 용접을 실시 할 수 있다.

#### 4) 특허조사

선정된 메인테마인 '기구학을 이용한 용접용 3차원 위빙장치'에 대한 특허 조사를 실시하였다. 검색조건은 아래에 특허분석 범위에서 보는 바와 같으며, 세부적으로는 구동방식을 조사하였다.

특허 분석의 DB는 국내의 특허 정보 검색 서비스를 이용하였다. 주소는 (<http://www.kipris.or.kr/kor/main/main.jsp>)이고 검색범위 및 연관검색은 특허·실용신안 / '기구학 위빙장치'를 위주로 조사하였다.

##### (1) 자동용접 시스템

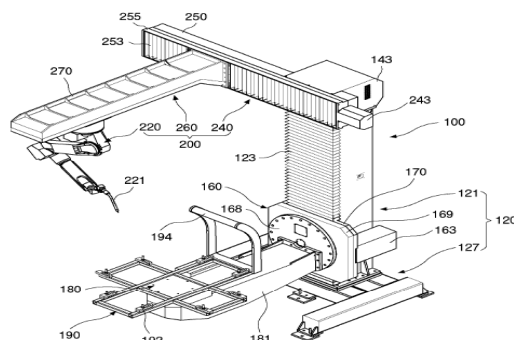


Fig 2-1-11. 자동용접 시스템

Fig 2-1-11은 자동용접 시스템으로 출원번호는 10-2008-0020110으로 출원 날짜는 2008년 03월 04일이다. 이 발명은 프레임의 상단에 Y축 및 X축으로 이동가능하게 결합된 웰딩로봇을 이용하여 굴삭기의 버킷(Bucket), H-beam 및 강관(Steel pipe) 등의 모재를 회전, 선회, 승강 이동하여 이를 자동으로 용접하는 자동용접 시스템에 관한 것이다. 이를 위해 본 발명은, 가용접된 모재(母材)를 구속하여 회전, 선회 및 승강시키는 포지셔너유닛과; 상기 포지셔너 유닛의 일측에 전후, 좌우로 이동가능하게 결합되어, 상기포지셔너 유닛에 의해 구속된 모재를 용접하는 웰딩유닛;을 포함하여 구성된다. 이와 같은 구성을 가지는 발명에 의하면 용접 작업성이 향상되는 이점이 있다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 로봇을 이용하여 구동하는 복잡한 형상으로 위빙이 가능하지만, 팀 프로젝트는 간단한 형상으로 위빙이 가능하다.

## (2) 자동용접기

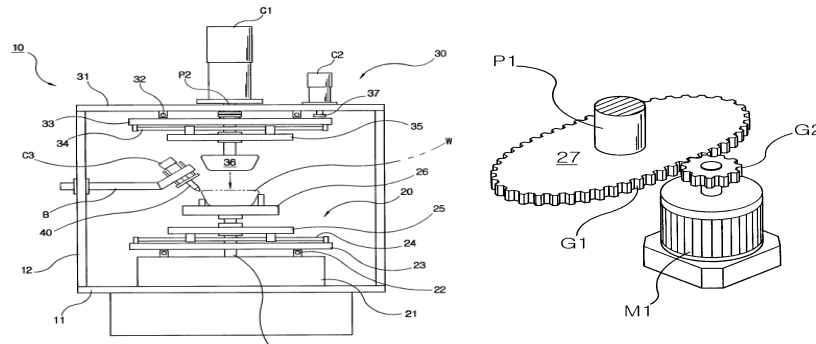


Fig 2-1-12. 자동용접기

Fig 2-1-12는 자동용접기로 출원번호는 20-2004-0014717이다. 이 고안은 다양한 패턴의 피용접물에 대한 용접을 자동으로 실시해 줄 수 있도록 한 용접기에 관한 것이다. 이 고안은 구동모터에 의해 구동하는 구동축에 마련되는 피용접물 고정지그와, 구동모터에 의해 구동하며 구동대차를 X축 및 Y축으로 이동시켜 주기 위한 구동 캠으로 구성되는 구동부와, 상기 구동대차와 같은 범주의 동작이 이루어지도록 한 이송대차로 구성되는 지지부와, 용접토치 등으로 구성되는 것이다. 본 고안은 기계적인 장비에 의존할 수 없었던 까다로운 형태의 피용접물을 자동으로 실시할 수 있도록 한 것으로 용접의 정밀도 향상과 작업시간의 단축을 꾀할 수 있을 뿐만 아니라 용접작업에 숙련된 전문 인력을 필요로 하지 않으므로 용접작업에 소요되는 비용을 절감할 수 있는 등의 효과가 있다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 한정된 패턴에 대한 2차원으로 용접작업을 자동으로 진행 할 수 있도록 한 것이지만 팀 프로젝트는 반 타원형태의 3축으로 구동될 수 있으므로 이 특허와 차별성이 있다.

## (3) 전기저항 용접기

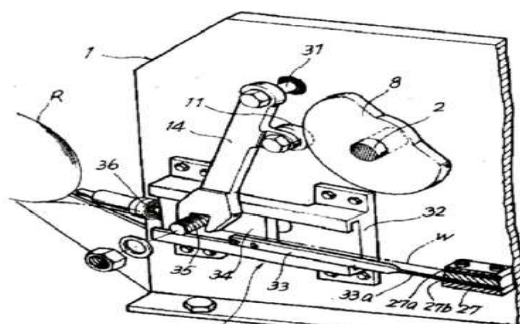


Fig 2-1-13. 전기저항 용접기

Fig 2-1-13은 전기저항 용접기로 출원번호는 실1986-0000283이다. 이 고안은 공급 로울에서 풀려나오는 접점와이어를 연속적으로 이송, 절단하여 용접하는 자동 전기 저항용접기에 관한 것으로, 특히 하나의 구동축에 의하여 구동되는 수개의 캠으로 접점와이어 절단, 이송 및 용접장치를 순차적으로 동작시키어 보다 효율적인 용접을 기할 수 있게 한 전기 저항 용접기에 관한 것이다. 종래에도 공급로울에서 풀려 나오는 접점와이어를 일정한 크기로 절단하고 이를 별도의 이송장치에 의하여 릴레이 및 스위치 등의 접점면에 이송시킨 후 전기저항을 이용하여 용접하게 한 용접기가 알려져 있다.

이를 상세히 설명하면 다음과 같다. 따라서, 이와 같은 상태에서 구동캠(8)을 따라 접촉되는 접동로울러(11)가 "8b" 지점을 넘어서서 "8c"지점에 이르는 직선형주면에 접촉하게 되면, 작동편(34)의 후방에 탄지된 스프링(36)의 탄성으로 그 작동편(34) 및 작동레버(14)가 가이드레일(32)를 따라 점차 전진 이동하게 되고, 그 작동편(34)의 하단에 설치된 푸시로드(33)를 함께 전진시키게 되므로 안내블록(27)의 안내공(27b)에 삽입된 밀핀(33a)의 선단이 상기 안내공(27b) (28b)사이에 위치하는 절단 접점와이어(W')를 안내공(28b)을 통하여 밀어 내어 용접장치부(40)의 하부 전극(50)상에 놓여진 릴레이 접점편(51)의 상면에 올려놓게 된다.

이와 같이 하여 절단된 접점와이어(W')를 이송시킨 푸시로드(33)는 상기 접동로울러(11)가 구동캠(8)의 "8c"지점에서 "8d"지점에 이르는 만곡주면에 접촉되는 동안은 전진 상태를 그대로 유지하게 되고, "8d"지점을 벗어나 "8e"지점에 이르는 동안 푸시로드(33)를 후진시키어 전진 이전의 상태로 복귀시키게 되는 것이다. 이상에서 설명한 바와 같은 이 고안 용접기는 하나의 구동축에 수개의 구동 캠을 설치하여 이들 각 구동 캠의 회전에 따라 접점와이어의 이송과 절단, 푸싱 및 용접을 위한 각 장치부의 순차적인 작동을 신속 정확하게 수행할 수 있게 함으로써, 용접기 전체의 구성을 단순화하고 각 작동부의 주기적인 연속작동이 적시에 이루어 질 수 있게 하여 그 생산성을 월등히 향상시킬 수 있는 이점 등을 제공할 수가 있다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 전기저항으로 캠을 순차적으로 릴레이 및 스위치 등의 접점면에 이송시킨 후 전기저항을 이용하여 용접하게 되었지만 팀 프로젝트의 경우에는 기구해석만만 하므로 이 특허와 차별성이 있다.



#### (4) 자동용접기

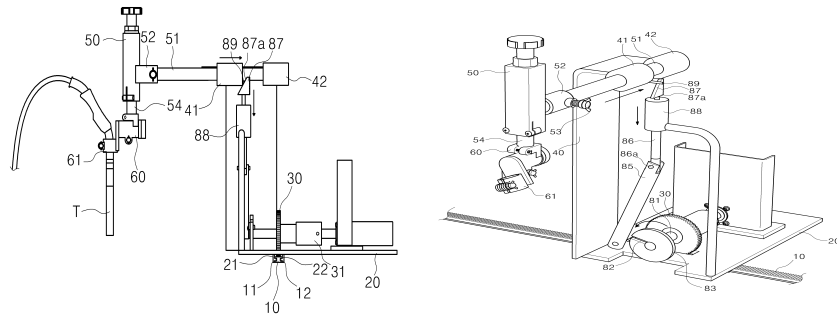


Fig 2-1-14. 자동용접기

Fig 2-1-14는 자동용접기로 출원번호는 10-2011-0022740이다. 이 특허는 베이스가 구동모터의 구동력에 의해 회전되는 회전기어가 회전되면서 랙 기어 이동레일을 타고 이동되는 것에 의해 좌측 또는 우측방향으로 이동되고 베이스의 이동을 통해 베이스의 고정 브라켓에 고정된 토치고정구가 베이스와 같이 좌측 또는 우측방향으로 이동되면서 토치고정구의 고정부에 고정되는 용접토치가 이동되면서 용접작업이 자동으로 이루어질 수 있으며, 전자석 부착부에 의해 랙 기어이동레일이 피 용접물에 탈부착 가능하기 때문에 휴대하여 장소에 관계없이 용접작업을 진행할 수 있을 뿐만 아니라, 토치고정구를 지지하는 가이드봉이 전진과 후진운동을 할 수 있어 피용접물에 대한 용접 넓이를 조절하여 용접작업을 진행할 수 있어 점용접이나 점프용접은 물론 비드의 용접범위를 넓게 조절하여 용접작업을 할 수 있음으로써 다양한 용접이 가능한 자동용접장치를 제공하고자 한다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 랙 기어이동레일을 따라 좌측 및 우측 방향으로 이동되면서 용접작업이 이루어지도록 되어 있으나 팀 프로젝트는 캠과 링크를 이용해 구동부가 움직이므로 이 특허와 차별성이 있다.

#### (5) 자동용접 시스템

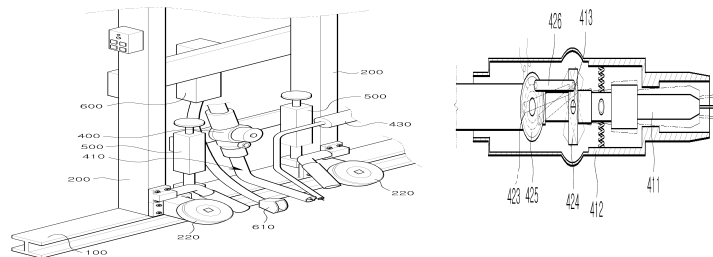


Fig 2-1-15. 자동용접 시스템

Fig 2-1-15는 자동용접 시스템으로 출원번호는 10-2012-0049685이다. 이 특허는 주로 장애물이 없고 용접부위가 긴 곳을 레일을 따라 이동하면서 위빙 용접하는 위빙토치를 구비한 갠트리 용접장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 평행한 한 쌍의 레일과, 상기 레일 상에 안착되어 전, 후로 주행하는 한 쌍의 지지다리와, 상기 한 쌍의 지지다리 상단 부를 서로 연결하는 수평프레임과, 상기 수평프레임을 서로 연결하는 몸체와, 상기 한 쌍의 지지다리 사이에 설치되는 용접기본체와, 상기 한 쌍의 지지다리에 설치되는 용접기본체를 상, 하로 이송하는 승강수단과, 상기 용접기본체의 하부로 장착되고, 요동수단에 의해 요동되면서 진행방향으로 위빙 용접하는 위빙토치와, 상기 용접기본체의 일측에 배치되어 용접할 위치에 와이어를 공급하는 와이어공급기와, 상기 지지다리의 하부에 설치되어 상기 위빙 토치와, 용접 궤선과의 간격을 유지하게 하면서 상기 위빙토치를 용접 궤선을 따라 안내하는 가이드롤러가 포함되고, 이때 상기 요동수단으로 힌지 축으로 토치하우징에 고정된 토치본체의 측면에 서로 대향지게 구성되는 한 쌍의 영구자석과, 상기 영구자석의 외측에 구성되는 전자석이 포함되거나, 상기 요동수단으로 힌지 축으로 토치하우징에 고정된 토치본체의 일 측에 구성되는 편심 편과, 구동 모터 및 상기 구동 모터 회전축에 구성되는 편심륜과, 상기 편심 편과 편심륜을 연결하는 링크가 포함될 수도 있다.

따라서 상술한 구성에 의해 레일을 따라 이동하는 갠트리에 위빙토치가 구비된 용접장치를 구성해 장시간 용접 시에도 용접 토치의 위빙 패턴의 왜곡 없이 안정된 용접을 수행할 수 있도록 하고, 적절한 용접에 필요한 용탕을 유지되어 블로우 홀이 개선되어 평활도가 향상됨은 물론 용접속도가 증가되어 생산성이 증가되며, 위빙토치 일측에 구성된 흡입노즐에 의해 용접 작업 시 발생하는 스파터나 용접 연기, 용접 불꽃 등이 흡입 제거 되어, 스파터나 용접 연기, 용접 불꽃이 위빙토치 내로 유입되는 것을 방지해 위빙토치 내부의 결함을 사전에 방지할 수 있다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 링크를 토치와 바로 직결시켰고 장시간 용접 시에도 용접토치의 위빙 패턴의 왜곡 없이 안정된 용접을 수행할 수 있도록 하였고, 팀 프로젝트는 모션에 링크를 연결하여 간섭을 적게 하고 본 특허보다 안정된 용접을 수행 할 수 있으므로 이 특허와 차별성이 있다.

## (6) 자동 용접기의 토오치 회동장치

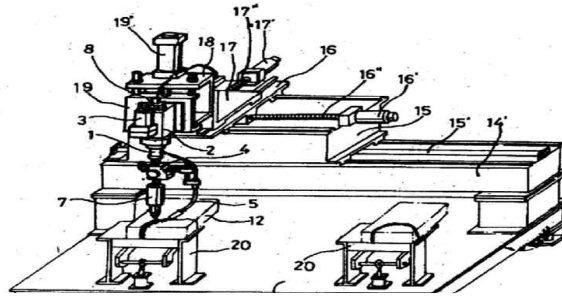


Fig 2-1-16. 자동 용접기의 토오치 회동장치

Fig 2-1-16은 자동용접기의 토오치 회동장치로 출원번호는 실1989-0004989이고 출원날짜는 1989년 04월 24일이다. 이 고안은 CO<sub>2</sub>용접, MIG용접 테드 및 용접등에 사용되는 자동용접기의 토오치 회동장치에 관한 것으로서, 용접기의 토오치를 세팅하는 로봇트 암이 360°회동토록 하여 원형용접은 물론, 타원 용접, 피상곡선 용접등 용접부위의 형상에 관계없이 쉽게 용접토록 함에 목적이 있다. 종래의 경우 용접을 함에 있어서 작업자가 토오치를 잡고 직접 용접을 하였기 때문에, 이때 발생하는 인체에 유해한 자외선 등으로 인하여 작업자의 건강을 해치는 등 많은 문제점이 있었으며, 이를 보완하기 위하여 로봇암을 이용한 자동용접기가 개발되었으나, 이 또한 그 작동 범위가 극히 단순하여 부분 용접이나 점용접등 단순작업은 가능하지만, 용접부위가 원형이거나 타원형, 파상곡변형 등 복잡한 구성일때는 용접이 불가능하였으며, 이를 보완하고자 일본 특허공보 소 57-68219호등 작업대를 회전토록한 구성이 있으나, 이 또한 그 구성이 복잡하고 중량이 무거운 가공물을 용접할 때는 그 움직임이 정밀하지 못하여 용접불량이 많이 발생할 뿐만아니라, 용접위치 변경이 용이치 못하여 복잡한 형상의 용접에는 이용되지 못하는 것이 허다한 현 실정이었으나 이를 보완한 고안이다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 로봇을 이용해 360° 회동토록 하지만 본 프로젝트는 링크와 캠의 합성으로 움직임을 이끌어 낼 것이며 로봇을 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램을 사용하지 않고 모터만을 동력으로 한 간단한 구조의 자동용접기를 만드는 점과 다르다.

## (7) 다기능 자동용접기

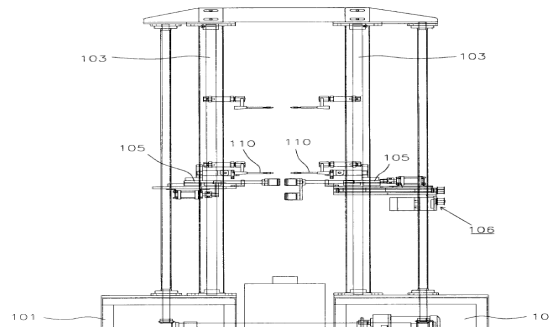


Fig 2-1-17. 다기능 자동용접기

Fig 2-1-17은 다기능 자동용접기로 출원번호는 20-1999-0018986이고 출원 날짜는 1999년 09월 07일이다. 이 고안은 다기능 자동용접기에 관한 것으로, 자동점화가 가능하고 토오치의 높이조절이 가능하여 다양한 제품을 자동으로 용접할 수 있으며, 냉각 장치가 마련되어 연소반응을 일정하게 유지할 수 있으며, 용접가스의 압력이 일정하게 유지될 수 있도록 하여 용접효율이 향상되며, 토오치 화구의 막힘현상이 방지될 수있으며, 냉각시스템을 구비하여 연소반응이 일정하도록 하고, 에어커튼이 형성되어 용접대상물을 냉각시킬 수 있도록 한 것이다. 이를 위해, 다기능 자동용접기, 베이스프레임(101); 베이스프레임(101) 상에서 상부로 상향 연장되게 설치되는 수직프레임(103); 수직프레임(103)을 따라 상하로 승강가능하게 설치되는 수직 이동부재(105); 수직이동부재(105)에 장착되어 용접화염을 외부로 방출 하는 용접용 토오치(110); 및 수직이동부재(105) 및 용접용 토오치(110)의 작동을 제어하는 제어부(107)를 포함하여, 제어부(107)가 수직이동부재(105) 및 용접용 토오치(110)의 작동을 제어함으로써, 용접용 토오치(110)가 상하로 이동하여 용접대상물을 자동으로 용접하는 것을 특징으로 한다.

본 과제와의 차별성으로는 이 특허는 레일을 타고 움직이며 자동점화가 가능하며, 냉각장치를 마련하고 압력을 유지하는 등 제어부가 존재하지만 본 프로젝트는 제어 없이 기계적인 힘인 캠과 링크만으로 자동 용접이 가능하게 하는 것이 목표인 점이 이 고안과는 다른 점이다.

## 2.2 상세설계

### 1) 캠 해석

#### (1) 캠 설계의 목표

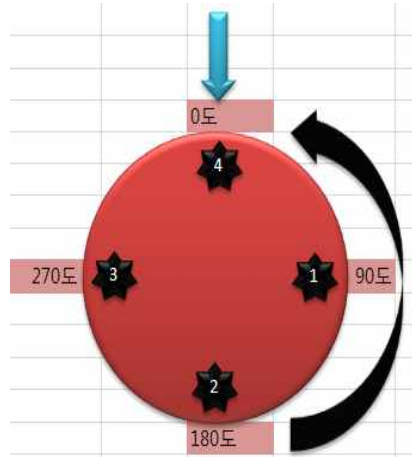


Fig 2-2-1. 캠 설계

캠의 설계 목표는 2초 동안 두 번의 상승과 하강을 하여야 한다.

종동절이 상승 할 때와 하강 할 때의 수식이 다르므로 Fig 2-2-1처럼 구간 별로 나누어보면 다음과 같다.

- 1) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 상승. (0deg~90deg)
- 2) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 하강. (90deg~180deg)
- 3) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 상승. (180deg~270deg)
- 4) 사이클로이드 운동을 이용하여 0.5초내로 2mm 하강. (270deg~360deg)

주기(T)는 2초로 하고, 캠 회전속도(RPM)는 2초에 1바퀴 돌아야 하므로 30RPM으로 한다.

시간(t)는 0.1초 단위로 하고 H는 높이로 2mm로 한다.

#### (2) 변위 해석

Fig 2-2-1을 보면 1번구간과 3번구간이 상승구간이므로 사이클로이드 상승에 대한 변위 식은 수식 (1)과 같다.

$$s = H\left[\left(\frac{t}{T}\right) - \frac{1}{2\pi} \times \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)\right] \text{----- (1)}$$

Fig 2-2-1을 보면 2번구간과 4번구간이 하강구간이므로 사이클로이드 하강에 대한 변위 식은 수식 (2)와 같다.

$$s = H[1 - (\frac{t}{T}) + \frac{1}{2\pi} \times \sin(\frac{2\pi t}{T})] \dots\dots\dots (2)$$

수식 (1)과 (2)를 이용해 시간(t)과 각도(°)에 따른 Z축의 변위를 표로 나타내면 Table 2-2-1과 같다.

Table 2-2-1. 캠의 변위

시간(s)	각도(°)	Z축의 s (mm)
0	0	0
0.1	18	0.393019243
0.2	36	0.786041843
0.3	54	1.179071158
0.4	72	1.572110539
0.5	90	2
0.6	108	1.606980757
0.7	126	1.213958157
0.8	144	0.820928842
0.9	162	0.427889461
1	180	0
1.1	198	0.393019243
1.2	216	0.786041843
1.3	234	1.179071158
1.4	252	1.572110539
1.5	270	2
1.6	288	1.606980757
1.7	306	1.213958157
1.8	324	0.820928842
1.9	342	0.427889461
2	360	0

캠에 따른 변위는 위의 설계 목표처럼 0deg에서 90deg까지 0.5초내로 상승하고 90deg에서 180deg에서 0.5초내로 하강하고 180deg에서 270deg까지 0.5초내로 상승하고 270deg에서 360deg까지 0.5초내로 하강한 것을 Table 2-2-1에서 확인 할 수 있다.

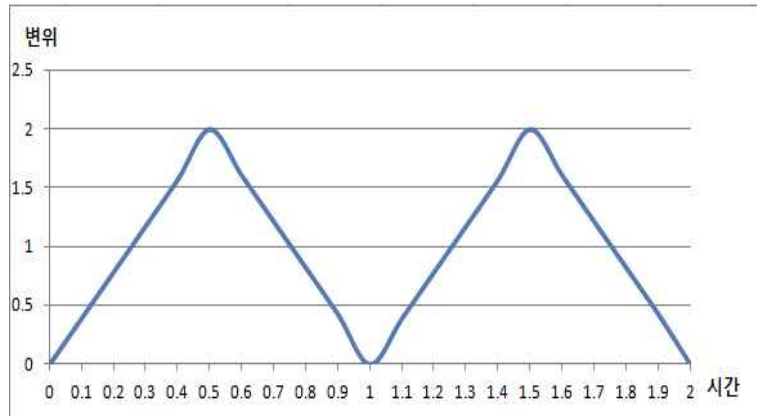


Fig 2-2-2. 캠의 변위선도

Fig 2-2-2는 캠 변위선도로 Table 2-2-1의 캠의 변위 값을 시간과 변위에 대한 그래프로 나타낸 것으로 주기는 2초, RPM은 30RPM, 최고변위는 2mm인 것을 알 수 있다.

### (3) 속도 해석

Fig 2-2-1을 보면 1번구간과 3번구간이 상승구간이므로 사이클로이드 상승에 대한 속도 식은 수식 (3)과 같다.

$$v = \frac{H}{T} \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right] \text{-----(3)}$$

Fig 2-2-1을 보면 2번구간과 4번구간이 하강구간이므로 사이클로이드 하강에 대한 속도 식은 수식 (4)와 같다.

$$v = -\frac{H}{T} \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right] \text{-----(4)}$$

수식 (3)과 (4)를 이용해 시간(t)과 각도(°)에 따른 Z축의 속도를 표로 나타내면 Table 2-2-2와 같다.

Table 2-2-2. 캠의 속도

시간(s)	각도(°)	Z축의 v (mm/s)
0	0	0
0.1	18	0.000962027
0.2	36	0.003847643
0.3	54	0.008655463
0.4	72	0.015383171
0.5	90	0
0.6	108	-0.000962027
0.7	126	-0.003847643
0.8	144	-0.008655463
0.9	162	-0.015383171
1	180	0
1.1	198	0.000962027
1.2	216	0.003847643
1.3	234	0.008655463
1.4	252	0.015383171
1.5	270	0
1.6	288	-0.000962027
1.7	306	-0.003847643
1.8	324	-0.008655463
1.9	342	-0.015383171
2	360	0

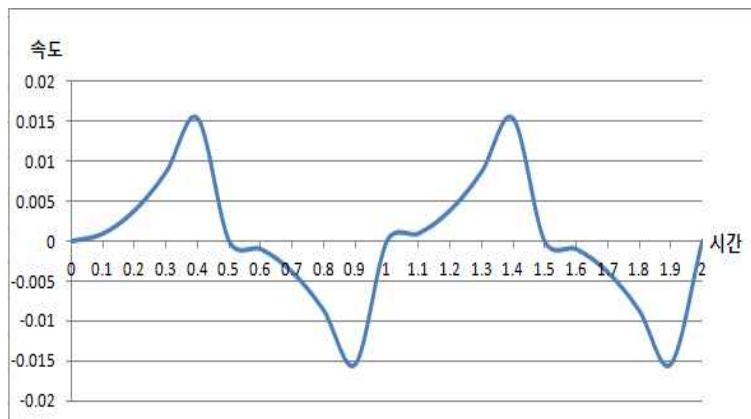


Fig 2-2-3. 캠의 속도선도

Fig 2-2-3은 캠의 속도선도로 Table 2-2-2의 캠의 속도 값을 시간과 속도에 대한 그래프로 나타낸 것이다.



(4) 가속도 해석

Fig 2-2-1을 보면 1번구간과 3번구간이 상승구간이므로 사이클로이드 상승에 대한 가속도 식은 수식 (5)와 같다.

$$a = \frac{2\pi H}{T^2} \times \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \text{-----}(5)$$

Fig 2-2-1을 보면 2번구간과 4번구간이 하강구간이므로 사이클로이드 하강에 대한 가속도 식은 수식 (6)과 같다.

$$a = -\frac{2\pi H}{T^2} \times \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \text{-----}(6)$$

수식 (5)와 (6)을 이용해 시간(t)과 각도(°)에 따른 Z축의 가속도를 표로 나타내면 Table 2-2-3과 같다.

Table 2-2-3. 캠의 가속도

시간(s)	각도(°)	Z축의 a (mm/s <sup>2</sup> )
0	0	0
0.1	18	1.102423297
0.2	36	2.20471402
0.3	54	3.30673961
0.4	72	4.408367543
0.5	90	0
0.6	108	-1.102423297
0.7	126	-2.20471402
0.8	144	-3.30673961
0.9	162	-4.408367543
1	180	0
1.1	198	1.102423297
1.2	216	2.20471402
1.3	234	3.30673961
1.4	252	4.408367543
1.5	270	0
1.6	288	-1.102423297
1.7	306	-2.20471402
1.8	324	-3.30673961
1.9	342	-4.408367543
2	360	0

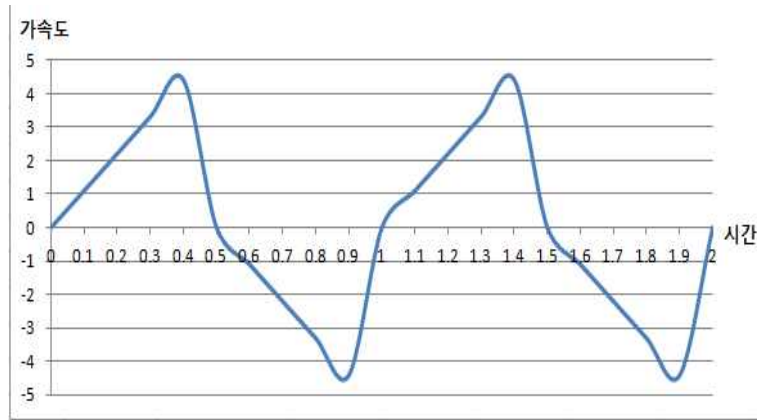


Fig 2-2-4. 캠의 가속도 선도

Fig 2-2-4는 캠의 가속도선도로 Table 2-2-3의 캠의 가속도 값을 시간과 가속도에 대한 그래프로 나타낸 것이다.

### (5) 캠 형상

캠 형상을 그리기 위해서는 델타( $\delta$ ) 값을 구해야 한다. 델타( $\delta$ )값의 수식은 (7)과 같다.

$$\delta = \tan^{-1} \left[ \left( \frac{v}{w} \right) \times \frac{(R_f + R_b + s)}{(R_f + R_b + S)^2} \right] \text{-----}(7)$$

여기서,

$R_f$  = 플러 종동절의 반지름으로 10mm이다.

$v$  = 캠 종동절의 순간속도이다.

$w$  = 시간당 라디안 단위의 회전속도이다.

캠의 좌표인  $R_x$ 와  $R_y$ 를 구하는 수식은 (8)과 (9)와 같다.

$$R_x = [R_f + R_b + s] \sin \Phi + R_f \sin (\Phi - \delta) \text{-----}(8)$$

$$R_y = [R_f + R_b + s] \cos \Phi - R_f \cos (\Phi - \delta) \text{-----}(9)$$

여기서,

$R_x$  = 캠 표면 형상의 x좌표이다.

$R_y$  = 캠 표면 형상의 y좌표이다.

$R_b$  = 기초원의 반지름으로 30mm이다.

$\Phi$  = 본 위치에서 캠 회전의 반대방향으로 측정된 캠 회전각이다.

s = 캠 각  $\Phi$ 에서 종동절의 변위이다.

캠의 좌표를 구하기 위한 변수와 Rx와 Ry의 값을 표로 나타내면 Table 2-2-4와 같다.

Table 2-2-4. 캠의 좌표

시간(s)	각도(°)	변위(mm)	속도(mm/s)	델타( $\delta$ )	Rx(mm)	Ry(mm)
0	0	0	0	0	30	0
0.1	18	0.393019	0.000962	4.55E-05	28.90548	-9.39197
0.2	36	0.786042	0.003848	0.00018	24.90641	-18.0956
0.3	54	1.179071	0.008655	0.000401	18.32654	-25.2244
0.4	72	1.572111	0.015383	0.000707	9.756201	-30.0269
0.5	90	2	0	0	1.96E-15	-32
0.6	108	1.606981	-0.00096	-4.4E-05	-9.76709	-30.06
0.7	126	1.213958	-0.00385	-0.00018	-18.3471	-25.2526
0.8	144	0.820929	-0.00866	-0.0004	-24.9346	-18.1161
0.9	162	0.427889	-0.01538	-0.00073	-28.9386	-9.40286
1	180	0	0	0	-30	-3.7E-15
1.1	198	0.393019	0.000962	4.55E-05	-28.9055	9.391967
1.2	216	0.786042	0.003848	0.00018	-24.9064	18.09561
1.3	234	1.179071	0.008655	0.000401	-18.3265	25.22444
1.4	252	1.572111	0.015383	0.000707	-9.7562	30.0269
1.5	270	2	0	0	-5.9E-15	32
1.6	288	1.606981	-0.00096	-4.4E-05	9.767087	30.06003
1.7	306	1.213958	-0.00385	-0.00018	18.34708	25.25264
1.8	324	0.820929	-0.00866	-0.0004	24.93461	18.11614
1.9	342	0.427889	-0.01538	-0.00073	28.9386	9.402856
2	360	0	0	0	30	7.35E-15

Table 2-2-4의 Rx와 Ry값의 좌표 값을 이용해 캠의 형상을 모형으로 나타내면 Fig 2-2-5와 같다.

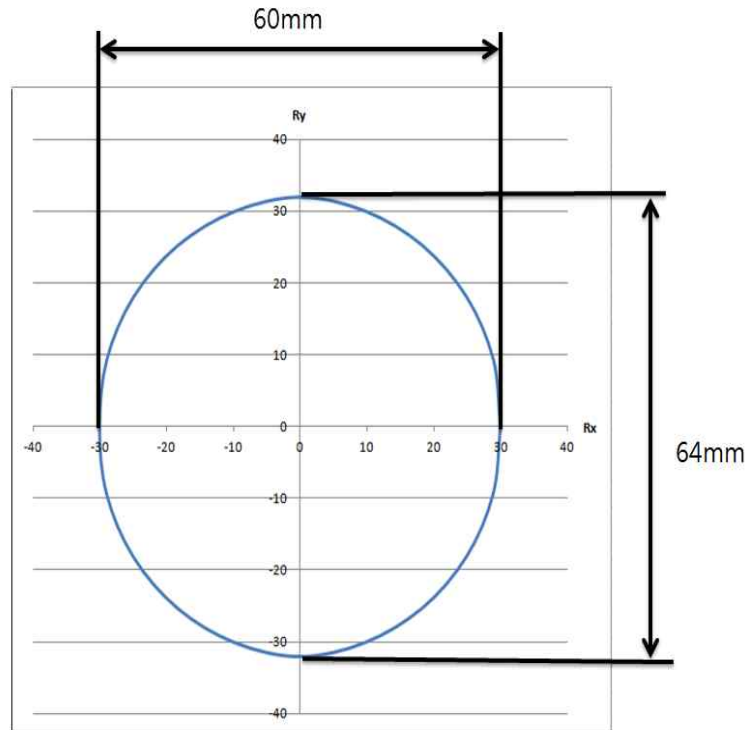


Fig 2-2-5. 캠의 형상

Fig 2-2-5를 보면 지름 64mm인 정원에서 좌측으로 2mm, 우측으로 2mm 만큼 줄어든 오목한 타원형 모양의 캠을 가지는 것을 확인 할 수 있다.

## 2) 링크 해석

### (1) 링크 구조의 설계

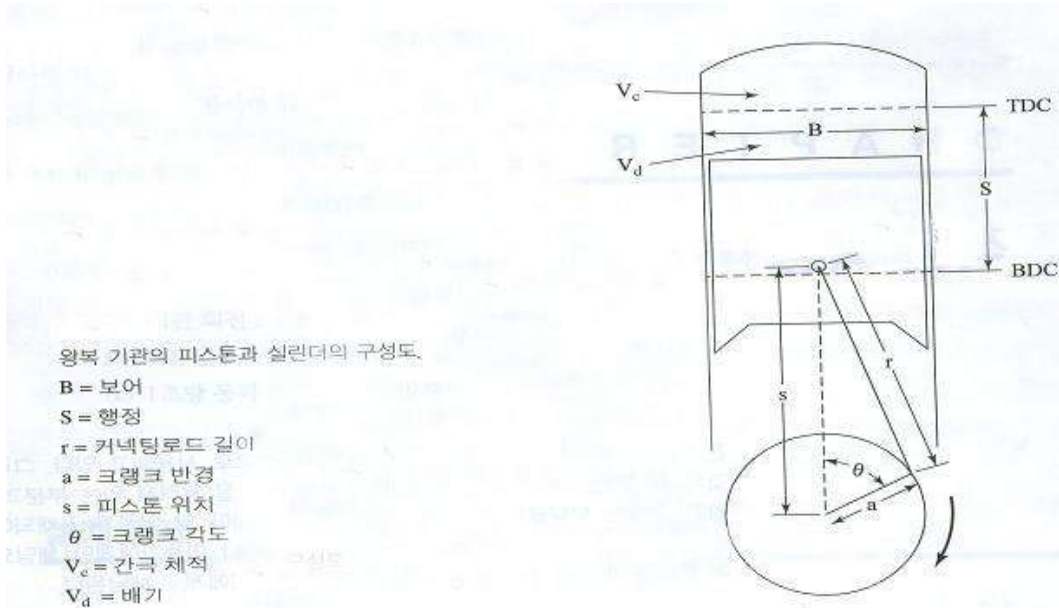


Fig 2-2-6. 링크의 구조

보어  $B$ , 크랭크반경  $A$ , 행정  $S$ 인 기관이 기관 속도  $N$ 으로 움직인다고 보자.

(Fig 2-2-6. 참고)

모터의 주기(T)는 2초로 하고, 모터의 회전수(RPM)은 30으로 한다.

행정을 구하기 위한 수식은 (10)과 같다.

$$S = 2a \text{ -----(10)}$$

설계하고자 하는  $S$ (행정의 길이)는 20mm이므로 크랭크 반경 X축의 크랭크 반경( $a$ )은 수식 (11)과 같다.

$$a = \frac{S}{2} = \frac{20(mm)}{2} = 10(mm) \text{ -----(11)}$$

커넥팅로드 길이인  $r$ 값을 구하기 위해서는 크랭크 반경에 대한 커넥팅로드 길이의 비인  $R$ 값을 정해주어야 하는데, 이  $R$ 값은 설계 시 5~18으로 지정하므로 본 과제에서는  $R$ 값을 12.7으로 지정한다.

커넥팅로드 길이는 수식 (12)와 같다.

$$r = R \times a = 12.7 \times 10(mm) = 127(mm) \text{ -----(12)}$$

(2) 변위 해석

크랭크축과 커넥팅로드 사이의 길이  $s$ (변위)는 수식 (13)과 같다.

$$s = a \cos \theta + \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \theta} \quad \text{-----(13)}$$

$a$  = 크랭크 반경

$r$  = 커넥팅로드 길이

$\theta$  = 실린더 중심선으로부터 측정되고, TDC에서 0인 크랭크 각 이다.

수식 (13)을 이용해 시간(t)과 각도(°)에 따른 X축의 변위를 표로 나타내면 Table 2-2-5와 같다.

Table 2-2-5. 링크의 변위

각도(°)	시간(s)	X축의 변위(mm)	0을 기준으로 했을 때(mm)
0	0	137	0
18	0.1	136.4729645	0.527035483
36	0.2	134.9540767	2.045923252
54	0.3	132.6199101	4.380089934
72	0.4	129.7335636	7.266436426
90	0.5	126.6056871	10.39431292
108	0.6	123.5532237	13.44677631
126	0.7	120.864205	16.13579498
144	0.8	118.7737369	18.22626314
162	0.9	117.4518342	19.54816581
180	1	117	20
198	1.1	117.4518342	19.54816581
216	1.2	118.7737369	18.22626314
234	1.3	120.864205	16.13579498
252	1.4	123.5532237	13.44677631
270	1.5	126.6056871	10.39431292
288	1.6	129.7335636	7.266436426
306	1.7	132.6199101	4.380089934
324	1.8	134.9540767	2.045923252
342	1.9	136.4729645	0.527035483
360	2	137	0

링크에 따른 변위는 위의 설계 목표처럼 0deg에서 180deg까지 1초내로 20mm 움직이고 180deg에서 360deg까지 1초내로 0으로 복귀 한 것을 Table 2-2-5에서 확인 할 수 있다.

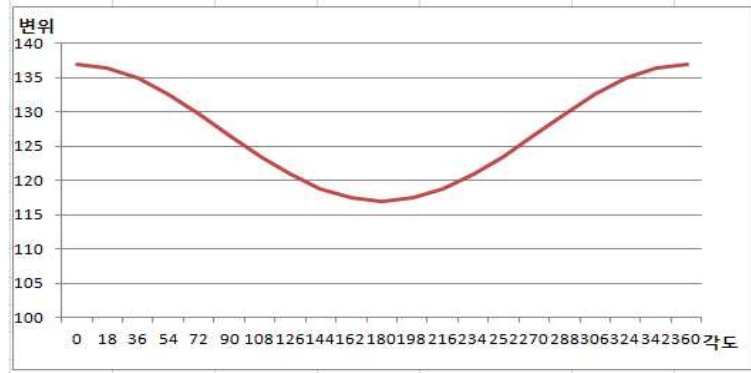


Fig 2-2-7. 링크의 변위 선도

Fig 2-2-7은 링크의 변위선도로 Table 2-2-5의 링크의 변위 값을 각도와 변위에 대한 그래프로 나타낸 것으로 주기는 2초, RPM은 30RPM, 117mm에서 137mm까지 20mm 움직인 것을 알 수 있다.

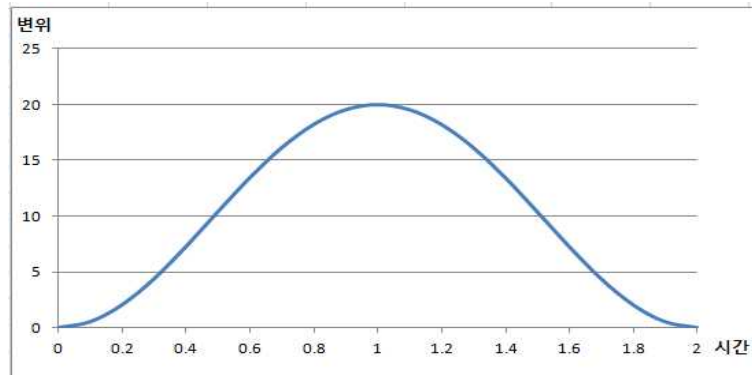


Fig 2-2-8. 링크의 변위 선도 (0을 기준)

Fig 2-2-8은 위의 Fig 2-2-7의 링크 변위선도를 시작점을 0으로 하였을 때 나타낸 그래프로 2초간 0mm에서 20mm 움직임을 알 수 있다.

(3) 속도 해석

모터 속도는 30RPM으로 하고 X축 증가분은 18°이다. 회전수와 시간은 수식 (14)와 (15)는 다음과 같다.

$$\Delta\theta = x\text{축증가분} \times \left(\frac{1}{360}\right) = 18^\circ \times \left(\frac{1}{360}\right) = 0.05 \text{ rev} \quad \text{-----}(14)$$

$$\Delta t = \left(\frac{\Delta\theta}{w}\right) = 0.001667 \text{ min} = \Delta t \times \left(\frac{60}{1}\right) = 0.1 \text{ s} \quad \text{-----}(15)$$

평균 피스톤 속도에 관한 수식은 (16)과 같고 그 값은 수식 (17)이다.

$$\overline{U_p} = 2SN \quad \text{-----}(16)$$

$$\overline{U_p} = 2 \times 20 \times 30 \div 60 = 20 \text{ mm/sec} \quad \text{-----}(17)$$

- N은 분당 회전수로, 2초당 1회전해야하므로 N은 30RPM이다.
- 여기서 N은 RPM,  $\overline{U_p}$ 는 mm/sec, 그리고 B, a, S는 mm로 주어진다.

여기서, s를 시간에 대해 미분하면, 수식 (18)과 같은 순간 피스톤 속도  $U_p$ 를 얻을 수 있다.

$$U_p = \frac{ds}{dt} \quad \text{-----}(18)$$

순간 피스톤 속도를 평균 피스톤 속도로 나누면 수식 (19)와 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{U_p}{\overline{U_p}} = \left(\frac{\pi}{2}\right) \sin\theta \left[1 + \left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{R^2 - \sin^2\theta}}\right)\right] \quad \text{-----}(19)$$



수식 (17)과 (19)를 이용해 시간(t)과 각도(°)에 따른 X축의 평균속도와 순간속도를 표로 나타내면 Table 2-2-6과 같다.

Table 2-2-6. 링크의 속도

시간(s)	각도(°)	평균속도(mm/s)	순간속도(mm/s)
0	0	20	0
0.1	18	20	10.43527809
0.2	36	20	19.6435352
0.3	54	20	26.59517025
0.4	72	20	30.60758653
0.5	90	20	31.41592654
0.6	108	20	29.15222063
0.7	126	20	24.24330868
0.8	144	20	17.28938478
0.9	162	20	8.978812614
1	180	20	3.54626E-15
1.1	198	20	-8.982367987
1.2	216	20	-17.28585317
1.3	234	20	-24.24270651
1.4	252	20	-29.15024824
1.5	270	20	-31.41592654
1.6	288	20	-30.60562241
1.7	306	20	-26.59143335
1.8	324	20	-19.64407693
1.9	342	20	-10.43308511
2	360	20	-8.30581E-15

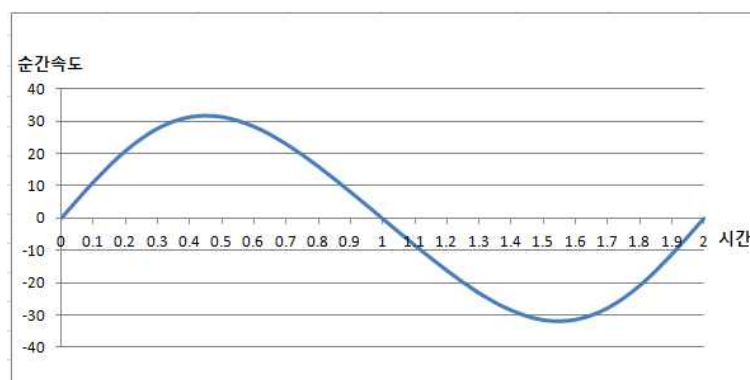


Fig 2-2-9. 링크의 순간속도 그래프

Fig 2-2-9는 링크의 순간속도선도로 Table 2-2-6의 링크의 순간속도 값을 시간과 속도에 대한 그래프로 나타낸 것이다.

## 2.3 부품 및 제원

### 1) 구동부

#### (1) 부품 명칭

Table 2-3-1. 구동부의 부품

품번	품명	제원	수량
①	UP PLATE	150x120x20t	1EA
②	고정 부싱	SHF10	12EA
③	고정부싱 볼트	M5	26EA
④	TORCH MOTION	120x130x37t	1EA
⑤	볼 부싱	LM16	8EA
⑥	캠 플로어	10Ø, 390	1EA
⑦	조인트	완제품	1EA
⑧	토치홀더	완제품	1EA
⑨	DOWN PLATE	150x200x20t	1EA
⑩	UP RAIL	16Ø, 200	4EA
⑪	MOTION	150x200x70t	1EA
⑫	UC 베어링	SBP000	1EA
⑬	DOWN RAIL	16Ø, 200	2EA
⑭	RAIL FIX	40x40x50t	4EA
⑮	MOTION LINK	10Ø, 170	1EA

Table 2-3-1은 구동부의 부품으로 15가지의 부품과 표와 같은 제원을 가진다.

(2) 부품 형상

Table 2-3-2. 구동부의 부품형상

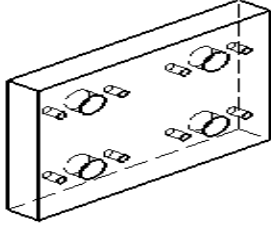
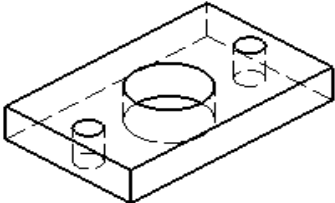
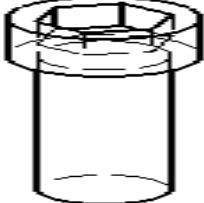
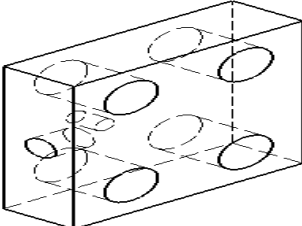
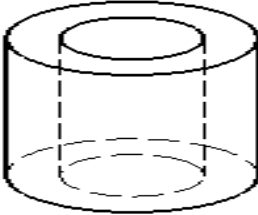

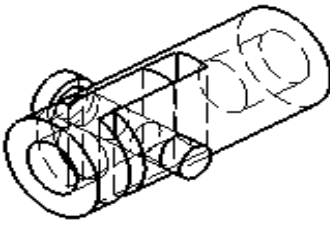
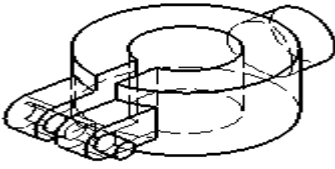
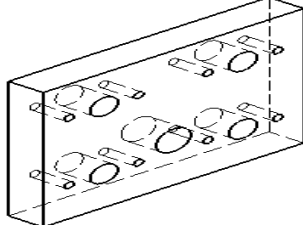

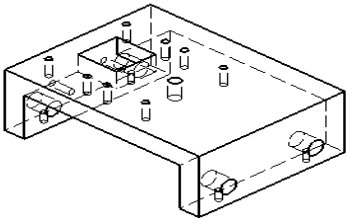
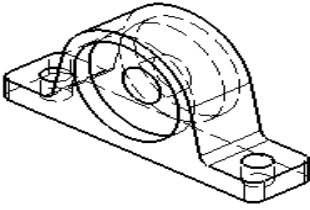

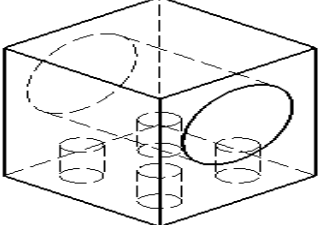

		
① UP PLATE	② 고정부싱	③ 고정부싱 볼트
		
④ TORCH MOTION	⑤ 볼 부싱	⑥ 캠 플로어
		
⑦ 조인트	⑧ 토치홀더	⑨ DOWN PLATE
		
⑩ UP RAIL	⑪ MOTION	⑫ UC 베어링
		
⑬ DOWN RAIL	⑭ RAIL FIX	⑮ MOTION LINK

Table 2-3-2는 구동부의 15가지 부품형상으로 표와 같은 형상을 가진다.

### (3) 부품 조립도

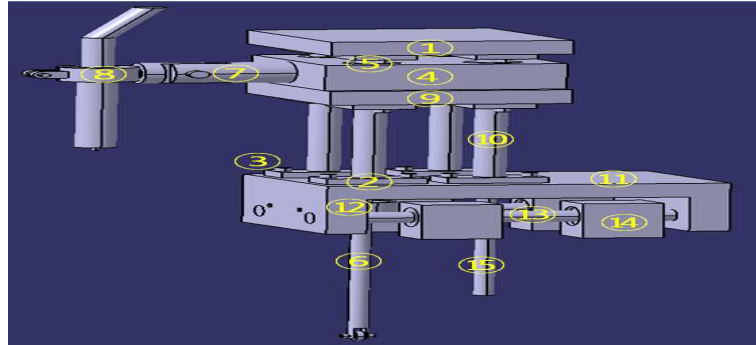


Fig 2-3-1. 구동부의 부품 조립도

Fig 2-3-1은 Table 2-3-1의 15가지 부품이 구동부에 결합되는 위치를 보여준다. Fig 2-3-1의 번호와 Table 2-3-1의 번호는 같다.

### (4) 부품 결합

Fig 2-3-1을 토대로 설명을 하면 구동부는 토치부가 연결된 구동 부분으로 실질적으로 x축의 링크 운동과 z축의 캠 운동이 결합되어 반달의 타원형상을 만들어 주는 부분이다. ①의 UP PLATE 부분은 ②의 고정부싱과 이를 체결해주는 ③의 고정부싱 볼트를 이용해 ⑩의 UPRAIL 4개를 고정시킨다. ④의 TORCH MOTION은 캠이 회전함에 따라 z축으로 상하 운동하는 ⑥의 캠 플로어의 힘을 받아 상하로 움직인다. TORCH MOTION은 토치의 각도를 변경해주는 ⑦의 조인트와 토치를 잡아 주는 ⑧의 토치홀더와 연결된다. 그리고 상하로 유연하게 움직여야 하므로 ⑩의 UPRAIL을 연결할 때 내부에 ⑤의 볼 부싱을 사용하기로 하였다. ⑨의 DOWN PLATE는 ④의 TORCH MOTION이 하강 운동을 할 때 아래로 내려오는 것을 막는 역할을 한다. 이 역시 ②의 고정부싱과 이를 체결해주는 ③의 고정부싱 볼트를 이용해 ⑩의 UPRAIL 4개를 고정시킨다. ⑪의 MOTION은 링크로부터 좌우로 움직이는 힘을 받아 구동부를 X축으로 움직이는 역할을 한다. ⑮의 MOTION LINK가 링크운동의 힘을 ⑪의 MOTION으로 전달 해준다. ⑪의 MOTION은 ⑩의 UPRAIL을 연결하기 위해 ②의 고정부싱과 이를 체결해주는 ③의 고정부싱 볼트를 이용하였다. 그리고 ⑭의 RAIL FIX는 구동부와 프레임을 고정시켜 준 역할을 하며 ⑬의 DOWN RAIL을 좌우로 유연하게 움직여야 하므로 내부에 ⑤의 볼 부싱을 사용하기로 하였다. 마지막으로 ⑫의 UC베어링은 ⑪의 MOTION이 좌우로 움직이면서 ⑥의 캠플로어가 흔들리는 것을 방지해 준다.

## 2) 동력부

### (1) 부품 명칭

Table 2-3-3. 동력부의 부품

품번	품명	제원	수량
①	모터	80x150	1EA
②	감속기	80x15	1EA
③	커플링	SOC-25	1EA
④	베벨기어박스	100x94x38	1EA
⑤	링크 박스	35x25x30t	1EA
⑥	링크	JF10	2EA
⑦	커플링	SOC-25	1EA
⑧	UC 베어링	SBP000	2EA
⑨	캠	30Ø, 40	1EA
⑩	캠 샤프트	10Ø, 160	1EA
⑪	UC SUPPORT	70x20x9t	2EA
⑫	UC BOLT	M6	4EA

Table 2-3-3은 동력부의 부품으로 12가지의 부품과 표와 같은 제원과 수량을 가진다.

(2) 부품 형상

Table 2-3-4. 동력부의 부품 형상

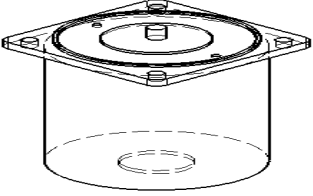
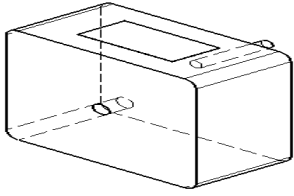
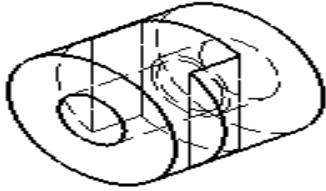
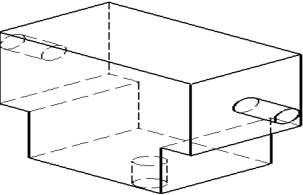
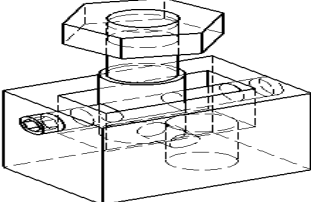
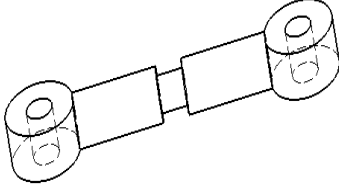
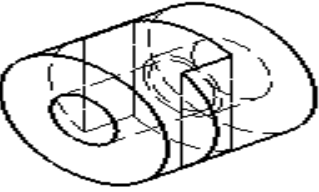
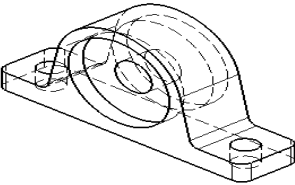
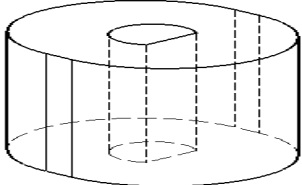
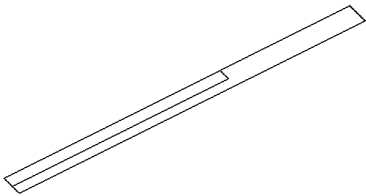
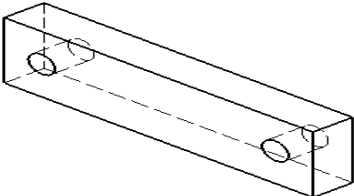
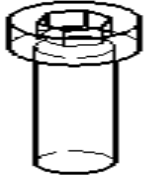
		
① 모터	② 감속기	③ 커플링
		
④ 베벨기어박스	⑤ 링크 박스	⑥ 링크
		
⑦ 커플링	⑧ UC 베어링	⑨ 캠
		
⑩ 캠 샤프트	⑪ UC SUPPORT	⑫ UC BOLT

Table 2-3-4는 동력부의 12가지 부품 형상으로 표와 같은 형상을 가진다.

### (3) 부품 조립도

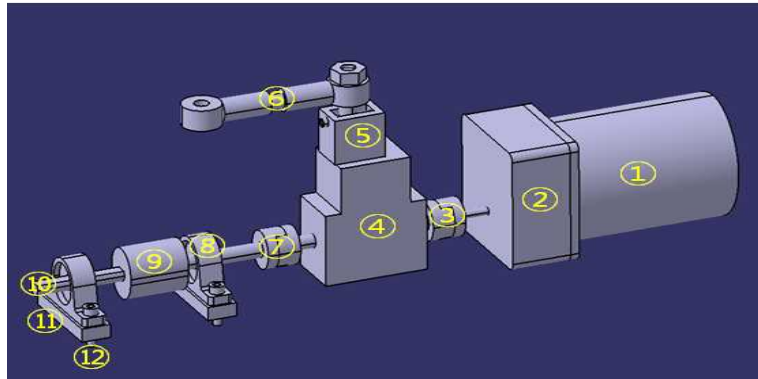


Fig 2-3-1. 구동부의 부품 조립도

Fig 2-3-2는 Table 2-3-3의 12가지 부품이 동력부에 결합되는 위치를 보여준다. Fig 2-3-2의 번호와 Table 2-3-3의 번호는 같다.

### (4) 부품 결합

Fig 2-3-2를 토대로 설명을 하면 동력부는 ①의 모터가 회전을 하면 ②의 감속기가 모터의 속도를 감속시켜준다. ②의 감속기와 ④의 베벨기어박스를 ③의 커플링이 연결해주는 역할을 한다. ①의 모터의 동력을 받은 ④의 베벨기어박스가 x축과 z축으로 회전한다. ⑤의 링크 박스의 회전중심은 x축으로 20mm 운동해야 하므로 베벨기어박스의 회전중심으로부터 10mm 떨어져 있다. 그리고 ⑥의 룯드 베어링 링크가 우측의 ⑤의 링크 박스와 연결되고 좌측에는 구동부의 모션링크와 연결되어 구동부를 x축으로 운동시킨다. 그리고 ④의 베벨기어박스의 z축과 ⑩의 캠 샤프트를 연결해주기 위해 ⑦의 커플링이 사용된다. ⑨의 캠은 ⑩의 캠 샤프트와 연결이 되고 캠은 구동부의 캠 플라워의 종돌절을 통해 토치를 z축으로 힘을 전달해주는 역할을 한다. ⑧의 UC 베어링은 ⑩의 캠 샤프트가 구동부의 무게를 견뎌내야 하므로 ⑨의 캠 양쪽에서 무게를 지지해주는 역할을 한다. 이 UC 베어링의 높이를 모터의 높이와 맞추기 위해서 ⑪의 UC SUPPORT를 아래에 설치하고 ⑫의 UC 볼트를 통해 모터 아래쪽에 위치한 판과 연결된다.

### 3) LM가이드 (시편 부)

#### (1) 부품 명칭

Table 2-3-5. 시편부의 부품

품번	품명	제원	수량
①	LM 가이드	500x95	1EA
②	모터	60x60x100	1EA
③	감속기	60x60x40	1EA
④	PLATE	200x150x10t	1EA
⑤	PLATE BOLT	M5	4EA
⑥	시편	200x150x25t	1EA
⑦	클램프	완제품	4EA

Table 2-3-5는 시편부의 부품으로 7가지의 부품과 표와 같은 제원과 수량을 가진다.

#### (2) 부품 형상

Table 2-3-6. 시편부의 부품 형상

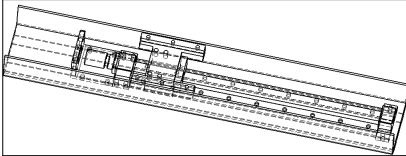
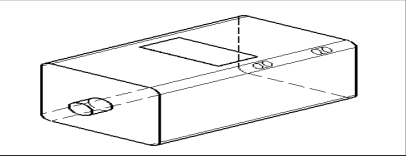
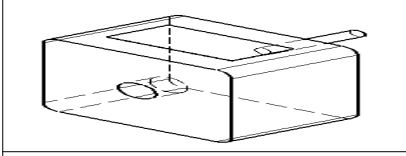
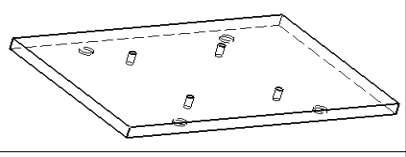
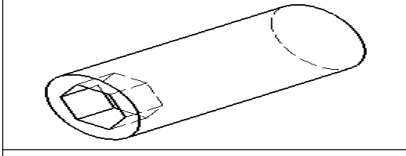
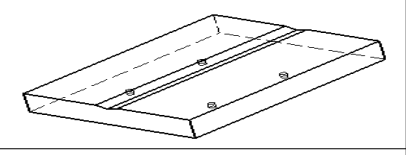
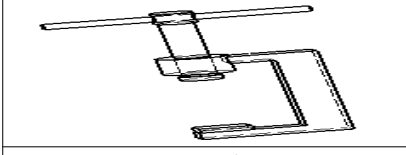
	
① LM 가이드	② 모터
	
③ 감속기	④ PLATE
	
⑤ PLATE BOLT	⑥ 시편
	
⑦ 클램프	

Table 2-3-6은 시편부의 7가지 부품 형상으로 표와 같은 형상을 가진다.



### (3) 부품 조립도

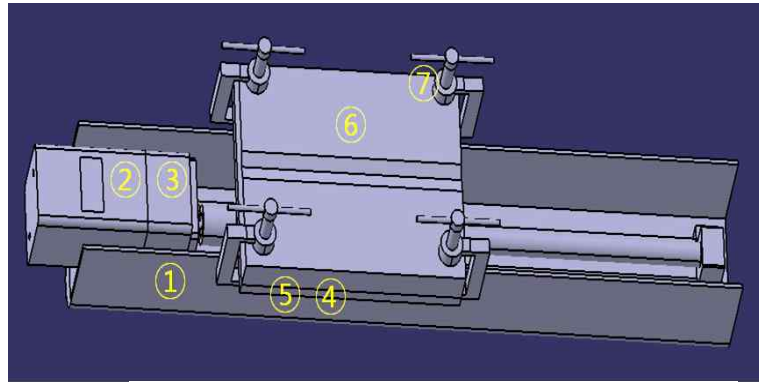


Fig 2-3-3. 시편부의 부품 조립도

Fig 2-3-3은 Table 2-3-5의 7가지 부품이 시편부에 결합되는 위치를 보여준다. Fig 2-3-3의 번호와 Table 2-3-5의 번호는 같다.

### (4) 부품 결합

Fig 2-3-3을 토대로 설명을 하면 시편부는 ①의 LM 가이드 위에 ②의 모터가 장착되고 ③의 감속기가 모터의 속도를 제어해 준다. 여기서 감속기를 통해 분당 20회전의 회전수가 나오게 하여 LM 가이드 위의 시편이 Y축으로 이동하게 한다. ①의 LM가이드 위에 ⑤의 BOLT를 이용해 ④의 PLATE를 고정 시킨다. 그리고 ④의 PLATE 위에 ⑥의 용접할 시편을 얹는다. 이 부분을 고정시키기 위해서 ⑦의 클램프 4개를 사용한다.

#### 4) 고정부

##### (1) 부품 명칭

Table 2-3-7. 고정부의 부품

품번	품명	제원	수량
①	프레임	700x500x700	1EA
②	호스 받침대	60x40x50t	1EA
③	호스 받침봉	16Ø, 300	1EA
④	호스 연결 BOLT	M10	1EA
⑤	고정 부싱	SHF20	1EA
⑥	고정부싱 볼트	M6	2EA
⑦	MOTION PLATE	250x50x5t	2EA
⑧	MOTION PLATE BOLT	M8	4EA
⑨	RAIL FIX BOLT	M8	16EA
⑩	모터 받침대	520x150x190	1EA
⑪	모터 받침대 BOLT	M8	8EA

Table 2-3-7은 고정부의 부품으로 11가지의 부품과 표와 같은 제원과 수량을 가진다.

##### (2) 부품 형상

Table 2-3-8. 고정부의 부품 형상

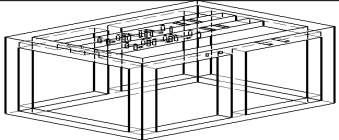
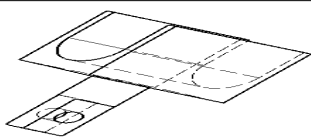
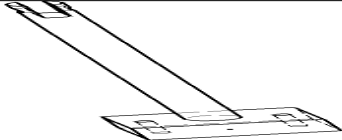
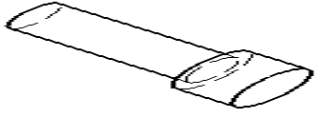
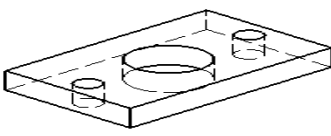
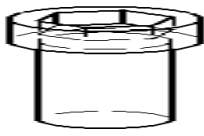
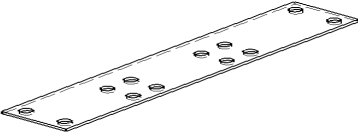
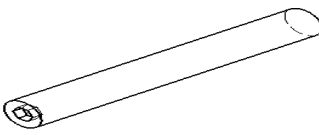
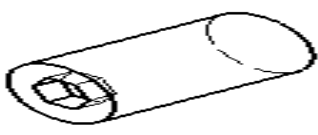
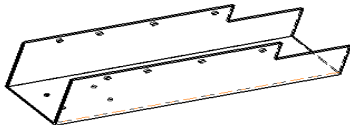
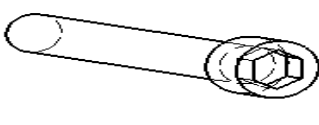
		
① 프레임	② 호스 받침대	③ 호스 받침봉
		
④ 호스 연결 BOLT	⑤ 고정 부싱	⑥ 고정부싱 볼트
		
⑦ MOTION PLATE	⑧ MOTION PLATE BOLT	⑨ RAIL FIX BOLT
		
⑩ 모터 받침대	⑪ 모터 받침대 BOLT	

Table 2-3-8은 고정부의 11가지 부품 형상으로 표와 같은 형상을 가진다.

### (3) 부품 조립도

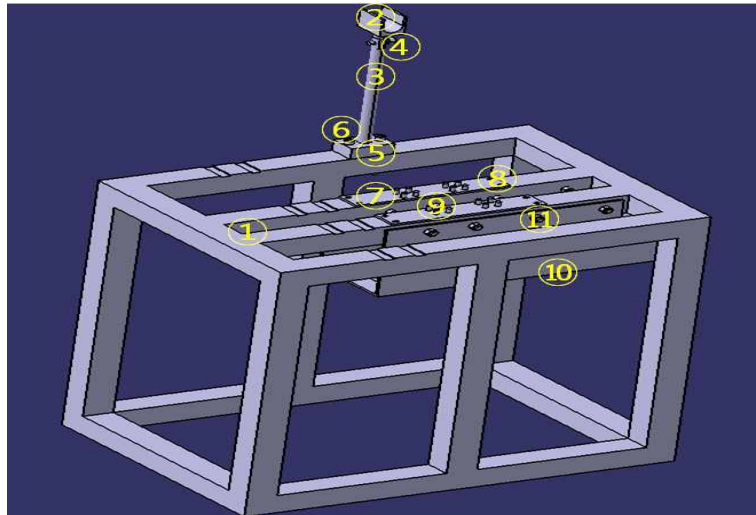


Fig 2-3-4. 고정부의 부품 조립도

Fig 2-3-4는 Table 2-3-7의 11가지 부품이 고정부에 결합되는 위치를 보여준다. Fig 2-3-4의 번호와 Table 2-3-7의 번호는 같다.

### (4) 부품 결합

Fig 2-3-4를 토대로 설명을 하면 고정부는 ①의 프레임은 자동용접기의 뼈대 부분으로 부품들의 하중을 버티고 부품을 고정시키는 역할을 한다.

CO2 용접기의 호스 무게가 상당하므로 이를 지탱해줄 호스 받침대를 설계하고 프레임에 고정시킨다. ②의 호스 받침대와 ③의 호스 받침 봉을 ④의 호스 연결 볼트로 고정을 시키고 이를 프레임에 고정시키기 위해 ⑤의 고정 부시를 이용한다. ⑥의 고정부싱 볼트를 이용해 프레임에 체결시킨다. ⑦의 MOTION PLATE는 구동부의 MOTION 아래 부분으로 구동부의 RAIL FIX를 ①의 프레임과 고정시키기 위해 사용하였다. 프레임과 체결하기 위해 ⑧의 MOTION PLATE BOLT를 사용하였다. 그리고 구동부와 ①의 프레임을 연결시키기 위해 ⑨의 RAIL FIX BOLT를 사용하였다. 그리고 동력부와 ①의 프레임을 연결시키고 동력부의 무게를 지탱하기 위하여 ⑩의 모터받침대를 설계하고 이를 프레임과 연결하기 위해 ⑪의 모터받침대 BOLT를 사용하였다.

## 2.4 구동원리

### 1) 3축의 구동원리

설계하고자 하는 자동용접기는 3차원적인 움직임을 가진다. x축은 링크를 이용한 좌우운동, y축은 LM가이드를 이용한 시편의 y축으로의 이동, z축은 캠을 이용해 상하운동을 한다. x축과 z축의 운동이 합성되어 반달모양의 타원 형태를 가진 위빙형상이 나오게 되고, 시편이 y축으로 움직이면서 토치부를 지나며 용접이 이루어지는 원리이다. 시편이 움직일 LM가이드의 동력으로는 6kw의 모터를 사용하고, 많은 힘이 요해지는 x축과 z축의 동력으로는 150kw의 모터를 사용하기로 한다. 그리고 x축과 z축이 같은 회전속도가 이루어져야 하므로, 동기화를 이루기 위하여 모터를 2개를 사용하는 것이 아니라 한 개의 모터에 2가지 회전축을 가질 수 있도록 베벨기어박스를 사용하였다. 베벨기어박스의 윗 부분의 회전운동은 구동부가 x축으로 움직일 동력이 되고, 베벨기어박스의 좌측 부분의 회전운동은 구동부가 z축으로 움직일 동력이 되는 것이다. x축의 회전운동을 직선운동으로 바꾸어 주기 위해 링크를 사용하였고, z축의 상하운동을 위해 캠을 사용하였다.

#### (1) X축의 구동원리

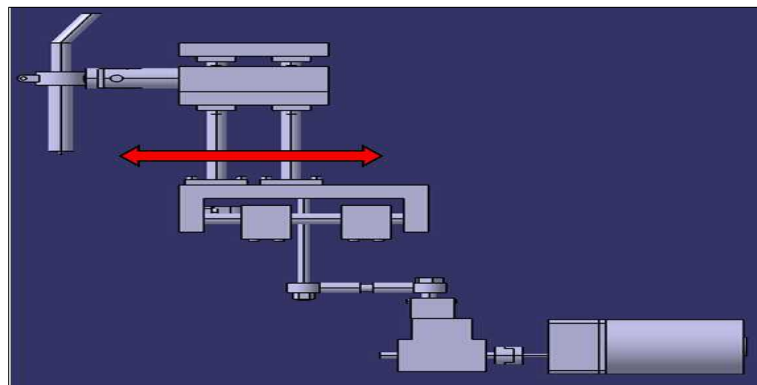


Fig 2-4-1. X축의 구동 원리

Fig 2-4-1은 X축의 구동원리를 보여준다. 모터의 회전수를 감속기가 제어해 준 뒤, 모터에서 나온 회전은 베벨기어박스로 전달된다. 베벨기어박스 위의 편심을 준 링크박스가 회전운동을 하면 링크가 베벨기어박스의 회전운동을 직선운동으로 바꾸어주고, 링크는 구동부와 연결되는 봉을 통해서 구동부를 x축으로 움직이게 한다.

## (2) Y축의 구동원리

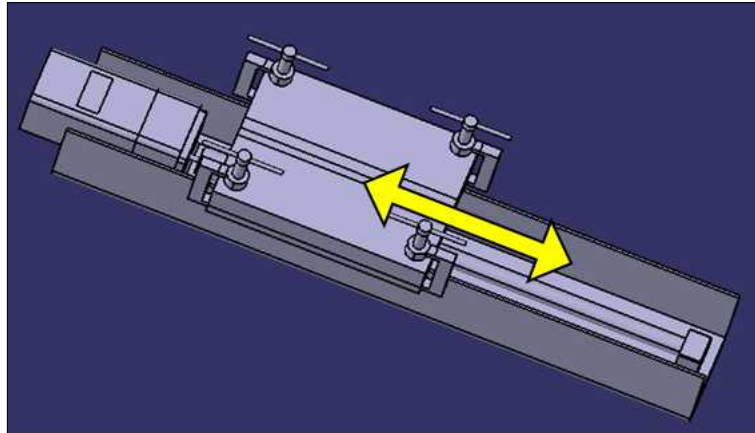


Fig 2-4-2. Y축의 구동 원리

Fig 2-4-2는 Y축의 구동원리를 보여준다. LM가이드 위에 용접 할 시편을 얹고 클램프로 고정시키면 모터의 회전으로 인해 용접 되어야 할 시편이 구동부의 토치 방향으로 내려오게 된다.

## (3) Z축의 구동원리

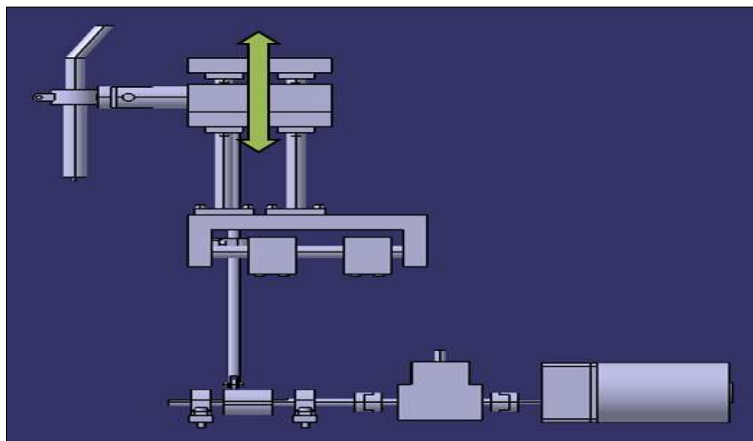


Fig 2-4-3. Z축의 구동 원리

Fig 2-4-3은 Z축의 구동원리를 보여준다. 모터의 회전수를 감속기가 제어해 준 뒤, 모터에서 나온 회전은 베벨기어박스로 전달된다. 베벨기어박스 좌측에서 나온 회전운동으로 캠을 회전시키고, 종동절의 롤러가 캠을 타고 상하로 움직이며 구동부의 토치부를 z축으로 움직이게 한다.

#### (4) 전체 구동원리

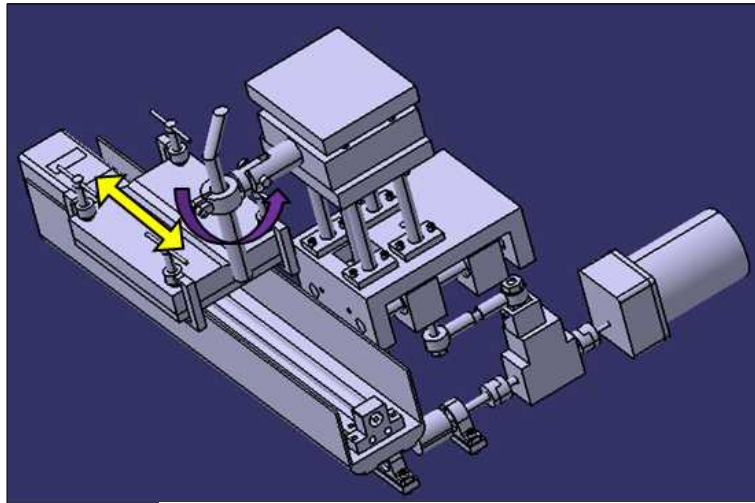


Fig 2-4-4. 전체 구동원리

Fig 2-4-4는 전체적인 구동원리를 보여준다. x축의 링크로 인한 좌우 움직임과, z축의 캠으로 인한 상하 움직임을 합성시켜 그림과 같은 반달모양의 타원움직임의 위빙이 구동부에서 일어나도록 하고, 용접할 시편을 LM가이드를 통해 Y축으로 이동시켜 구동부 토치의 위빙하는 지점을 통과시킴으로써 3차원 용접을 가능하도록 한다.

## 2) 최종 조립 형상

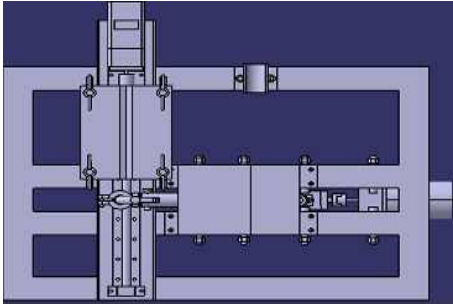


Fig 2-4-5. 평면도

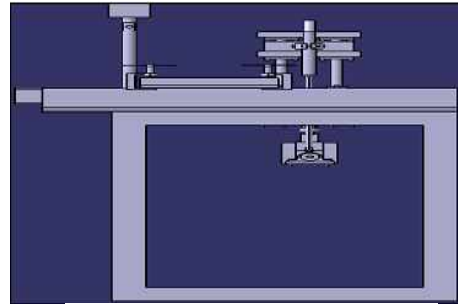


Fig 2-4-6. 좌측면도

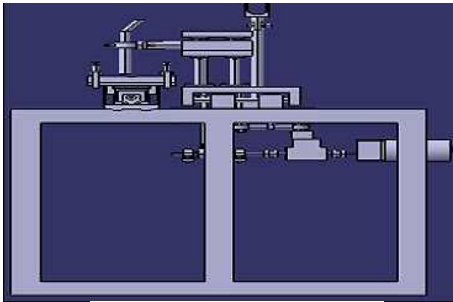


Fig 2-4-7. 평면도

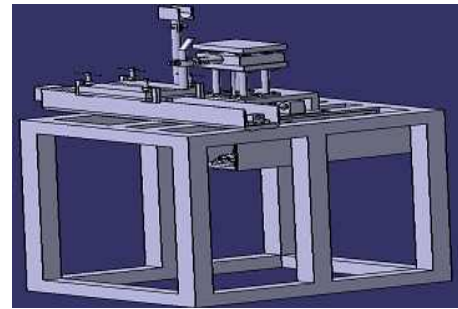


Fig 2-4-8. 입체도

위에서 설명한 구동부와 동력부, 시편부와 고정부를 모두 조립하여 삼각법으로 보면 제품을 평면에서 보았을 때는 Fig 2-4-5와 같은 형상이, 제품을 좌측에서 보았을 때는 Fig 2-4-6과 같은 형상이, 제품을 평면에서 보았을 때는 Fig 2-4-7과 같은 형상이 나온다. 입체적으로 보면 Fig 2-4-8과 같은 전체적인 형상을 볼 수 있다.

### 3. 제작

#### 3.1 공정도

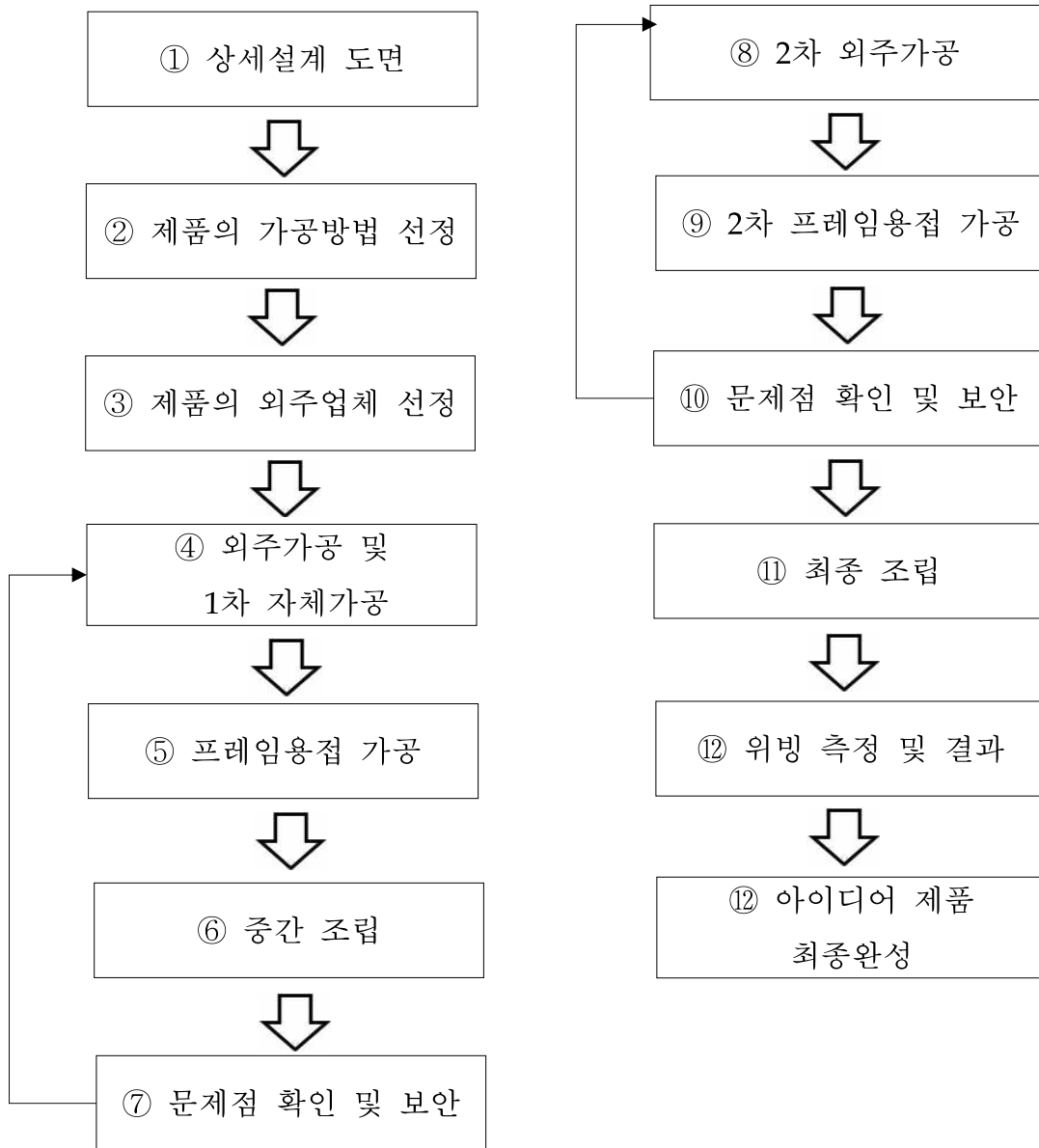


Fig 3-1-1. 제작 공정도

Fig 3-1-1은 제품을 제작해 나가는 과정을 나타낸 것이다. 여러 제품의 가공방법을 선정하는 데 있어서 많은 어려움이 있었다. 이 점은 위의 다이어그램에서 보면 제품의 제작과정에서 다시 가공방법 선정으로 되돌아 온 것을 보면 알 수 있다. 제품의 가공방법 선정과정에서 캠 가공에 앞서서 가공방법에 대해 조사를 하였으며 정밀도를 최소한 1/100로 가공하기 위하여 와이어컷팅이 현명하다는 것을 알 수 있었다. 또한 알루미늄과 아세탈로 여러 제품을 가공하기 위해서 MCT가공과 와이어컷팅 등 가격비교를 해보았으나 정밀도를 그렇게 많이 요하지 않기 때문에 MCT가공을 선택하게 되었다.



## 3.2 제작

### 1) 구동부 제작과정



Fig 3-2-1. 토치모션 조립



Fig 3-2-2. 캠플로어 조립

토치를 움직이게 하는 구동부 조립순서는 다음과 같다. 먼저 Fig 3-2-1은 토치를 잡아주는 토치홀더와 토치의 각도를 조절해주는 유니버설 조인트를 연결하고, 이를 토치가 상하로 움직이고 볼 부쉬가 들어간 토치모션에 장착되는 과정이다. 그리고 Fig 3-2-2는 캠의 동력을 받는 캠 플로어와 토치모션을 결합하는 과정이다.



Fig 3-2-3. UP PLATE 고정



Fig 3-2-4. 토치모션 조립

Fig 3-2-3은 구동부의 맨 윗부분인 UP PLATE와 4개의 UP RAIL을 고정 부쉬로 고정시키는 모습이고 Fig 3-2-4는 상하로 움직이는 토치모션을 4개의 UP RAIL과 결합시키는 과정이다.

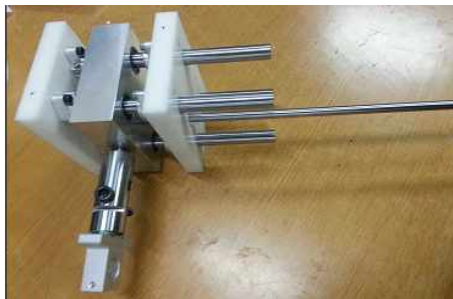


Fig 3-2-5. DOWN PLATE 고정

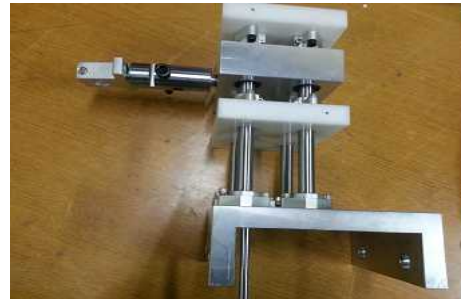


Fig 3-2-6. 모션 조립

Fig 3-2-5는 토치모션을 지지해주는 DOWN PLATE와 4개의 UP RAIL을 고정부쉬로 고정시키는 과정이고 Fig 3-2-6은 구동부를 좌우로 움직이게 하는 모션과 4개의 UP RAIL을 고정부쉬로 고정시키는 과정이다.

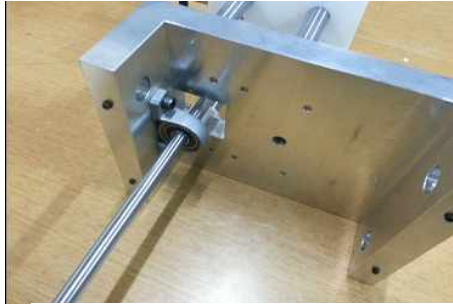


Fig 3-2-7. UC베어링 조립



Fig 3-2-8. DOWN RAIL 고정

Fig 3-2-7은 구동부를 좌우로 움직이게 하는 모션과 캠플로어를 받쳐주는 UC베어링을 조립하는 과정이고 Fig 3-2-8은 구동부를 좌우로 움직이게 하는 모션과 모션을 움직이게 하는 2개의 DOWN RAIL을 고정하는 과정이다.



Fig 3-2-9. 모션링크 조립



Fig 3-2-10. RAIL FIX 고정

Fig 3-2-9는 모션과 링크와 모션이 연결되는 모션링크를 조립하는 과정이고 Fig 3-2-10은 모션을 이끄는 DOWN RAIL과 프레임에 고정시킬 RAIL FIX를 고정시키는 과정이다.

## 2) 동력부 제작과정



Fig 3-2-11. UC베어링 고정



Fig 3-2-12. 캠 결합

구동부에 동력을 전달 해주는 동력부 조립순서는 다음과 같다. 먼저 Fig 3-2-11는 샤프트를 지탱해주는 UC베어링과 모터의 하중을 지지해주는 모터 받침대를 고정시키는 과정이고 Fig 3-2-12는 토치모션을 상하로 움직이게 하는 캠과 이를 회전시키는 샤프트를 결합하는 과정이다.

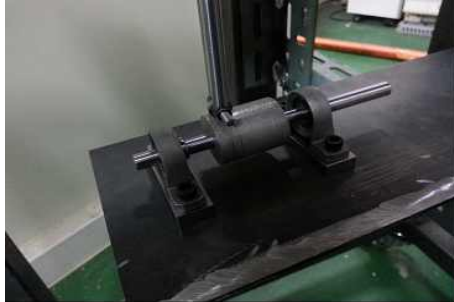


Fig 3-2-13. 캠 플로어 결합



Fig 3-2-14. 링크 결합

Fig 3-2-13은 구동부의 캠 플로어와 이를 위로 밀어주는 캠을 결합하는 과정이고 Fig 3-2-14는 구동부의 링크모션과 이를 좌우로 움직이게 하는 링크를 연결하는 과정이다.



Fig 3-2-15. 베벨기어박스 결합



Fig 3-2-16. 링크박스 결합

Fig 3-2-15는 모터의 동력을 받은 베벨기어박스와 샤프트를 커플링으로 결합하는 과정이고 Fig 3-2-16은 링크박스를 베벨기어박스와 결합하는 과정이다.



Fig 3-2-17. 링크 결합



Fig 3-2-18. 모터 고정



Fig 3-2-17은 회전하는 링크박스과 회전운동을 직선운동으로 바꾸어주는 링크를 결합하는 과정이고, Fig 3-2-18은 모터의 동력을 감속기로 감속시키고 커플링을 통해 감속기와 베벨기어박스를 고정하는 과정이다.

### 3) 시편부



Fig 3-2-19. 시편받침대 결합



Fig 3-2-20. 시편 고정

시편을 LM가이드의 힘으로 Y축으로 움직이게 하는 시편부 조립순서는 다음과 같다. 먼저 Fig 3-2-19는 LM가이드와 시편 밑에 놓일 시편 받침대를 결합하는 과정이고 Fig 3-2-20는 시편받침대와 용접 될 시편을 클램프로 고정시키는 과정이다.

### 4) 프레임부



Fig 3-2-21. 구동부 결합



Fig 3-2-22. 시편부 결합

구동부와 동력부, 시편부를 지지해주는 프레임부 조립순서는 다음과 같다. 먼저 Fig 3-2-21은 뼈대를 이루는 프레임과 구동부의 RAIL FIX를 결합하는 과정이고 Fig 3-2-22은 시편이 Y축으로 움직이게 하는 LM가이드와 프레임을 결합하는 과정이다.



Fig 3-2-23. 동력부 결합



Fig 3-2-24. 바퀴 결합

Fig 3-2-23는 프레임과 동력부를 지지해주는 모터받침대를 결합하는 과정이고 Fig 3-2-24은 프레임과 이동이 원활하게 하는 바퀴를 결합하는 과정이다.

## 5) 파트별 조립형상

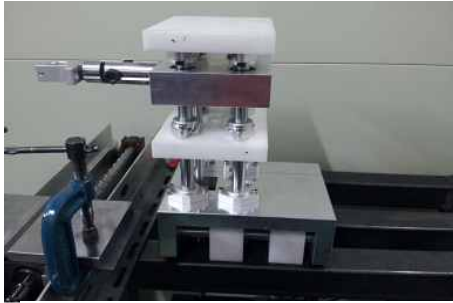


Fig 3-2-25. 구동부 조립형상

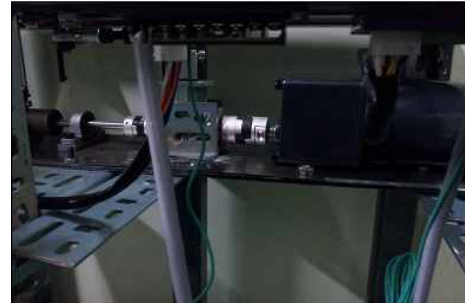


Fig 3-2-26. 동력부 조립형상



Fig 3-2-27. 시편부 조립형상



Fig 3-2-28. 프레임부 조립형상



Fig 3-2-29. 전체조립형상

크게 4가지 파트로 조립한 결과는 다음과 같다. Fig 3-2-25는 토치를 움직이게 하는 구동부의 조립형상이고, Fig 3-2-26는 구동부에 동력을 전달해주는 동력부의 조립형상이다. Fig 3-2-27은 시편을 LM가이드를 통해 Y축으로 이동시켜주는 시편부의 조립형상이고 Fig 3-2-28은 구동부와 조립부, 시편부를 지지해주는 프레임부의 구동형상이다. 그리고 마지막으로 Fig 3-2-29은 4가지 파트를 모두 조립한 전체 형상이다.

## 4. 운용 및 시험

### 4.1 운용 및 시험 요구조건

설계 전 원하는 위빙의 형상은 Fig 2-1-4, Fig 2-1-5와 같이 링크로 인한 x축으로 20mm의 좌우 움직임, 캠으로 인한 z축으로 2mm의 상하운동을 합성시켜 U자형태의 위빙형상을 만들어내는 것이었다. 제품 제작 후, 원하는 움직임이 나왔는지 확인하기 위해 3가지의 시험을 해 보았다.

#### 1) X축 변위 시험

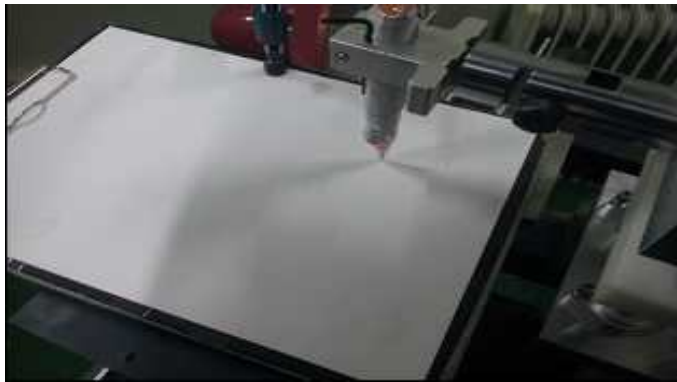


Fig 4-1-1. X축 변위 시험

첫 번째로 X축의 변위를 확인하기 위해 Fig 4-1-1처럼 터치부에 볼펜을 고정시키고, LM가이드 위에 종이를 얹고 구동시키기로 하였다. X축의 움직임만 확인하기 위해서 Z축의 움직임을 일으키는 캠은 분리를 시키고 구동을 하였다. 오차를 확인하기 위해 5번의 반복 실험을 실시하였다.

#### 2) Z축 변위 시험



Fig 4-1-2. Z축 변위 시험

두 번째로 Z축의 변위를 확인하기 위해 Fig 4-1-2처럼 토치부에 볼펜을 90° 돌려 고정시키고, LM가이드 위에 L자 판을 얹고 그 위에 종이를 얹고 구동시키기로 하였다. Z축의 움직임만 확인하기 위해서 X축의 움직임을 일으키는 링크는 분리를 시키고 구동을 하였다. 이 역시 오차를 확인하기 위해 5번의 반복 실험을 실시하였다.

### 3) X축과 Z축 합성 변위



Fig 4-1-3. 합성 변위 시험

마지막으로 위의 두 가지 운동을 합성시켜 원하는 U자 형태가 나오는지 확인하기 위해 마찬가지로 Fig 4-1-3처럼 토치부에 볼펜을 90° 돌려 고정시키고, LM가이드 위에 L자 판을 얹고 그 위에 종이를 얹고 구동시키기로 하였다. 이것은 캠과 링크를 합성 시켜야 하므로 모두 설치를 한 상태에서 구동을 하였다.



## 4.2 운용 및 시험 결과

### 1) X축 변위 시험 결과

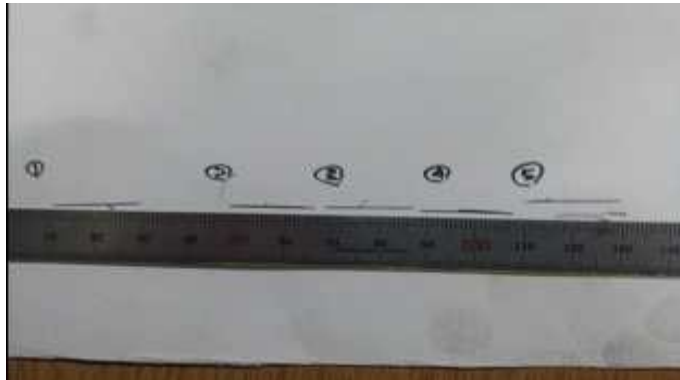


Fig 4-2-1. X축 변위 시험 결과

Table 4-2-1. X축 변위 시험 결과 데이터

횟수	1회	2회	3회	4회	5회	평균
길이(mm)	19	18.5	19	19.5	20	19.2

링크로 인한 X축 변위 시험 결과 Fig 4-2-1과 같은 위빙형상이 나왔다. 원하는 X축의 변위는 20mm였다. 그러나 5번의 시험결과는 Table 4-2-1과 같이 평균 19.2mm의 변위가 나왔다. 그러나 이 0.8mm의 오차는 조립과정의 오차도 있을 수 있으나 이 오차를 없애기 위해서는 크랭크 반경을 조절해 편심의 위치를 조절해 준다면, 이 오차는 줄어들 수 있을 것이라고 생각된다.

### 2) Z축 변위 시험 결과



Fig 4-2-2. Z축 변위 시험 결과

Table 4-2-2. Z축 변위 시험 결과 데이터

횟수	1회	2회	3회	4회	5회	평균
길이(mm)	2	2	2	2	2	2

캠으로 인한 Z축 변위 시험 결과 Fig 4-2-2와 같은 위빙형상이 나왔다. 원하는 Z축의 변위는 2mm였다. 그러나 5번의 시험결과는 Table 4-2-2와 같이 평균 2mm의 변위가 나왔다. 오차가 거의 없는 것으로 보아 캠 플로어의 롤러가 잘 작동했고, 캠 가공에 있어도 별 문제가 없었던 것으로 보인다.

### 3) X축, Z축 변위 합성 시험 결과

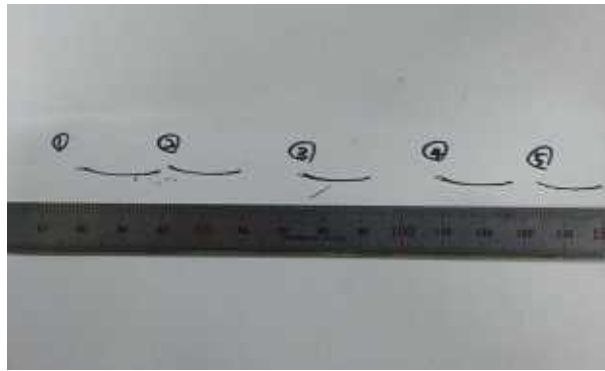


Fig 4-2-3. X축, Z축 변위 합성시험 결과

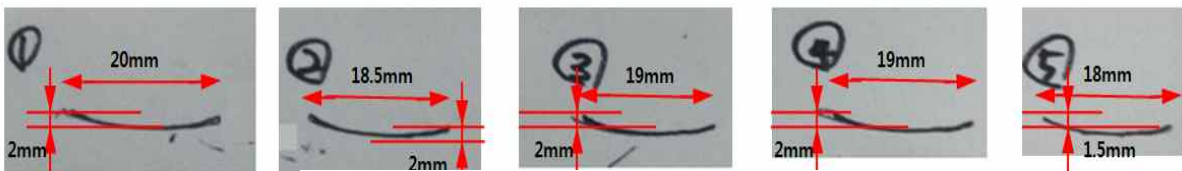


Fig 4-2-4. X축, Z축 변위 합성시험 값

마지막으로 X축 변위와 Z축 변위를 합성시켜 구동을 시킨 결과는 Fig 4-2-3과 같다. X축 변위인 20mm, Z축 변위인 2mm를 합성시키니 설계하고자 하는 반달모양의 타원 형태를 갖는 위빙형상이 나온 것을 확인 할 수 있다. Fig 4-2-4는 Fig 4-2-3의 결과 값을 측정 한 것이다. U자 형태의 위빙에 시편을 Y축으로 이동시킨다면 위의 Fig 2-1-5처럼 3차원 위빙에 문제가 없을 것이라 생각된다.

## 5. 결론

실험 결과 목표치에 비해 오차는 그리 크지 않으나, 모터의 속도를 저속으로 할 때, 링크로 인해 X축으로 움직이는 모션이 유연하게 움직이지 않는 문제점을 발견하였다. 이 부분에 있어서는 조립에 있어 4개의 Rail Fix와 Frame을 연결할 때, 볼트 구멍 위치의 오차로 인해 생긴 것 같다. 그리고 Motion과 Motion Link를 연결 하는 부분에 있어, Motion Link가 미세하게 흔들리는 것으로 보아 체결하는 방법을 바꾸어주면 오차가 줄어들 것으로 생각이 된다. 그리고 구동을 시키면 Frame 부분이 미세하게 진동을 일으키는 것을 볼 수 있는데, 이런 진동에 있어서는 Frame에 연결된 바퀴를 지면과 확실히 고정을 시키거나 모터의 진동을 잡을 방법을 생각해 보아야 할 것 같다. 마지막으로 설계상으로는 동력부의 하중을 지지해주는 C자 형태의 모터 받침대를 만들고자 하였으나, 동력부에서 X축의 변위를 바꾸어 주기 위해서는 링크에 편심을 주어야 하고, Z축의 변위를 바꾸어 주기 위해서는 CAM을 바꾸어 끼워주어야 하므로 이를 편리하게 하기 위해 양옆이 막힌 C자 모터받침대 보다는 개방된 형태의 모터받침대가 수정하기에 편할 것 같아 설계변경을 실시하였다.

본 과제를 수행하면서 기구학에 대한 이해도를 높이고, 지식을 쌓을 수 있는 기회가 되었습니다. 부품이 많고, 정밀도를 가져야 하므로 설계에 많은 시간을 투자하였고, 설계대로 제작이 이루어 질 줄 알았지만 제작에 있어 여러 업체를 돌아다녀보니 교수님과 관계자 분들에 의해 설계의 문제점이 많았던 것을 알 수 있는 계기가 되었습니다. 설계와는 다른 실무의 벽에 부딪히게 되었고, 잘못된 부분을 수정하며 현장에 대한 지식도 높일 수 있었으며 CATIA 프로그램에 대해 더 알게 되었습니다.

그동안 대학교를 다니며 이론적인 부분에 대해 많이 접근을 해왔었는데 이번에 직접 제작을 해보며 용접 및 드릴링, 탭, 볼트 체결에 대한 이해도를 높일 수 있었으며 규격품 및 많은 부품의 종류들을 알 수 있었습니다.

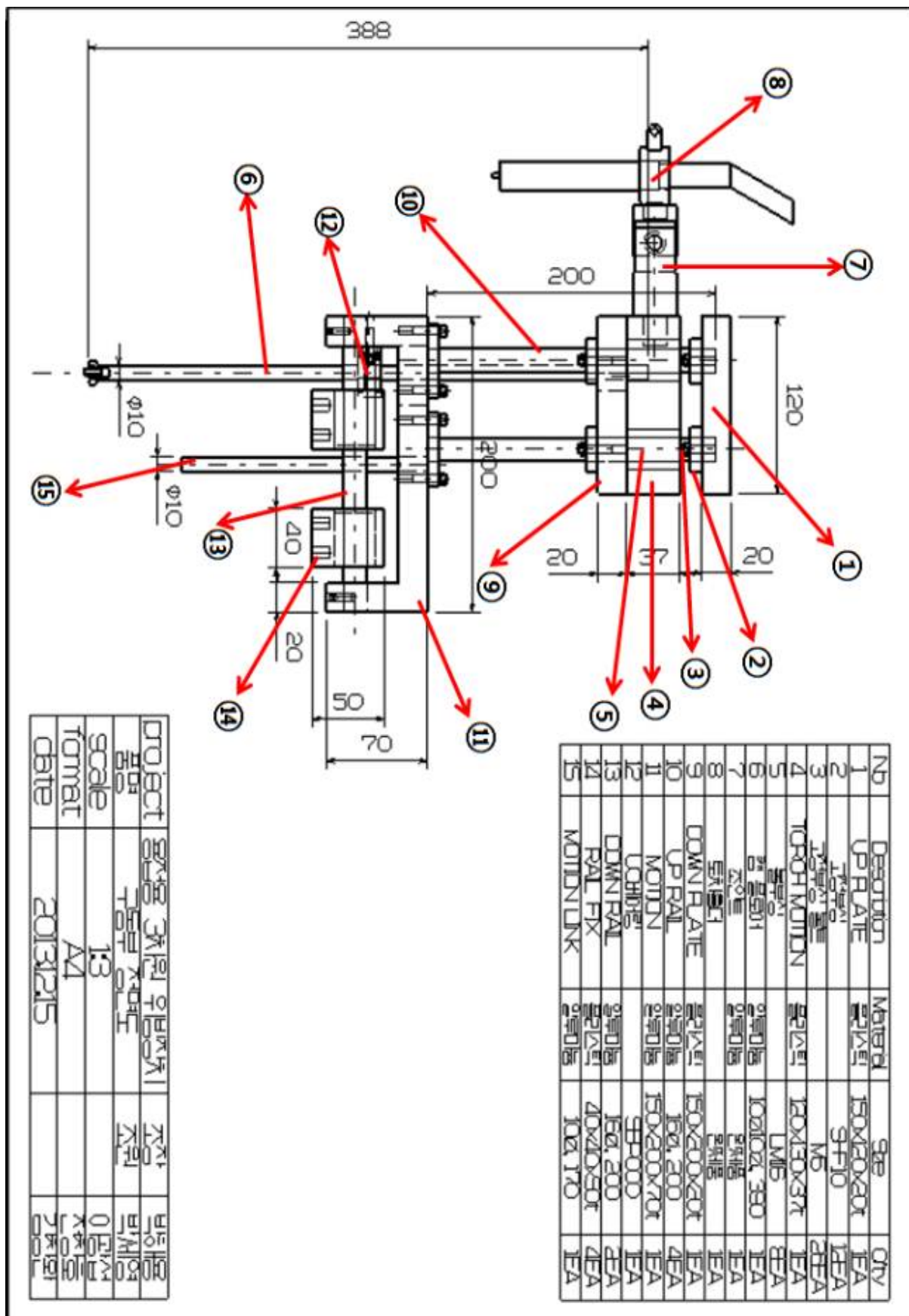
마지막으로 도움을 주신 김봉훈 교수님 및 업체 관계자 분들에게 감사의 인사를 드립니다.

## 참고문헌

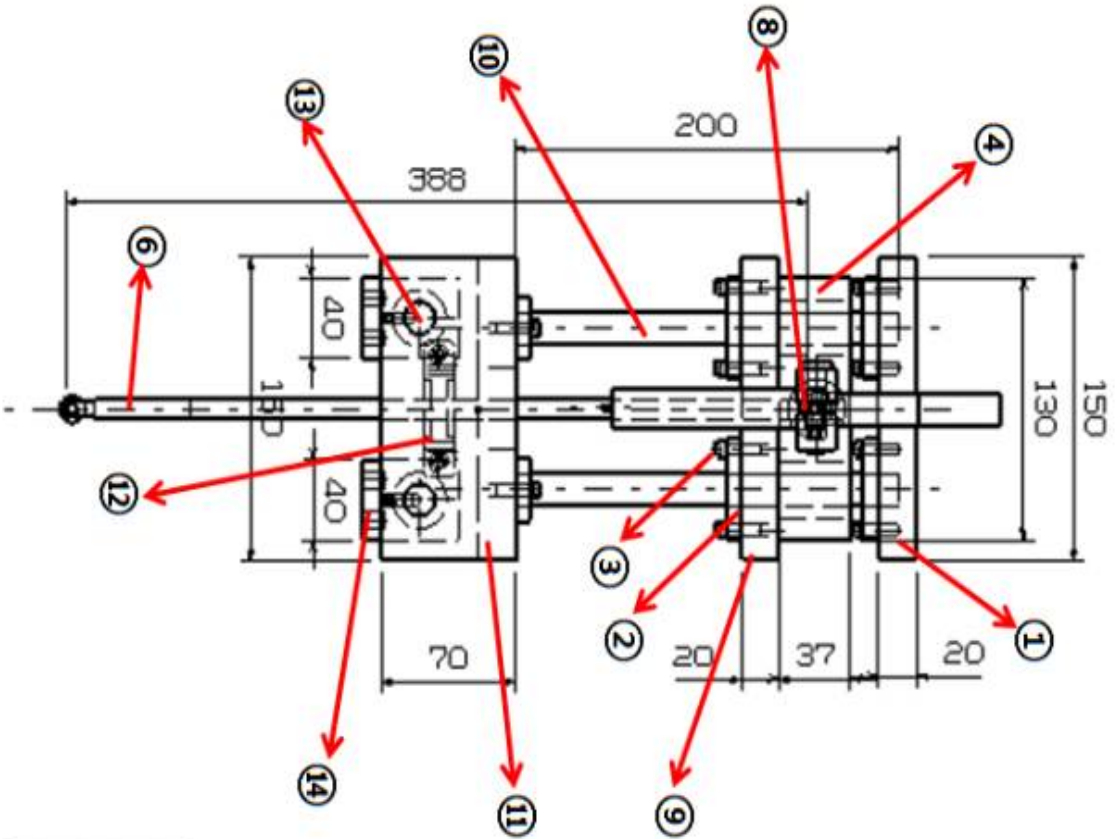
1. 실용기구학, 저자 Myszka, David H
2. 내연기관공학, 저자 펄크라베크, 윌라드 W
3. <http://www.kipris.or.kr/khome/main.jsp> 특허조사
4. <http://www.ndsl.kr/index.do> 시장조사
5. [http://www.google.co.kr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffile229.uf.daum.net%2Fattach%2F11181B4C4E604C68214B0E&ei=OAqoUr-uKoSwiAeu2oBg&usg=AFQjCNHMxBzXBZ7IJ-Aux7PgcMO\\_DiBX1g&bvm=bv.57799294,d.aGc&cad=rjt](http://www.google.co.kr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffile229.uf.daum.net%2Fattach%2F11181B4C4E604C68214B0E&ei=OAqoUr-uKoSwiAeu2oBg&usg=AFQjCNHMxBzXBZ7IJ-Aux7PgcMO_DiBX1g&bvm=bv.57799294,d.aGc&cad=rjt) 그루브용접과필렛
6. [http://www.google.co.kr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=7&ved=0CFcQFjAG&url=http%3A%2F%2Fmecha.gntech.ac.kr%2Fgesipan%2Fdownload.php%3Ftb%3Dtb\\_pds2%26no%3D72%26filenum%3Duserfile1&ei=oQaoUubODOipiAec9oDoCQ&usg=AFQjCNH7pfNq47iJyeKE3IyyzFnb6AKLBQ&cad=rjt](http://www.google.co.kr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=7&ved=0CFcQFjAG&url=http%3A%2F%2Fmecha.gntech.ac.kr%2Fgesipan%2Fdownload.php%3Ftb%3Dtb_pds2%26no%3D72%26filenum%3Duserfile1&ei=oQaoUubODOipiAec9oDoCQ&usg=AFQjCNH7pfNq47iJyeKE3IyyzFnb6AKLBQ&cad=rjt) 용접

부속

1. 구동부 정면도



2. 구동부 좌측면도

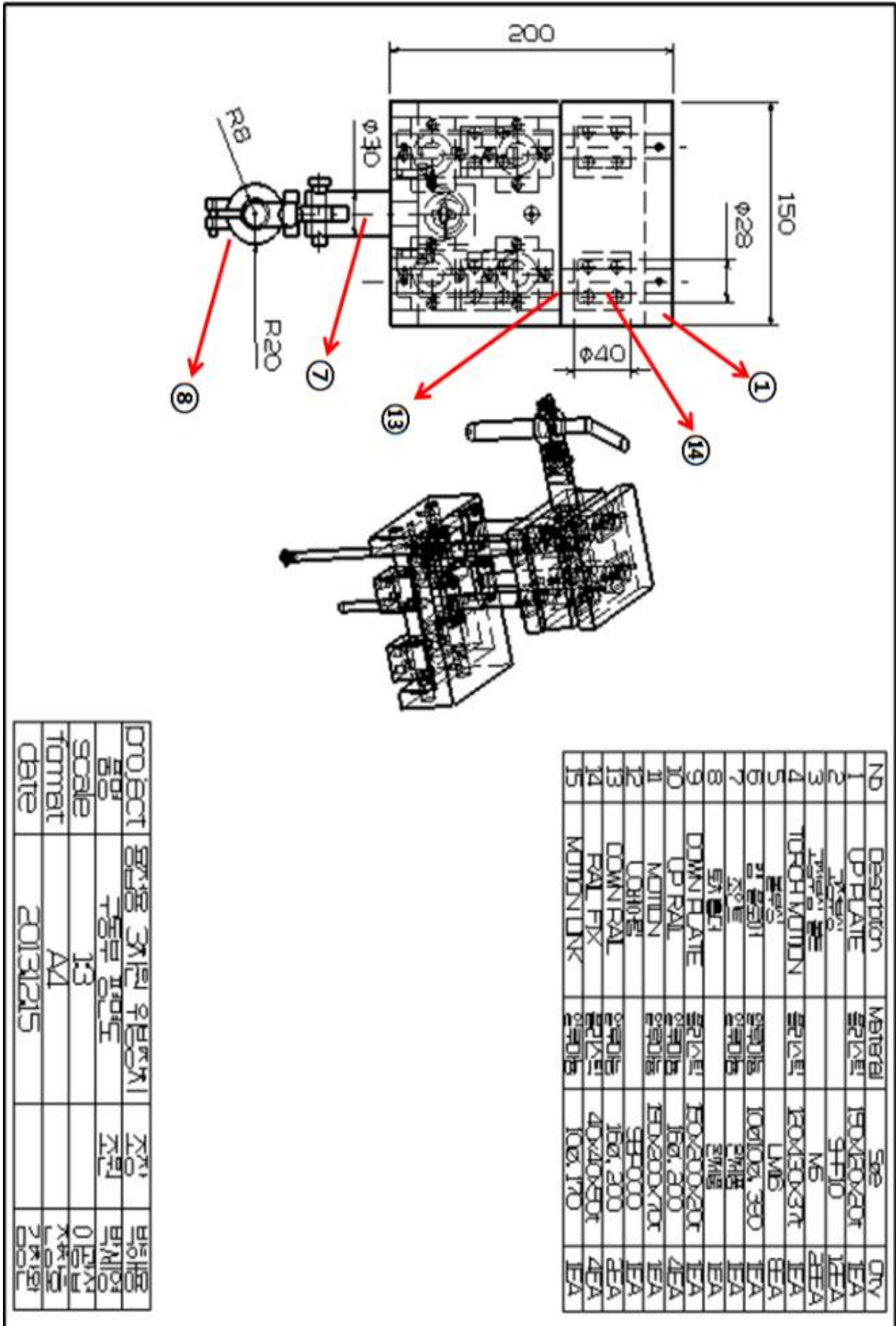


Nb	Description	Material	Size	Qty
1	UP PLATE	강판	150x200x20	1EA
2	UP PLATE	강판	50x100	1EA
3	UP PLATE	강판	M6	2EA
4	UP PLATE	강판	100x100x37	1EA
5	UP PLATE	강판	M6	2EA
6	UP PLATE	강판	100x100, 350	1EA
7	UP PLATE	강판	강판	1EA
8	UP PLATE	강판	강판	1EA
9	UP PLATE	강판	150x200x20	1EA
10	UP PLATE	강판	150, 200	2EA
11	UP PLATE	강판	150x200x70	1EA
12	UP PLATE	강판	50x100	1EA
13	UP PLATE	강판	150, 200	2EA
14	UP PLATE	강판	40x20x50	2EA
15	UP PLATE	강판	100x170	1EA

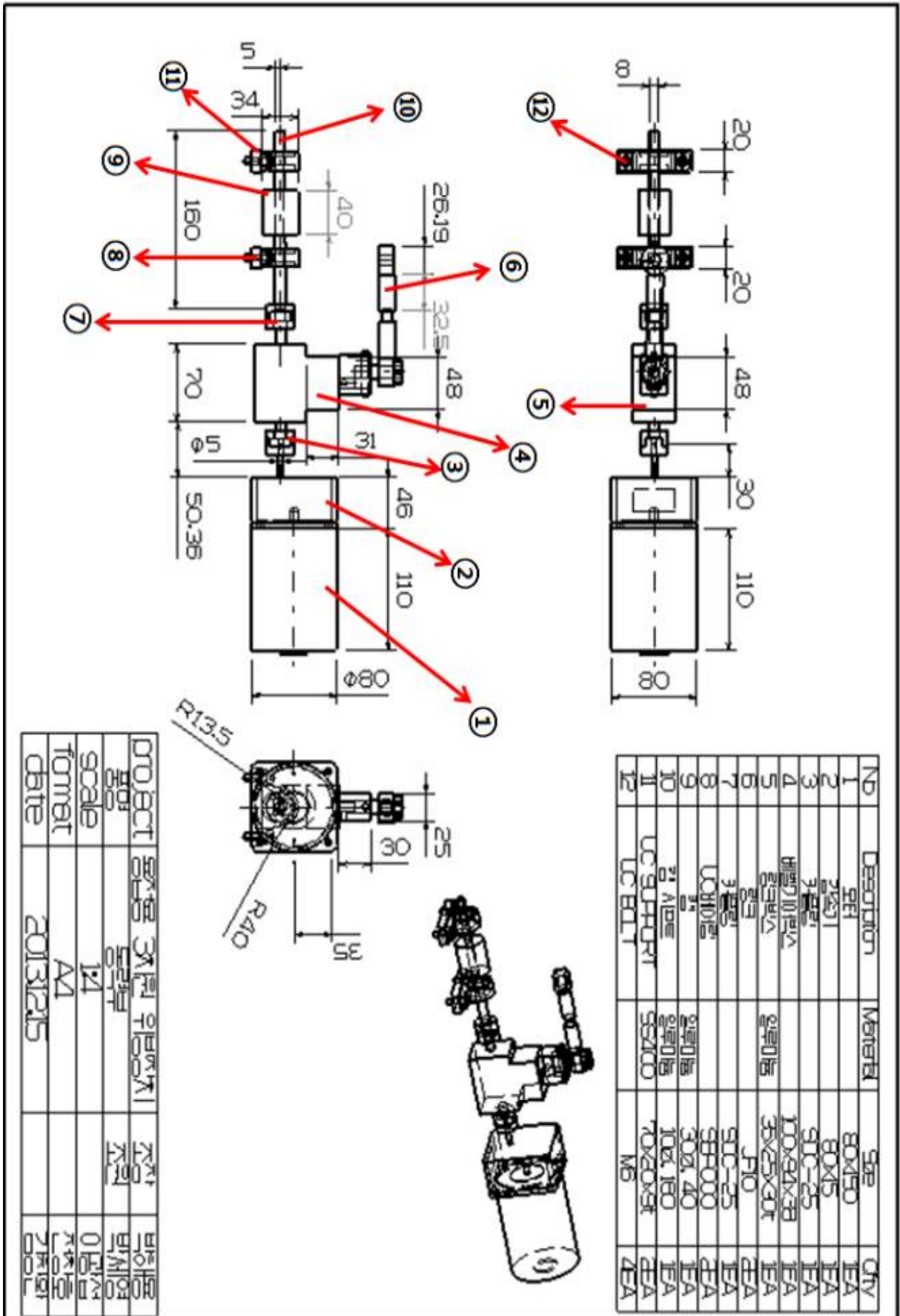
PROJECT	구동부 좌측면도	작업자	박성민
SCALE	1:3	작성일	2013.12.15
format	A1	작성시간	0:00
date	2013.12.15	작성인	박성민



3. 구동부 평면도

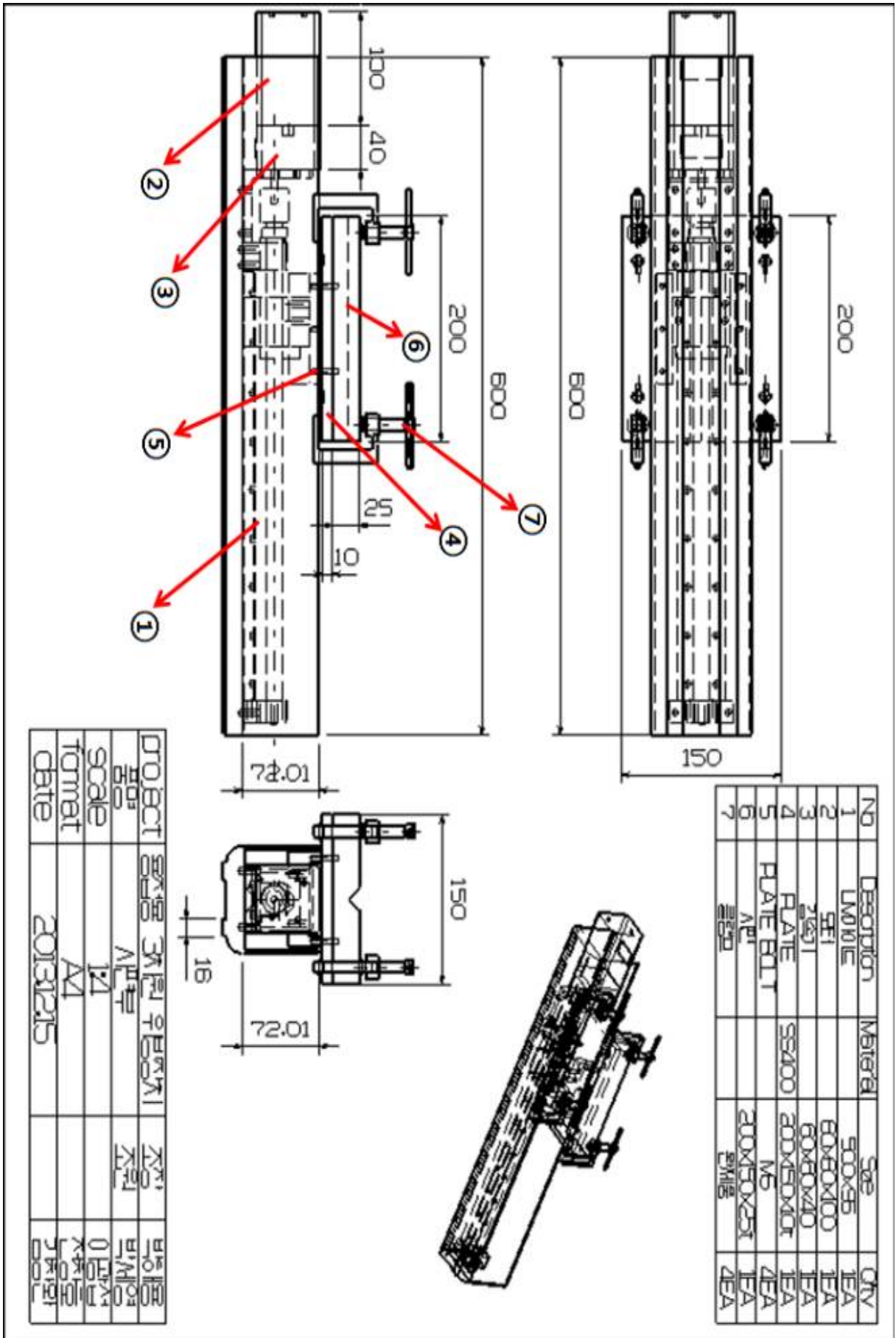


4. 동력부





5. 시편부



6. 고정부

