

2016학년도
기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 탈부착 포크 무버

팀명: 티라노

2016. 06

대구대학교 기계공학부(기계설계공학전공)

2016학년도
기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 탈부착 포크 무버

(2015년 09월 01일 ~ 2016년 06월 15일)

팀명: 티라노

기계설계공학 설계프로젝트 최종보고서를
붙임과 같이 제출합니다.

2016. 06

대구대학교 기계공학부(기계설계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계공학부 설계프로젝트 과제
‘탈부착 포크무버“의 결과보고서로 제출합니다.

(과제기간 : 2015. 09. 01 ~ 16. 06. 15)

2016. 06.

지도교수 : 임학규 (인)

대표학생 : 홍예찬 (인)

참여학생 : 이현진 (인)

신은비 (인)

편주영 (인)

류위황 (인)

보고서 작성 윤리 서약서

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본인은 보고서를 작성함에 있어 다음과 같이 연구 윤리 및 보고서 작성 윤리를 준수하였음을 서약합니다.

1. 본인은 다른 학생의 보고서를 복사(copy)하지 않았습니다.
2. 본인은 다른 사람의 보고서 내용 중 전부 또는 일부를 무단으로 도용하거나 인터넷에서 내려받기(download)하여 대체하지 않았습니다.
3. 본인은 보고서에 참고자료를 인용할 경우 원본의 출처를 반드시 표시하였습니다.

2016. 06.

대표학생 : 홍예찬 (인)

참여학생 : 이현진 (인)

신은비 (인)

편주영 (인)

류위황 (인)

기계종합설계(2016년도 1학기)

팀원 역할분담 계획

팀명: 티라노

주제: 탈부착 포크 무버

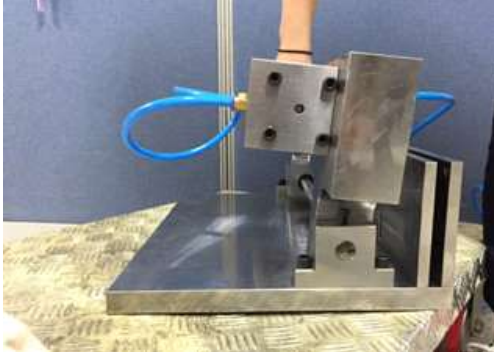
	성명	개인별 업무 계획
1	홍예찬	전반적 주차 계획과 주간 업무 분담 지시
		자료 검토 및 종합
		조원들의 의견 수렴
2	이현진	주차별 회의 내용 정리
		진행보고서 및 회의록 작성
		주차별 개인과제 수행
3	신은비	팀 활동 일정계획
		세부계획 정리
		주차별 개인과제 수행
4	편주영	2D·3D 도면 설계
		유압 실린더 관련 조사
		주차별 개인과제 수행
5	류위황	제품 세부 부품 및 재료 조사
		주차별 개인과제 수행
6		
공동 업무		종합설계 과제 자료 조사
		PPT작성 및 발표

목 차

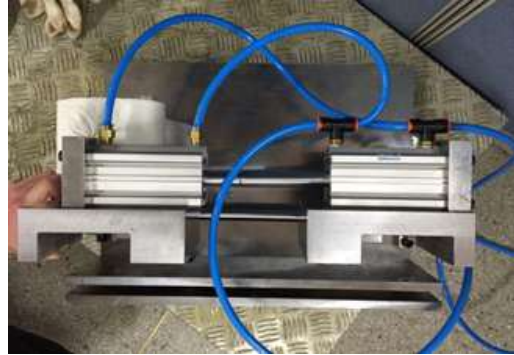
최종보고 요약문	I
요약1 부품 및 제작비 사용내역	III
요약2 설계구성요소 일람	IV
요약3 현실적 제한요소 일람	V
제1장 과제내용 및 목표	1
제1절 목적 및 필요성	1
제2절 과제의 목표	1
제3절 기대효과 및 활용방안	1
제4절 협력업체	2
제2장 개념설계 및 상세설계	3
제1절 개념설계	3
제2절 해석 및 평가	10
제3절 설계 보완	12
제4절 상세설계	13
제3장 제작	16
제1절 공정도	16
제2절 제작	17
제4장 시험 및 평가	21
제1절 운용 및 시험 요구조건	21
제2절 시험결과	23
제5장 결론 및 총평	25
제1절 결론	25
제2절 총평	25
참고문헌	27
부록	28

3. 제작

제품 제작은 상세설계를 바탕으로 SS440재질의 강판을 레이저 절단, NC밀링·선반, 탭 작업을 하였고 설계사양에 맞는 부품을 구입하여 조립하였다.



제품 정면

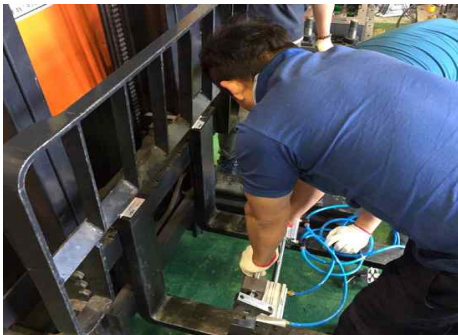


제품 측면

4. 시험 및 평가

탈부착 포크 무버의 브라켓이 지게차에 맞지 않아 브라켓을 제외하고 시험을 실시 하였다. 작동은 가능하였지만 작동 시 포크의 위치가 일정하지 않았고 포크가 비틀어지는 문제가 발생하였다. 또 압축성의 공압 실린더가 제품과 맞지 않다는 결과가 나왔다. 조건이 제대로 갖춰지지 않고 실험을 하여 원하던 결과를 얻지 못하였지만 수정을 통해 개선 가능하다고 예상된다.

제품 설치 사진



제품 실험 사진



5. 세부 연구개발 내용 및 실적

실험을 통해 압축성인 공압은 순간적으로 작동함으로 제품과는 맞지 않고 유압으로 바꾼다면 이 문제를 해결할 수 있다. 그리고 초기에 설계한 제품은 40kg로 무거워 설치에 어려움이 있어 불필요한 부분을 제거한다면 무게를 줄여 효율을 높일 수 있을 것이다.

제품의 형상 수정을 통해 지게차에 손쉽게 탈 부착이 가능하여 사용할 수 있다면 포크 무버 옵션이 없는 지게차의 작업효율을 높일 수 있을 것이다.

요약 1. 부품 및 제작비 사용내역

순번	부품 구매 및 제작 내용 상세	참조페이지	소요예산(원)
1	강판 소재비		792,000
2	브라켓1		220,000
3	브라켓2		990,000
4	브라켓3		550,000
5	공압실린더		165,000
6	공압호스		330,000
7	컨트롤레버		68,000
8	조립비		385,000
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
총 액			3,500,000
예산지원 사업목록	<ul style="list-style-type: none"> CK-1 뿌리산업 특성화트랙 산학형 종합설계 제작 지원: 3,500,000 		

요약 2. 설계구성요소 일람표

구 분	적용 내용	적용 여부	적용	
설 계 구 성 요 소	설계 목표 설정	산업현장에서 널리 사용되는 지게차에 탈부착 가능한 포크 무버를 제작하여 작업의 효율을 증대시키고 옵션에 들어가는 추가 비용을 절감할 수 있도록 목표를 한다.	○	1.2절 pp.6
	합성	기존 포크 무버 제품들보다 가볍고 탈부착이 가능한 포크 무버를 고안하여 기존 제품의 단점을 보완한다.	○	2.1절 pp.11~15
	분석	옵션이 추가되어 시중에 파는 것과 우리 팀이 설계하는 탈 부착 지게차 포크를 비교해 본다면 가격적인 부분과 편리성에 대해선 우월성을 보인다.	○	2.4절 pp.18~20
	제작	과제 목표를 바탕으로 개념설계 및 상세설계를 하고 제작과정을 기술한다.	○	3.2절 pp.21~24
	시험	시험 요구 조건을 바탕으로 제품의 작동에 이상이 있는지 시험해보고 시험결과를 기술한다.	○	4.1절 pp.25~27
	평가	시제품을 시험한 결과를 당초 예측대비 평가와 기존제품의 문제점과 개선방안 등에 관한 내용 기술한다.	○	5.1절 pp.28

요약 3. 현실적 제한조건 일람표

구 분	적용 내용	적용 여부	적용	
현 실 적 제 한 조 건	원가	포크 무버 옵션이 포함되어 있는 제품은 시중에 비싼 가격에 판매되고 있다. 하지만 우리 팀은 탈 부착 포크 무버를 설계함에 있어서 원가 부분에 큰 우월성을 보인다.	X	
	안전성	안전설계, 인간중심 설계(ergonomic design) 등을 고려하여 설계 제작하였으므로 사용자가 안전하게 사용할 것으로 예상된다.	X	
	신뢰성	설계한 제품의 신뢰성을 높이기 위해 반복적인 시험을 통해 검증 하였으므로 신뢰성을 높였다.	O	4.2절 pp.27
	윤리성	기준에 있는 타사의 제품의 특허를 미리 조사해 보고 회피설계를 하여 윤리성에 문제가 없다.	X	
	미학	단순히 미에 중심을 두는 것이 아닌 의미 있는 미 즉, 철학적인 미를 추구하는 내용, 소비자의 감성이나 산업디자인 측면 고려하여 설계한 내용을 기술한다.	X	
	사회에 미치는 영향	제작된 작품이 사회에 끼치는 영향력에 관하여 기술한다.	O	5.1절 pp.29

제 1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

하역 운반 작업 시 기계로 대체할 수 있는 편리성 때문에 지게차는 국내 산업현장에 널리 사용되고 있다. 지게차를 이용한 다양한 작업에 맞추어 추가적으로 선택할 수 있는 옵션 기능들이 많이 개발되었다. 그 중 하나로 파렛트의 크기 및 다양한 크기의 화물을 들기 위해 포크의 간격을 자동조절 할 수 있는 옵션이 있다. 하지만 이 옵션을 선택 시 발생하는 추가비용이 때문에 많은 기업에서 수동으로 포크 간격을 조절한다. 또한 지게차 포크 자동 조절 옵션인 포크 무버는 하나의 지게차에 종속되는 단점을 가지고 있다.

위의 단점들을 보완하기 위해 탈·부착이 가능한 포크 무버를 개발하여 비용을 줄이고 수동 포크 조절 지게차에 설치함으로써 작업의 효율성을 높이는데 목적을 두고 있다.

제2절 과제목표

다양한 크기의 화물을 옮기기 위해 지게차가 많이 사용되고 있는데 이때 화물크기에 맞추어 포크의 간격을 조절해야 할 경우가 발생한다. 지게차 구매 시, 옵션인 포크간격을 자동으로 조절하는 포크 무버를 구매하지 않을 경우 생기는 문제점과 기존 포크 무버의 단점을 보완한 탈부착 포크 무버를 설계 및 제작하는 것이 과제의 목표이다.

제3절 기대효과 및 방안

화물운반을 위해 많은 곳에서 지게차를 이용한다. 화물적재 시 파렛트를 사용하는 경우가 대다수이지만 규모가 작은 기업에서는 크고 작은 다양한 화물을 파렛트 없이 지게차를 이용하여 옮긴다. 때문에 지게차에는 옵션으로 포크의 간격을 자동으로 조절하는 포크 무버를 선택적으로 구매할 수 있다. 하지만 많은 기업에서 옵션선택에 따른 추가비용 때문에 작업자가 화물의 크기가 바뀔 때 마다 수동으로 포크 간격을 조절하여야 한다. 이때 발생하는 부상위험 및 작업지연을 방지하기 위해 탈부착이 가능한 포크 무버를 개발하는 것을 목표로 한다. 이러한 안전 문제를 해결할 것이다.

기존 지게차의 움직임을 방해 하지 않고 추가적인 부착물을 설계를 진행할 예정이다. 부착물이 지게차의 움직임을 방해 하지 않는 구조를 사용함으로써 범용적으로 사용이 가능하고 추가옵션으로 발생하는 비용을 절감하며, 작업속도 상승 및 작업자의 부상방지를 예방할 수 있을 것이다.

제4절 협력업체

1. 협력업체 소개

협력업체인 유창테크는 경상북도 경산시 진량읍 단곡리 87-2에 위치하고 있으며, 금형 제작 산업업체인 유창테크는 텐덤금형과 프로금형을 제작한다. 보유 장비로는 프레스, 밀링, NC밀링, 레이디얼, 천장트레인을 보유하고 있다. <그림1-1>은 유창테크 사진이다.

협력업체로 선정한 이유는 여러 후보의 협력업체 중 우리 과제에 대한 가장 긍정적인 답변을 주었으며, 과제에 대한 설계 및 제작 등에 많은 도움을 받을 수 있을 것 같아 선정하게 되었다.



<그림1-1>유창테크

2. 선정 과제

협력업체의 필요개선사항을 토대로 3가지 과제 후보가 나왔다. 과제 후보로 첫째)업체에 있는 강판절단기 뒤에 강판의 길이를 자동 측정해주는 '자동측정장치' 둘째) 여러 무거운 금형들을 손쉽게 들어줄 '소형리프트' 셋째) 협력업체 지게차에 자동으로 포크 간격을 조절 해주는 '포크무버'가 나왔다. 위의 과제 후보 중 '포크무버'가 업체에서 가장 필요로 하는 개선사항이었으며, 우리 팀에서도 과제의 난이도나 설계과제의 취지에 가장 적합한 것으로 생각되어 선정하게 되었다.

제2장 개념설계 및 상세설계

제1절 개념설계

1. 시장조사

산업현장에서 널리 사용되고 있는 지게차에는 여러 종류의 어태치먼트가 존재한다. 그 중 포크 무버는 지게차 포크의 간격을 자동으로 조절해주는 장치로서 지게차 구입 시 선택하여 설치할 수 있다. 하지만 포크 무버 옵션을 선택하여 지게차를 구입할 시 많은 비용이 생기며, 하나의 지게차에 종속되는 단점이 있다.

포크 무버 종류에는 두 개의 포크 받음 각각 움직이는 편개식과 두 개의 포크받이 지게차를 가운데를 중심으로 같이 움직이는 양개식이 대표적이다.



<그림2-1>두산 포크 무버

	단위	2/2.5/3/3.3톤	
허용하중	kg	1800	2700
케리지폭	mm	1100	1115
포크 개폐범위	mm	254	306
		-990	-1009
무게	kg	120	140

<표2-1>두산 포크 무버 제원



<그림2-2>양개식, 편개식 포크 무버



<그림2-3>쉬리프트식 포크 무버

양개식	포크의 발이 가운데를 중심으로 동시에 모였다가 벌어졌다 하며, 1개의 레버로 조작되고 설치비용이 저렴하다. <그림2-2>
편개식	흔히 볼 수 있는 방식이며, 왼쪽, 오른쪽 각각의 발이 따로 움직이고 왼쪽, 오른쪽 2개의 레버가 필요하다. <그림2-2>
쉬리프트식	실린더가 3개 있으며, 전체 캐리지에 1개, 각발에 1개씩 2개 총 3개가 장착 되어 있다. <그림2-3>

<표2-1> 포크 무버의 종류

<그림2-1>, <표2-1>은 두산 지게차를 구입 시 선택할 수 있는 포크 무버 옵션으로 무게가 무겁고 포크 무버가 하나의 지게차에 종속되는 것을 볼 수 있다. 따라서 지게차의 크기와 종류에 비해 포크 무버 옵션에는 종류가 한정되어 있는 것을 알 수 있다.

이 외에 국내 지게차 대표적 브랜드인 현대 중공업 지게차에서는 포크 무버 옵션을 전동 입승식과 같은 소형 지게차에는 포크 무버 옵션을 지원하지 않고 있다.

앞서 말한 포크 무버 옵션은 지게차를 구입할 때 포크 무버 옵션을 선택하는 것이고 이 외에도 포크 무버 옵션을 만들어 주는 업체들이 있지만 대부분 규모가 작고 산업용 장비들보다 회사가 적은 편이다. <그림2-2>, <그림2-3>은 지게차 어태치먼트 제조업체의 포크 무버 제품으로 종류로는 양개식, 편개식, 쉬프트식이 있다. <표2-2>는 포크 무버 종류에 대한 설명이다.

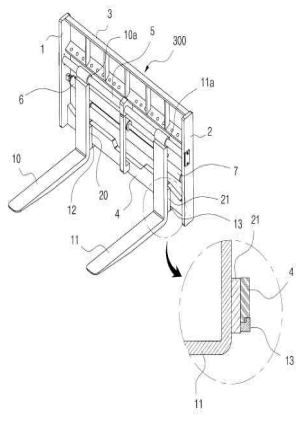
2. 특허조사

	특허원	(주)에스에스테크
	특허내용	포크 포지셔너에 관한 것으로 특히 지게차의 전체 전장 증가 없이 사이드 시프트(side shift) 기능과 포크 간격 조절 기능을 동시에 수행할 수 있도록 함으로써, 화물의 하역 작업을 신속하고 용이하게 해준다.
	공개날짜	2015.05.15
	출처	키프리스
	차별성	동력전달 방식의 차이(유압→공압)

<표2-3>(주)에스에스테크 특허

	특허원	(주)중경산업기계
	특허내용	지게차에 있어서 포크의 간격조정을 간편하게 할 수 있는 포크 포지셔너 캐리지의 개선방안에 관한 것으로, 특히 포크의 원활한 작동을 유지함과 동시에 캐리지의 파손을 방지하여 경제적 손실을 막을 수 있는 지게차용 포크 포지셔너이다.
	공개날짜	2005.12.08
	출처	키프리스
차별성	캐리지 전체를 교체하는 제품 → 탈부착이 가능한 제품	

<표2-4>(주)중경산업기계 특허

	특허원	(주)중경산업기계
	특허내용	본 발명은 지게차에 있어서 포크의 간격조정을 간편하게 할 수 있는 포크 포지셔너 캐리지에 관한 것으로, 특히 과 하중에서도 포크의 훼손을 방지하면서 작동의 원활성을 우수하게 하는 것이다.
	공개날짜	2009.07.22
	출처	키프리스
	차별성	기존의 제품처럼 캐리지 전체를 만든 것이 아니기 때문에 무게가 가볍다.

<표2-5>(주)중경산업기계 특허

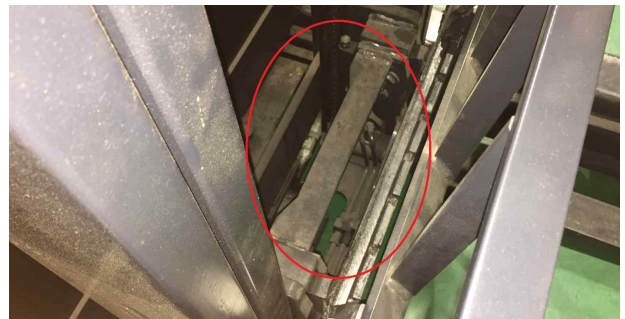
기존 포크 무버 특허들 대부분이 유압을 이용한 동력전달방식을 사용하고 있으며, 캐리지가 길고 무게가 무겁다. 또 탈부착이 가능하나 시간이 많이 걸리고 설치 시에 전문 인력이 필요하다는 단점을 가지고 있다. 위의 시장조사나 특허의 포크 무버는 지게차의 본래 장비들을 제거하고 설치해야 하고 백레스트가 없는 제품도 있어 위험성이 커지는 단점을 가지고 있다.

3. 이론적 배경

본 설계는 기존의 포크 무버들의 단점을 보완하고 협력 업체의 지게차에는 포크 무버가 없기 때문에 작업자가 포크 간격을 변경할 때마다 지게차를 오르내려야 하는 비효율적인 문제를 개선하기 위해 <그림2-4>, <그림2-5>에서 볼 수 있는 지게차의 포크 뒤에 설치된 강판(120×500×10)에 포크 무버를 설계할 예정이다.

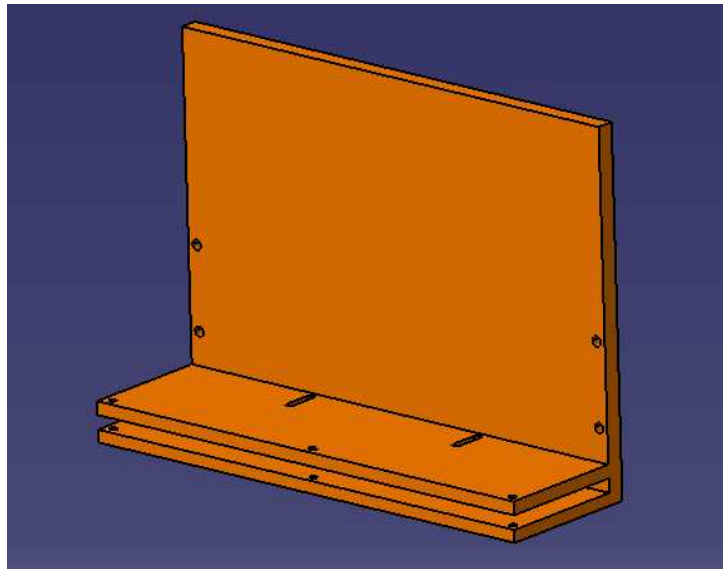


<그림2-4>지게차 앞 모습



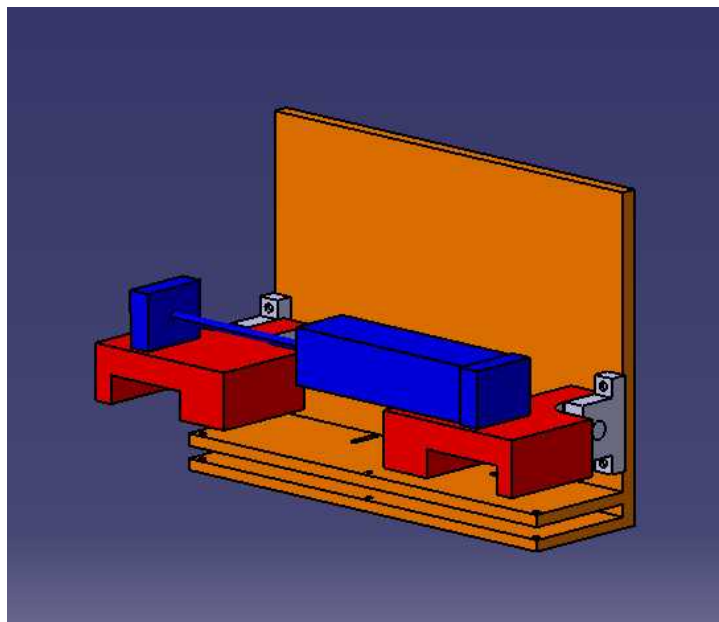
<그림2-5>지게차 포크 뒤 설치된 강판

<그림2-6>는 앞서 설명한 지게차 포크 뒤 강판에 설치할 브라켓으로 'F'자를 뒤집은 모양으로 밑의 'ㄷ'자에 강판을 넣어 볼트와 너트로 결합할 계획이다.



<그림2-6>브라켓

지게차에 결합된 브라켓을 지지대로 하여 포크를 잡아줄 클램프1과 클램프2를 좌·우 직선 운동을 해줄 수 있도록 할 것이다. <그림2-7>은 브라켓의 수직으로 서있는 강판에 클램프와 실린더를 결합한 모습으로 지게차 포크 위에 설치할 예정이다.

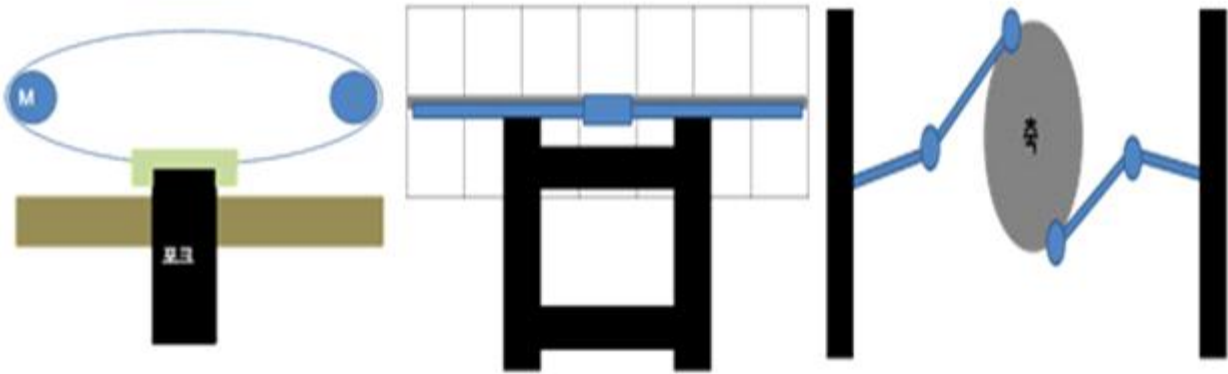


<그림2-7>브라켓 및 클램프와 유압실린더 결합된 모습

4. 개념설계

기존 개념설계에서 언급한 구동 방식과는 다르게 소형기어모터를 이용한 탈부착 포크 무버로 설계하였다. 소형기어모터를 이용한 운동 방식 후보에는 체인 방식, LM가이드 + TM스크류 방식, 축구조물 방식이 있었다.

<그림2-8>에서 왼쪽부터 체인 방식, LM가이드 + TM스크류 방식, 축구조물 방식이다.



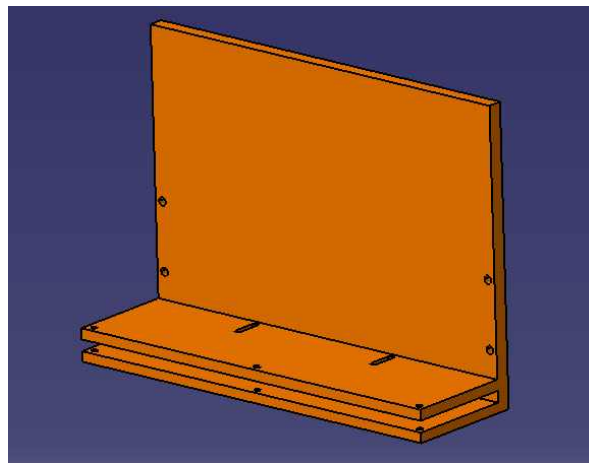
<그림2-8>체인, LM가이드 + TM스크류, 축구조물

체인 방식은 포크에 체인을 연결한 운동 방식이다.

LM가이드 + TM스크류 방식은 TM스크류를 포크에 연결하여 운동하는 방식으로 LM가이드가 직선 운동 마찰력을 줄여준다.

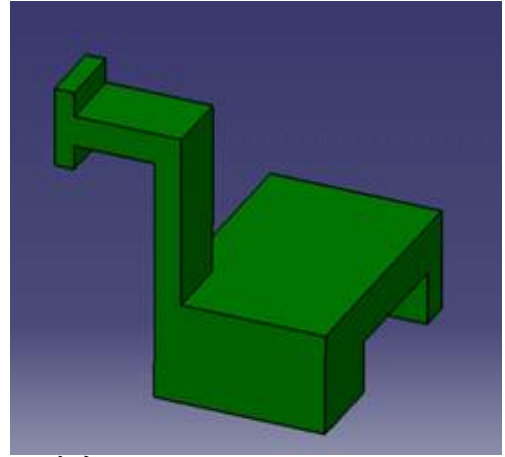
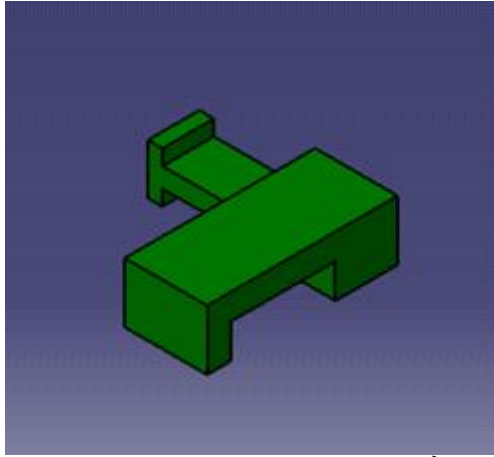
축구조물 방식은 중심에 위치한 원판이 회전할 때 원판에 연결된 관절이 있는 팔이 포크를 당겼다가 반대로 회전할 때 다시 포크를 밀어내는 방식이다.

따라서 위의 방식들 중 구조가 간단하고 동력전달이 높은 LM가이드 + TM스크류 방식을 선정하여 초기 개념설계를 진행하였다.



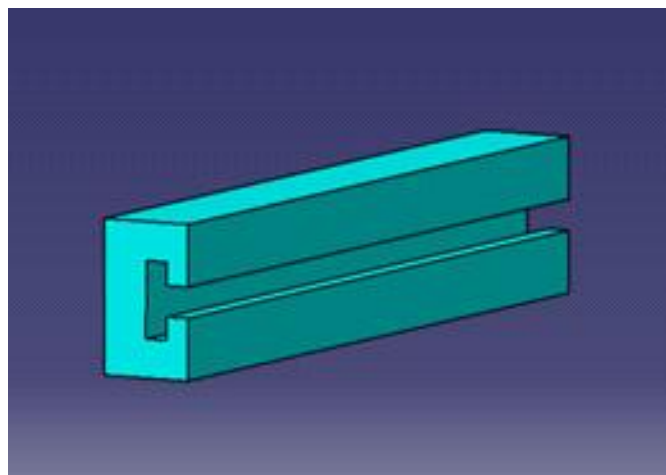
<그림2-9> 브라켓 3D 모델링

<그림2-9>은 브라켓의 초기 3D 모델링으로 지게차에 설치되는 부분이고, 다른 부품들을 지지해주기 위해 설계하였다. 'F'자를 반대로 뒤집은 것 같은 모양으로 설계하여 밑에 'ㄷ'자에 지게차의 포크 뒤에 있는 강판구조물에 넣어 볼트로 체결하여 설치할 예정이다.



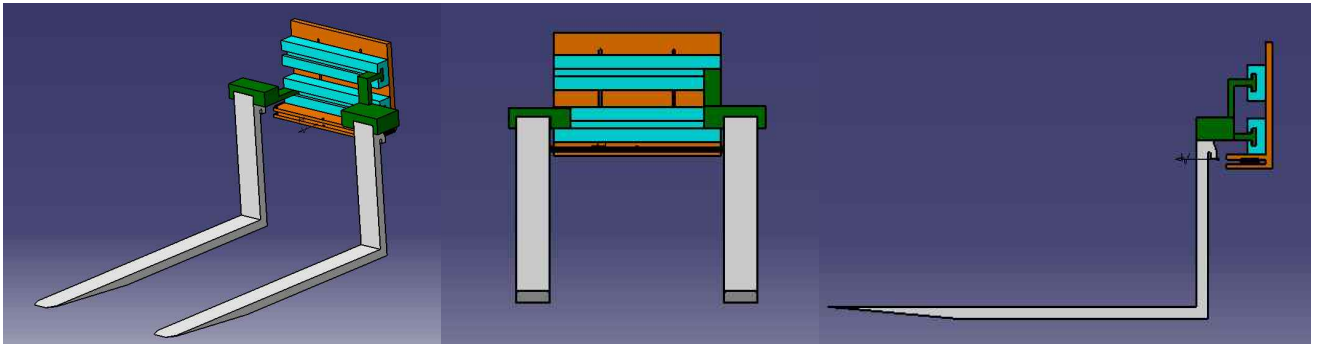
<그림2-10> 클램프 3D 모델링

<그림2-10>는 지게차 포크 위에 설치하여 포크에 동력을 전달해 줄 목적으로 설계하였다. 브라켓에 설치된 LM가이드 안의 TM스크류에 클램프 뒷 부분을 연결하고 클램프의 앞부분 공간에 포크에 올려 동력을 전달할 것이다.



<그림2-11> LM가이드 3D 모델링

<그림2-11>은 LM가이드를 3D 모델링 한 것이다. LM가이드 중간에 TM스크류를 설치하고 클램프를 연결해 소형기어모터를 이용하여 TM스크류를 회전시켜 포크를 좌·우로 움직이도록 설계 하였다.



<그림2-12> 개념설계 3D 모델링

<그림2-12>은 브라켓과 클램프 및 LM가이드를 결합한 3D 모델링이다. 그림을 볼 때 주황색의 브라켓을 지게차에 설치할 것이고 초록색의 클램프가 흰색의 포크 위에 결합되어 구동된다.

제2절 해석 및 평가

1. 설계 목표

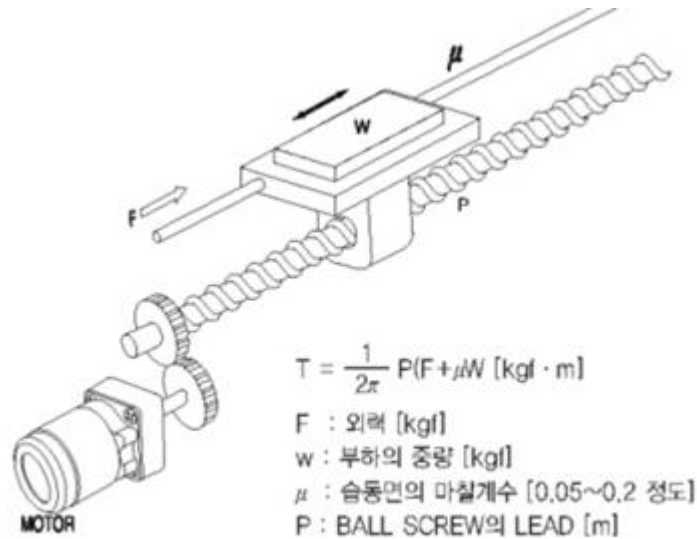
본 설계의 목표로는 정밀한 조정이 불필요하다. 따라서 작업 속도를 고려해 볼 때 지게차의 다른 유압 장치들의 운동 속도와 비슷한 작동 속도로한다. 기존 포크 무버보다 가벼운 무게 및 2t 지게차의 보편적 개폐범위를 가지며, 작동 시 지게차의 포크 구조물과의 간섭이 없어야 한다. 그리고 업체에서 사용 중인 DOOSAN BR 156-7 동일 모델에는 탈·부착이 가능하여야 한다. 이를 바탕으로 설계 사양을 선정하였고 <표2-6>제품 설계 사양이다.

	단위	범위
개폐속도	mm/s	100
무게	kg	50
개폐범위	mm	220 -770
간섭여부	유/무	무
호환성	유/무	유

<표2-6>제품 설계 사양

2. 제품의 해석 및 평가

동력을 전달해줄 소형기어모터를 선정하기 위해 위의 제품 설계 사양을 바탕으로 토크 및 회전 속도를 구해야 한다. <그림2-13>은 소형기어모터를 스크류와 함께 사용할 때 사용하는 식으로 토크를 계산할 수 있다.



<그림2-13> 소형기어모터 토크 계산식

(1) $T = \frac{1}{2} P(F + \mu W) \text{ [kgf} \cdot \text{m]}$

$P = 0.39\text{m}$

$F = 0.1 \times 30 = 3\text{kgf}$

$W = 30\text{kg}$

$\mu = 0.1$

$T = \frac{1}{2\pi} 0.39(3 + 0.1 \cdot 30) = 0.37 \text{ [kgf} \cdot \text{m]}$

(1)식에서 P는 스크류의 길이로 0.39m가 필요하고 F는 마찰력으로 습동면의 마찰계수 0.1과 포크의 수직반력인 30kg 곱하여 3kgf가 나왔다. W는 포크의 무게인 30kg이고 μ 는 습동면 마찰계수인 0.1이다.

(1)식에 모든 것을 대입해보면 토크 T는 0.37kgf·m가 나온다.

(2) $V = r \times w$

$r = 10\text{mm}$

$V = 100\text{mm/s}$

$w = 100/10 = 10\text{s}$

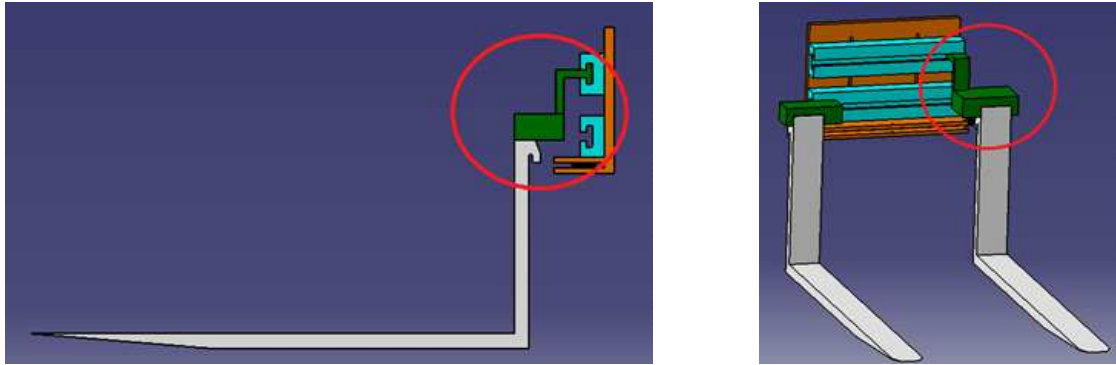
$\text{RPM} = 10\text{s} \times 60\text{s}/2\pi = 95$

(2)식은 RPM을 구하기 위한 식으로 V는 속도 w는 각속도이다. V에 필요 속도인 100mm/s를 r에는 스크류의 반지름인 10mm를 대입하고 w를 구한 뒤 RPM으로 단위변환을 시키면 RPM은 95가 나온다.

소형기어모터에 선정에 필요한 토크는 0.37kgf·m이고 RPM은 95이다.

제3절 설계보완

위의 계산식으로 도출한 토크에는 세 가지 문제점이 있음을 발견하였다. 첫 번째 <그림2-14>에서 보이는 것과 같이 왼쪽 클램프의 모양과 위치를 고려하지 않아서 기존 토크 계산식 보다 클램프의 길이가 0.1m 만큼 길어짐으로 기존토크보다 0.1kgf·m 이상 커질 것이다.

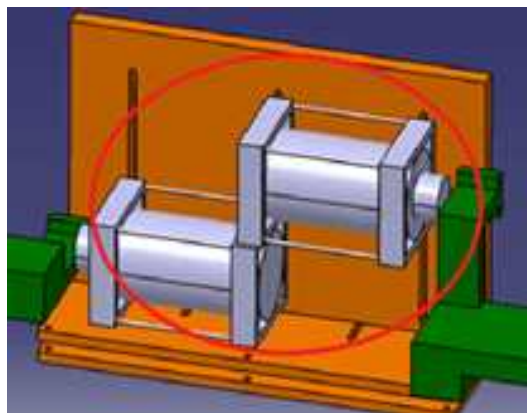


<그림2-14>기존 토크 계산식의 문제점

두 번째는 클램프 제작 후 공차가 생기면 <그림2-15>와 같이 포크가 비틀려 동력 손실이 생기고 0.15kgf·m 정도의 필요토크가 상승할 것이다.

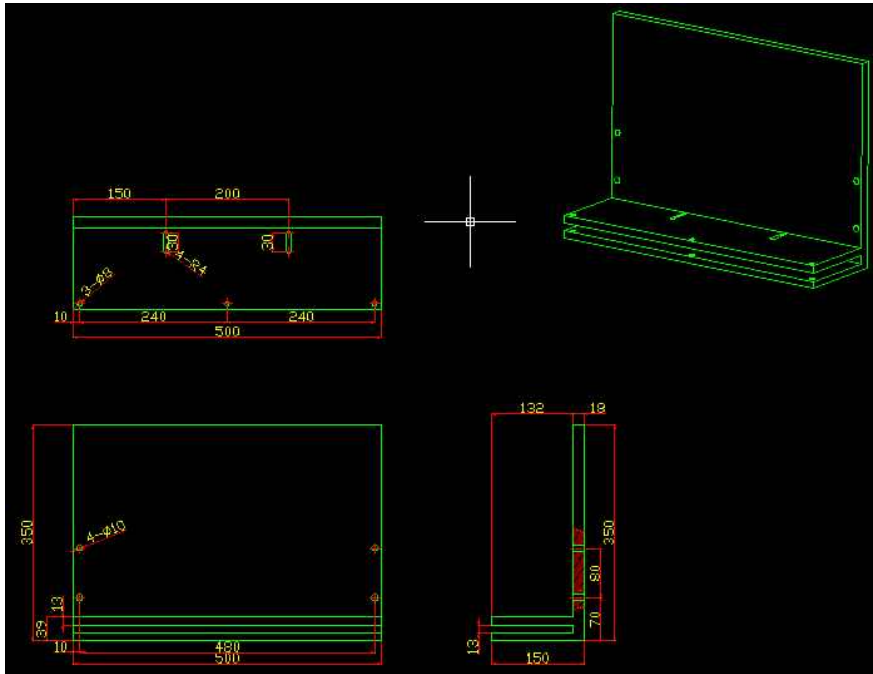
세 번째는 위의 두 문제점으로 인하여 기존에 예상했던 소형기어모터의 부피나 무게가 증가하고 장착하려 했던 위치에 소형기어모터를 설치할 수 없기 때문에 비효율적이다.

이 세 가지 문제점을 통해 우리가 선정한 동력 전달방식에는 한계가 있다고 판단하여 동력전달방식을 소형기어모터에서 공압 실린더로 변경하게 되었다. <그림 2-15>는 동력전달방식을 공압 실린더로 바꾼 후의 개념설계이다.



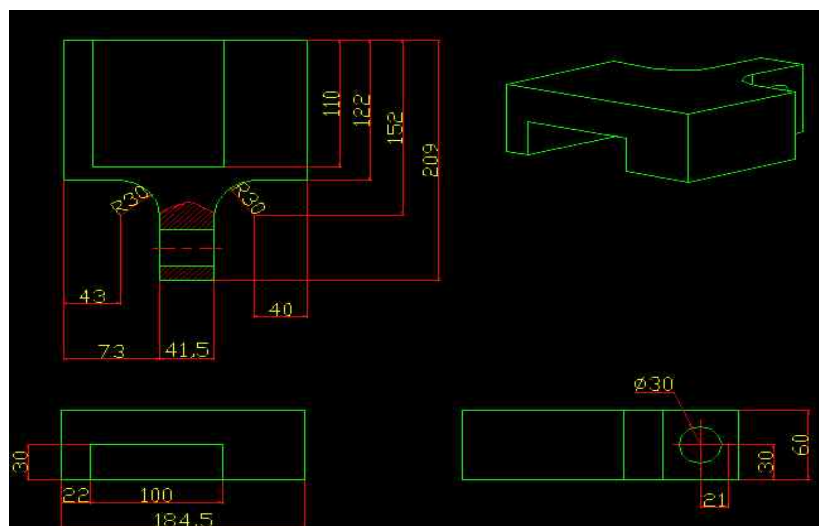
<그림2-15>공압 실린더를 장착한 포크 무버 개념설계

제4절 상세설계



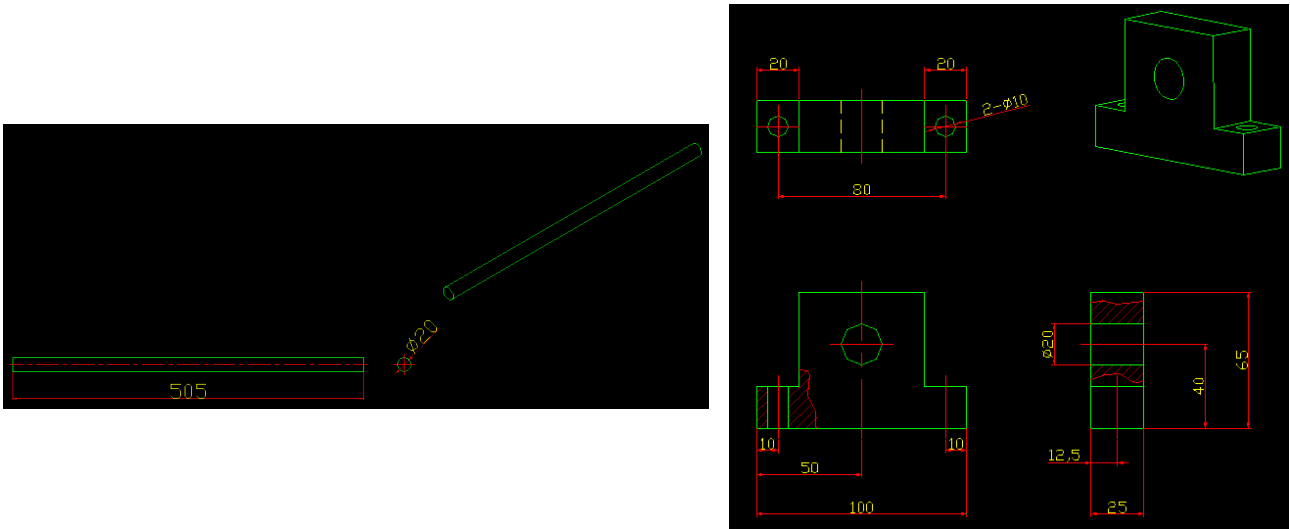
<그림2-16> 브라켓 설계도면

<그림2-16>의 브라켓 재질은 SS440이다. 지게차 포크 뒤쪽을 실측 하였고 그 곳에 'F'자 형상으로 설계할 것이며 재료는 일반강판으로 한다. 브라켓 3개의 강판 중 제일 뒤에 수직으로 되어있는 강판은 $500 \times 350 \times 18$ 이다. 뒤에 설명할 클램프와 로드를 설치할 수 있는 지지대 역할을 할 목적으로 설계하였으며, 하단에 수평으로 되어있는 두 개의 작은 강판은 $500 \times 130 \times 12$ 이며, 지게차와 브라켓의 연결을 위해 설계하였다. 이론적 배경에서 말한 지게차 포크 뒤 강판 구조물에 볼트 체결할 계획이다.



<그림2-17> 클램프 설계도면

<그림2-17>은 좌·우 2개를 제작할 예정이며, 재질은 브라켓과 동일한 SS440이고 포크 상단에 설치하여 유압 실린더의 동력을 포크에게 전달할 목적으로 설계 되었다. 브라켓과 연결해 클램프를 지지해줄 스펀들을 클램프 뒤에 볼베어링이 장착된 홀에 설치해 직선운동을 도와준다.



<그림2-18>스핀들·가이드 설계도면

<그림2-18>스핀들과 가이드의 2D 설계도면이고 위에서 설명한 클램프 뒤에 설치되어 브라켓과 클램프를 연결해주고 지지해준다.



<그림-19>박형공압실린더

사용유체	공기
보증내압력	14.7kgf/cm ² (1.5MPa)
최고사용압력	9.9kgf/cm ² (1.0MPa)
주위온도 및 사용유체 온도	-10~70 (동결이 없을 것)
사용피스톤속도	50~500mm/sec
쿠션	없음
나사공차	KS 2급
로드끝단나사	암나사, 수나사

<표2-7>박형공압실린더 사양

<그림2-19>는 박형공압실린더로 박형 실린더는 압입, 클램프 및 단스트로크에 최적이며, 축방향 길이가 종래의 길이보다 짧아 좁은 공간에서도 무리 없이 설치할 수 있고 부착시 부착금구류가 필요 없이 볼트만으로 체결할 수 있도록 설계 되어 있다.

$$(3)P = \frac{F}{A}$$

$$P = 9.9\text{kgf/cm}^2$$

$$A = \frac{\pi \times 6 \times 6}{4} = 28\text{cm}^2$$

최고 사용압력이 9.9kgf/cm²이고 직경이 Ø12이므로 (3)식 $P = F/A$ 에서 $F = P \cdot A$ 이므로 $9.9 \times 28.26 = 280\text{kgf}$ 의 힘을 낼 수 있어 포크의 무게가 30kg이므로 충분히 밀어낼 수 있다.



사용유체	압축공기
최고사용압력	9.9kgf/cm ² (1MPa)
보증내압력	15kgf/cm ² (1.5MPa)
유효단면적 mm(Cv)	7.5 (0.4)
조각각도	90°

<그림2-20>공압 솔레노이드 밸브

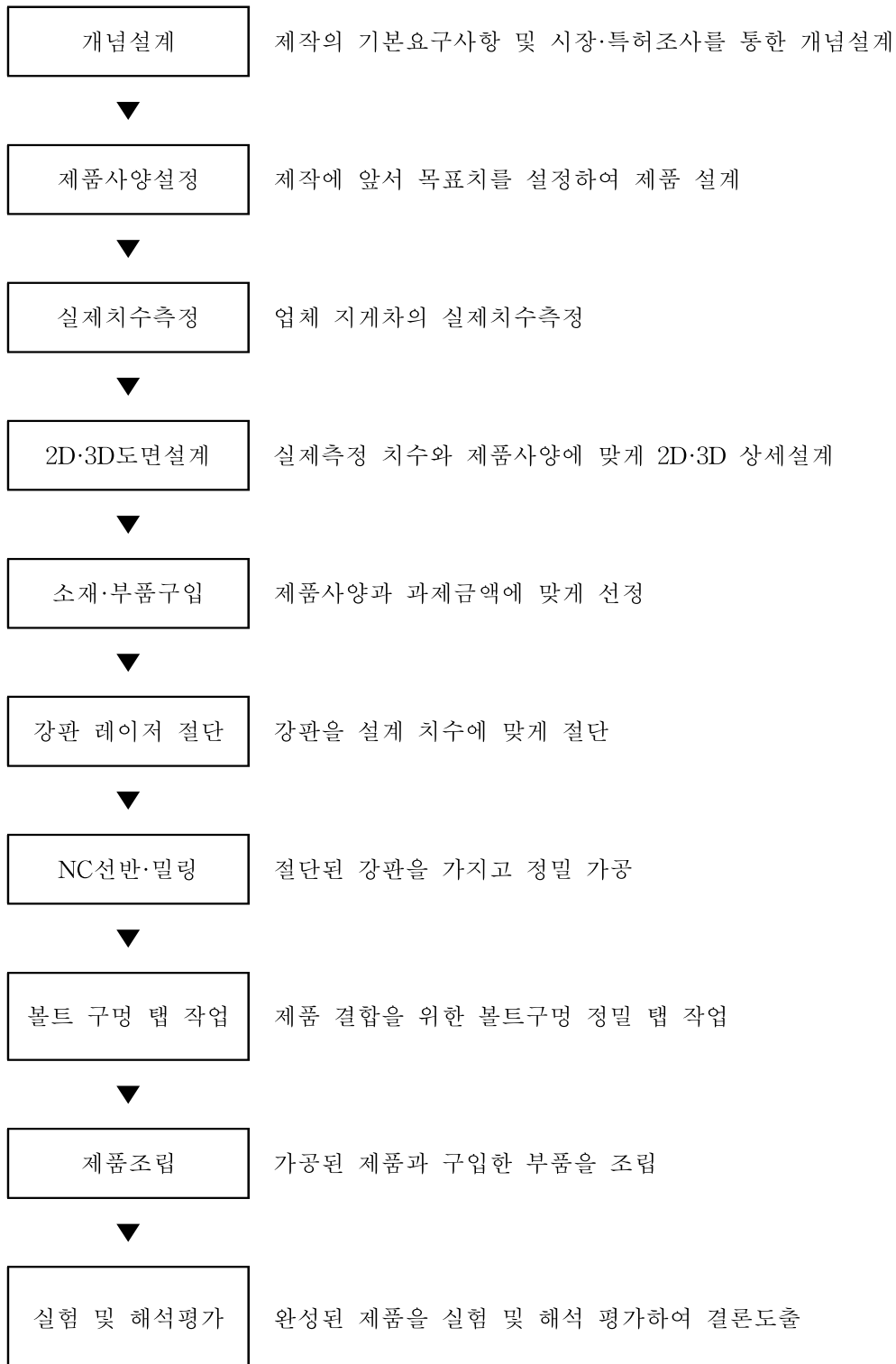
<표2-8>공압 솔레노이드 밸브 사양

<그림2-20>, <표2-8>은 박형공압실린더의 유체를 조절하여 포크를 좌·우로 움직여 개폐를 조정하는 밸브이다.

제3장 제 작

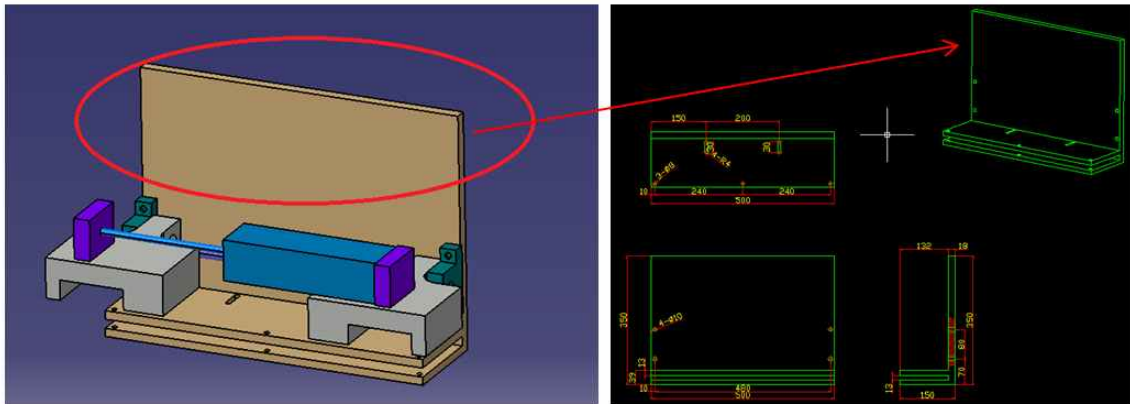
제1절 공정도

1. 탈부착 포크 무버 제품가공 공정도



제2절 제작

1. 제품 3D조립도 · 2D설계도면



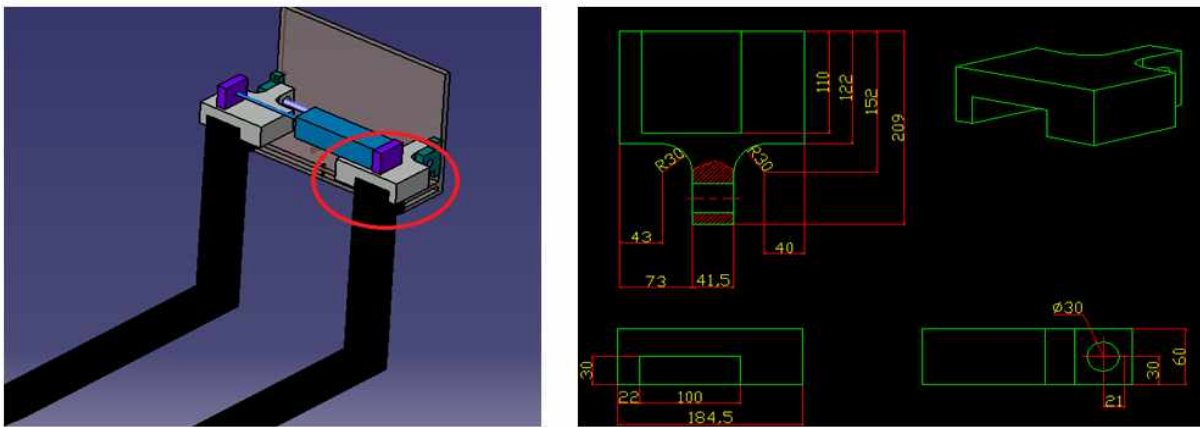
<그림3-1>브라켓

-브라켓 : 클램프와 로드를 지지해주고 지게차와 제품을 연결.

가 공 : 레이저 절단, NC밀링·선반, 탭 작업

재 질 : SS440

치 수 : 수직한 강판 치수 [500×350×18(1EA)], 수평한 강판 치수: [500×130×12(2EA)]

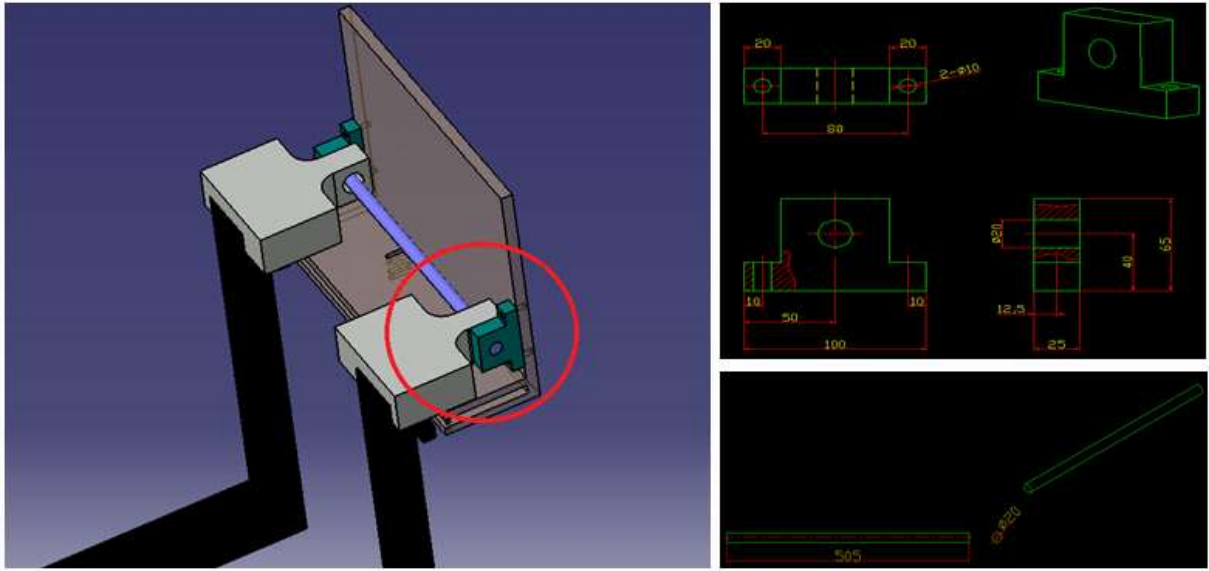


<그림3-2>클램프

-클램프 : 지게차 포크 위에 설치하여 공압 실린더의 압력을 받아 포크에 동력을 전달.

가 공 : NC밀링·선반, 탭 작업

재 질 : SS440 치수 : 184.5 × 210 X 60 부품 : 볼베어링(클램프 뒤 홀에 장착)



<그림3-3>스핀들, 가이드

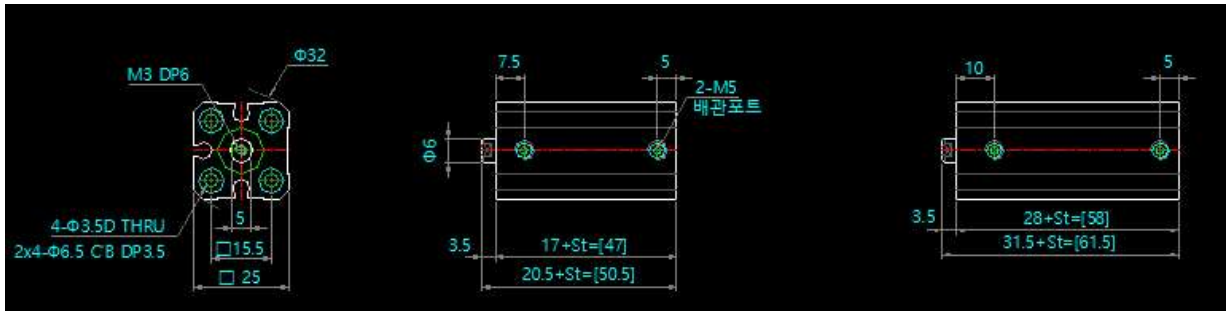
- 스핀들 : 클램프 뒤에 연결하여 클램프의 직선운동을 지지해준다.
- 가이드 : 스핀들을 가이드와 결합하여 브라켓에 볼트로 체결한다.
- 가 공 : 레이저 절단, NC밀링·선반, 탭 작업

2. 소재 및 부품 2D설계도



<그림3-4> 강판

- 재 질 : steel(ss440) 일반강
- 가 공 : 레이저 절단, NC밀링·선반

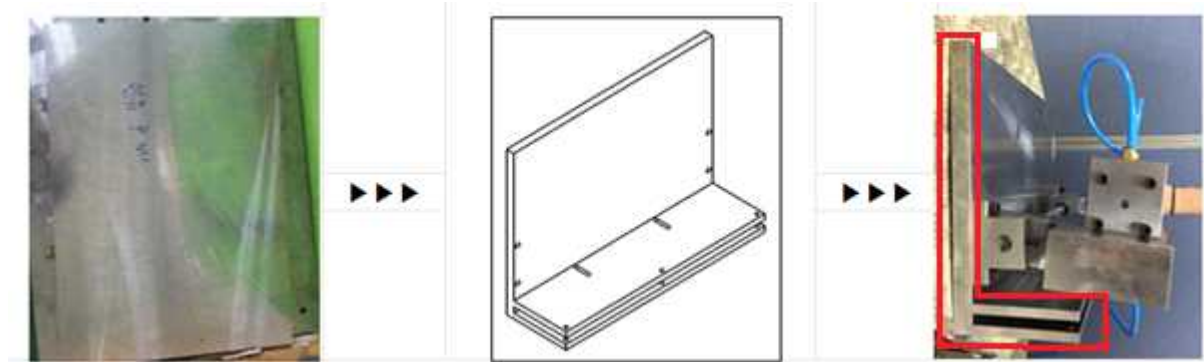


<그림3-5>박형공압실린더

-박형공압실린더 : 클램프 위에 설치하여 동력을 전달.

-설 치 : 클램프에 탭 작업을 한 후 볼트로 체결하여 연결해준다.

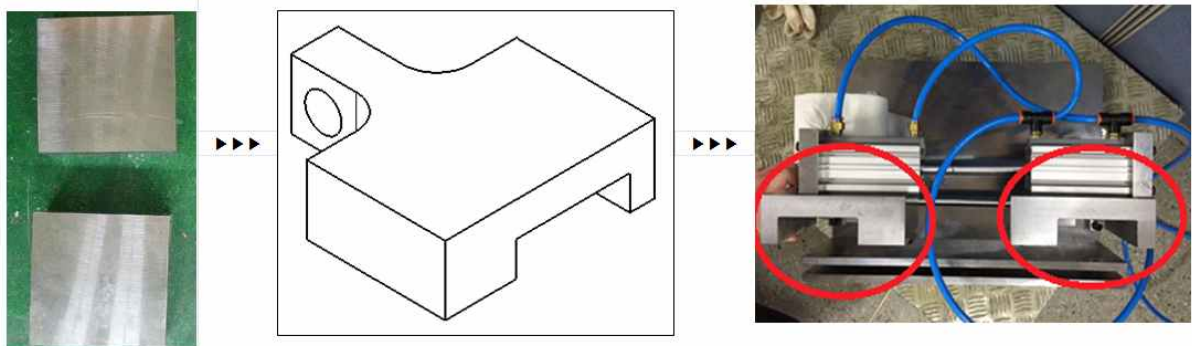
3. 제작 및 조립



<그림3-6>브라켓 제작 과정

-브라켓 제작: 제일 큰 강판을 레이저 절단하여 세 개의 강판을 만들어 볼트 탭을 작업하여 볼트로 체결하여 결합한다.

-강판 재질: SS440 -수직 한 강판 치수: 500×350×18(1EA) -수평 한 강판 치수: 500×130×12(2EA)



<그림3-7>클램프 제작 과정

- 클램프 제작: 강관을 설계 치수로 NC밀링을 통해 가공하고 클램프 상단 면에 탭 작업을 해서 사진처럼 실린더를 볼트로 체결하여 주었고 뒤에 있는 홀에 볼베어링을 장착하였다.

-강관 재질: SS440 -개수 : 2EA



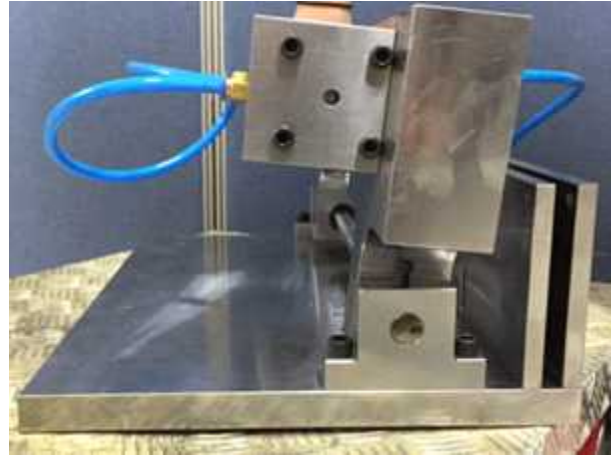
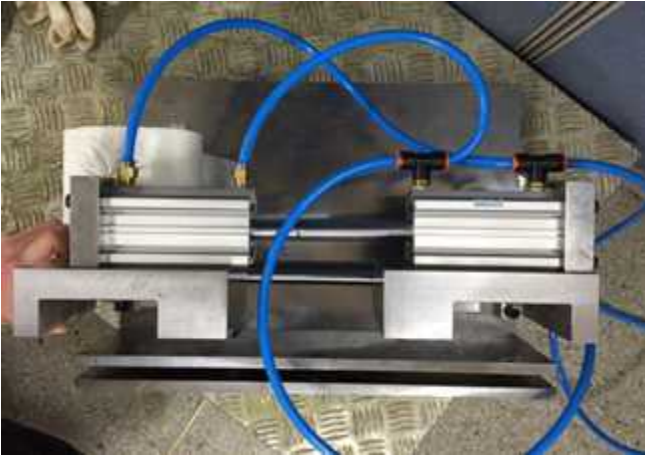
<그림3-8>탈부착 포크 무버 조립

- 1. 클램프 상단에 공압 실린더를 결합. 2. 클램프 뒤에 홀에 스프링들을 결합.
- 3. 스프링들 양 끝에 가이드를 브라켓에 볼트로 체결하여 조립.

제4장 시험 및 평가

제1절 운용 및 시험 요구조건

1. 시운전



<그림 4-1> 탈·부착 포크 무버

<그림 4-1>은 Steel로 제작한 탈·부착 포크 무버의 정면, 측면 사진이다.

우리 팀의 탈·부착 포크 무버는 업체의 개선사항 중 하나로, 수차례에 걸친 회의 끝에 설계, 제작이 되었다. 그 후 CAD 도면을 바탕으로 3D Modeling을 여러 번의 수정 작업을 하였다. 끝으로 유창○크의 외주업체인 인유 P·M·C에 제작을 의뢰하여 제작하였다.

제작이 완료된 후 작동이 제대로 되는지 우리 팀에서 목표한 만큼의 압력이 나오고 또한 다른 이상이 없는지 알아보기 위해서 시험을 해보기로 하였다. 에어를 공압 실린더에 연결을 해보기 위해서 공작실에 제작품을 들고 가서 연결을 해 보았다. 공작실에 가서 에어를 연결한 후, 공압용 솔레노이드 밸브를 조작하여 에어를 주입하며 실험을 해본 결과 20회 이상의 작동에도 이상 없이 작동은 되었지만, 양쪽 실린더가 작동하면서 정확한 위치에 정지하지 않는다는 단점이 발견 되었다.



<그림4-2> 탈·부착 포크 무버 개폐 실험 사진

위 <그림4-2>은 솔레노이드 밸브를 이용하여 제품을 개폐 실험 사진이다.

2. 지게차 설치

우리는 협력업체인 유창○크와 협의하여 빠른 시일 내에 설치를 하여 시운전을 해보려 했으나, 회사 내부 사정으로 인해 지게차에 설치하여 시운전 할 시간이 부족하였다. 어렵게 유창○크와 시간을 맞추어 방문하였다.

하지만 지게차에 설치하려는 도중 브라켓의 길이를 <그림4-3>의 용접부를 생각지 않고 측정해 브라켓이 장착이 되지 않는다는 문제점이 발견되었다. 그래서 브라켓을 분리하고 클램프를 설치하여 작동 여부를 확인하였다.

클램프 부분에서도 모델링에서 설계한 것과는 다르게 <그림4-4>에서 표시된 것처럼 로드가포크에 설치하는데 방해되어서 유창○크에서 고쳐야 하는 점을 알려주셨다. <그림4-3>에서 표시된 부분을 자르고 다시 용접해 로드 위치를 수정하였다.

<그림4-5>를 보면 로드 부분을 절단 후 위치를 정정하여 용접을 한 사진이다. 수정을 완료 후 <그림4-6>처럼 지게차 포크부분에 설치를 한 후에 20회 이상 조작을 하여 시험을 해 보았다. 20회 이상 작동에도 문제 없이 작동 되었으며, 치수 오차로 인해 지지대인 브라켓이 설치되지 않아 포크의 위치가 정밀하게 조절이 안 되는 문제점이 발생하였다.

이 문제점은 차후에 유창○크에서 개선해 주기로 하였다. 또한 브라켓의 크기 또한 조절하여 제품의 무게를 낮출 계획이다.



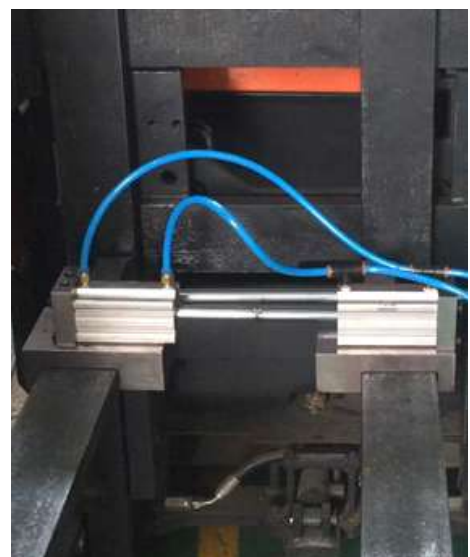
<그림4-3> 지게차의 용접 부위



<그림4-4> 클램프의 수정 필요 부분



<그림 4-5> 수정 완료된 클램프



<그림 4-6> 포크에 설치된 클램프

3. 시험 요구조건

포크 무게	30kg
포크 조정간격(최소/최대)	245/700
포크 크기	100 X 900 X 35
솔레노이드 밸브형식	수동
솔레노이드 밸브 최대압력	1.5kgf/cm ²
솔레노이드 밸브 조작각도	90°
에어 실린더 개폐 속도	100mm/sec

<표4-1> 포크 설치 시 요구조건 표

시험 할 때의 요구조건은 위의 <표4-1>을 보면 알 수 있다. 30kg포크의 무게를 개폐할 때 1.5kgf/cm²의 압력으로도 작동하였으며, 개폐 속도는 100mm/sec이고 포크에 장착하여 개폐했을 시 1회 왕복 시에 약 15초의 시간이 소요된다. 하지만 완전히 고정되지 않아 개폐 시에 정밀하게 작동되지 않았다.

제2절 시험결과

1. 제품 시험결과

개폐 실험은 공작실에서 20회, 지게차 설치 20회를 걸쳐서 총 40회를 시험해 보았다.

실험해본 결과 작동에는 이상이 없으나 몇 가지의 문제점들이 발견 되었다.

시험	공작실	포크에 장착	비고
10회	이상 무	이상 무	개폐 위치가 정확하지 않다.
20회	이상 무	이상 무	

<표4-2> 시험 결과

첫째, <그림 4-6>처럼 개폐 시에 중앙으로 정확한 위치에 개폐가 되지 않는다는 문제점이 발견되었다. 이는 브라켓이 고정되지 않아서 생기는 문제이다. 브라켓에 설치한 후에 재차 개선해볼 필요가 있다고 생각된다.



<그림 4-6> 개폐 시 한쪽만 움직이는 문제점

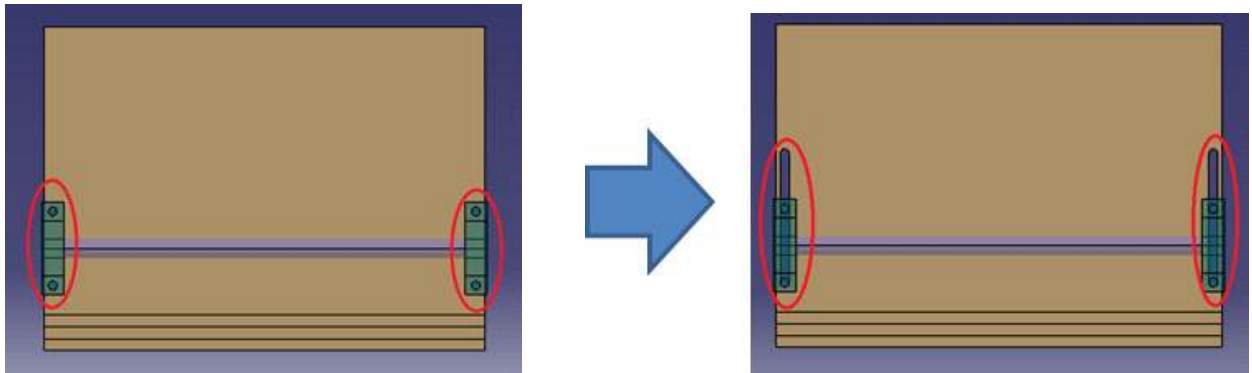
둘째, 공압 실린더는 압축성의 작동으로 순간적인 힘에 의해 포크가 대각선으로 움직여 동력손실 및 포크에 손상이 생긴다.

셋째, 설계 사양보다 낮은 무게에도 불구하고 탈부착 포크 무버의 무게 40kg로 설치하는데 많은 어려움이 있었다.

넷째, 제품과 실제 지게차의 위치가 맞지 않아서 설치가 되지 않았다. 따라서 제대로 실험을 할 수 없는 상황이 생겨 기대효과를 충족시키지 못하였다.

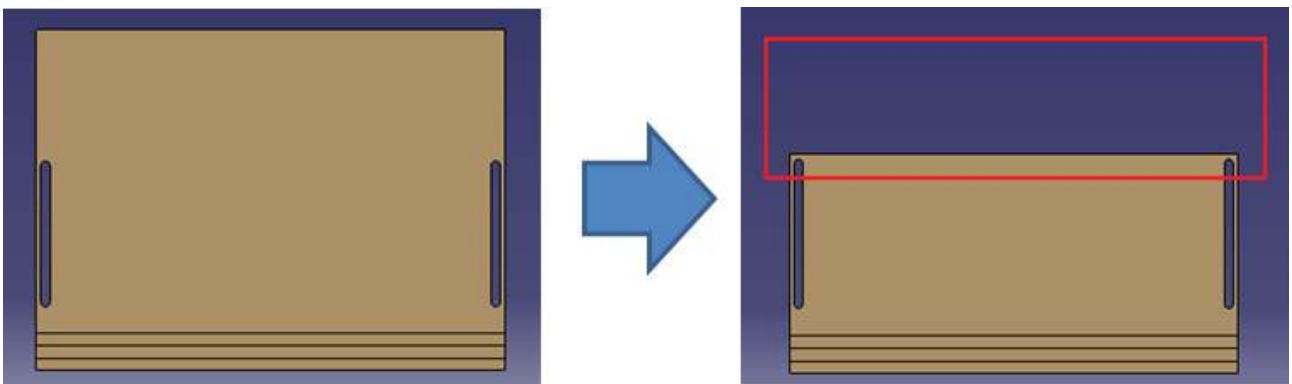
2. 문제점 개선방안

위의 문제점들을 해결하기 위한 방안으로 첫째, 브라켓의 위치 조절을 위해 브라켓에 있는 가이드 볼트 구멍을 길게 가공하여 위,아래 700mm 정도의 높이 조절이 가능 하도록 한다. <그림4-7>은 위의 사항을 수정한 3D설계도이다.



<그림4-7> 브라켓 개선방안

둘째, 무거운 무게를 줄이기 위해 브라켓에 필요 없는 부분을 제거한다. 브라켓의 볼트 구멍 위 부분을 제거하면 10kg이상의 무게를 줄일 수 있을 것이다. <그림4-8>은 위의 개선방안을 3D모델링한 것이다.



<그림4-8> 제품무게 개선방안

제5장 결론 및 총평

제1절 결론

‘탈부착 포크 무버’는 시중에 있는 포크 무버와 다르게 탈부착이 가능하고 가벼우며, 기존 지게차에 포크 무버 옵션이 없을 시에 사용할 수 있는 포크 무버로서 유압을 사용하지 않고 공압을 사용하여 제작되었다. 한 기종에만 국한되지 않고 하나의 제품으로 여러 기종에 적용될 수 있어 가격 면이나, 실용적인 면에서 효율적이다.

‘탈부착 포크 무버’를 지게차에 설치하여 공압 실린더의 최대압력 1.0mpa로 20회 시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 포크를 좌·우로 개폐하는데 1.0mpa로 충분히 작동하였다.
2. 공압 실린더가 지게차 포크를 운동시키는데 힘이 부족하지는 않았지만 공압 실린더의 압축성에 의한 순간적인 작동 속도 500mm/sec는 포크가 비틀려 포크에 무리가 가해졌다.
3. 제품은 설계목표 무게인 50kg보다 가벼운 40kg로 제작되었으나 한 사람이 설치하기에는 무리가 있었다.
4. 제품의 부품 중 브라켓의 하단에 두 개의 판의 간격이 13mm로 실제 지게차의 포크 뒤 강판 구조물의 용접부 치수 15mm보다 작아 설치가 불가능하였다.
5. 재질 SS440은 일반 강으로 인장강도 400-510N/m²과 항복강도 215N/m² 이상이고 브라켓의 두께 18mm와 브라켓의 목 두께 41mm로 작동하는데 있어 충분한 내구성을 가진다.
6. 클램프의 홀에 장착된 볼베어링이 클램프와 스핀들의 마찰력을 감소시켜 클램프의 직선운동에 무리가 없고 동력손실이 적었다.

탈부착 포크 무버의 실험결과는 많은 실험조건의 변동과 치수 오차에 의해 기대효과에 미치지 못하는 결과를 얻었다. 하지만 지지대 없이도 공압 실린더만으로도 예상보다 원활한 작동을 보였다.

몇 가지 문제점에 관한 개선방안으로 포크의 접촉면에 습동유를 바르고 포크를 바로 잡아줄 수 있게 클램프를 포크 위에 설치해준다면 처음 예상한 기대효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

제2절 총평

종합기계설계 과제인 ‘탈부착 포크 무버’의 처음 제작 계획은 우리 팀과 유창오크가 협력을 통해 할 계획이었으나 유창테크의 회사 내부사정으로 인해 외부업체에서 제작해주는 것으로 변경되었다.

설계 과정에서 지게차의 실제 치수를 정확히 측정하지 못한 채 제품이 완성되었다. 실제 지게차에 설치할 때 몇 가지 문제점들이 발생하게 되었고 그 문제점들 때문에 제대로 실험을 하지 못하는 상황이 생겨 많은 아쉬움을 남겼다. 또한 치수 측정에 문제점도 있었지만 일정관리를 제대로 하지 못해 제품을 수정할 시간이 없었던 부분도 이번 과제에 큰 아쉬움 중 하나이다.

하지만 유창오크에서 축적된 자료와 개선사항 등을 토대로 ‘탈부착 포크 무버’의 동력전달 방식 변경 및 위치 수정을 통해 문제점을 개선한다면 기대효과를 충족시키는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

수정을 통해 개선된 ‘탈부착 포크 무버’는 기존 포크 무버가 없는 지게차에 설치해 작업의 효율성을 높이고 추가 비용을 줄이는 효과를 낼 것으로 보인다.

이번 종합기계설계 과제를 통해 우리 팀에서는 여러 구동 방식과 동력전달 방식에 대해 공부하는 좋은 시간이 되었으며, 팀 협력 과제에서 팀워크의 중요성과 실제와 이론의 차이 및 4년간의 전공 지식의 한계를 알게 되었다. 또한 계획을 실행하는데 있어 조금의 문제점들로 인해 일정이 지체되고 과제 실행에 있어 많은 어려움이 발생함을 배웠다. 어려움이 발생했지만 그것들을 하나하나 풀어가며 팀원들 간의 협력도 더욱 깊어졌다.

1년이라는 긴 시간동안 부족한 저희를 이끌어주시고 제품 제작에 있어 많은 도움을 주신 임학규 교수님과 기계 설계공학과 교수님들께 감사합니다.

[참고문헌]

(학술 논문의 경우)

[1] 지게차 안정성을 높이기 위한 클램프 설계 (최재민 외 7명 학술발표 자료)

[2] 지게차 포크 기울기 표시장치 (박진근 외 8명 한국 기계가공학회 논문집)

[3] Dual Fork형 지게차의 동적경로할당에 관한 연구 (김환성 외 1명 한국향해항마학회)

(특허의 경우)

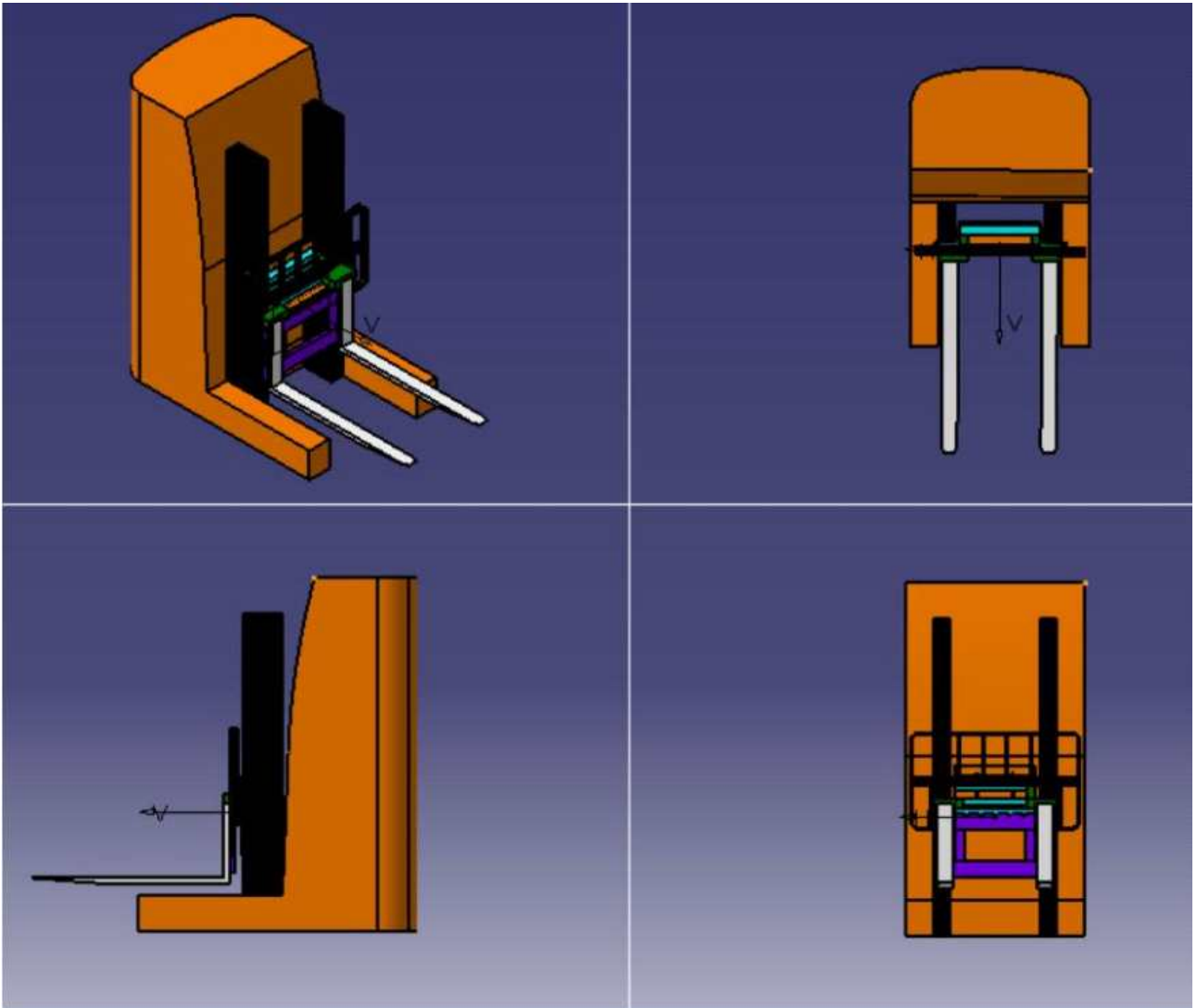
[4] (주)중경산업기계, 2005, “포크의 간격조정을 간편하게 할 수 있는 포크 포지셔너”, 대한민국 특허실용(출원번호 10-2004-0074637), 대한민국특허청

[5] (주)중경산업기계, 2009, “지게차용 포크 포지셔너 캐리지”, 대한민국 특허실용(출원번호 10-200780026452), 대한민국특허청

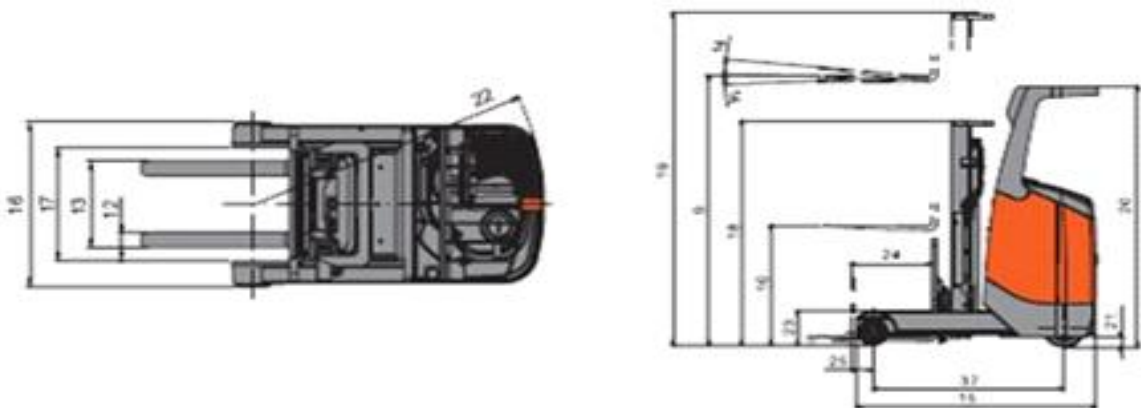
[6] ((주)에스에스테크, 2015, “작업성 향상 기능을 갖는 지게차용 시프팅 포크 포지셔너”, 대한민국 특허실용(출원번호10-2013-0144689), 대한민국특허청

[부록]

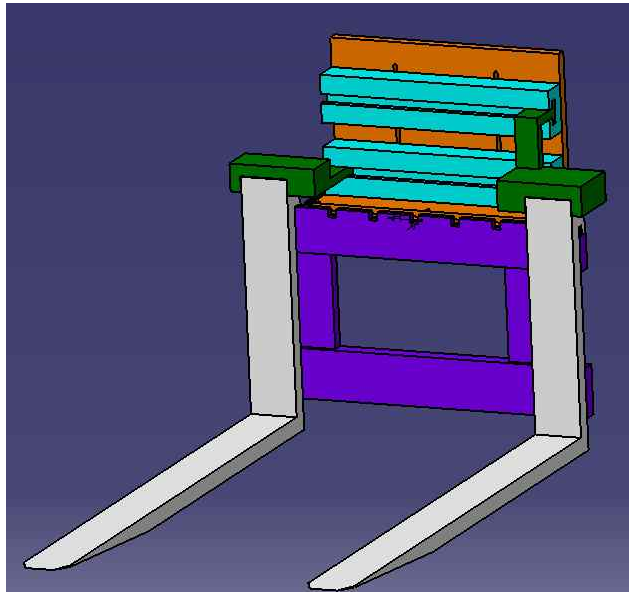
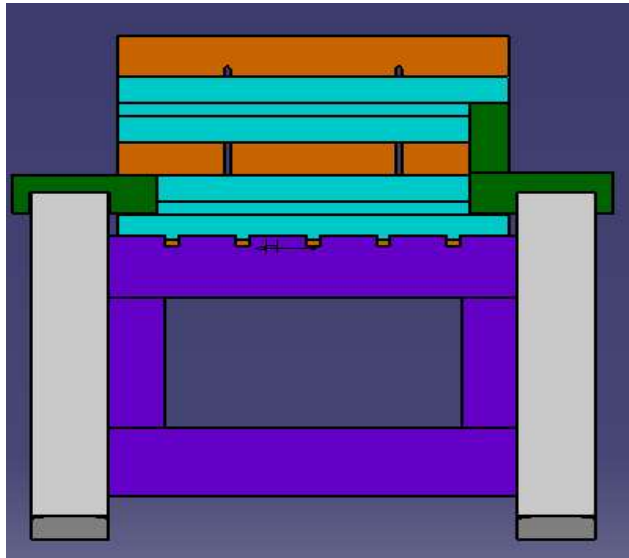
<지게차 실제 3D모델링>



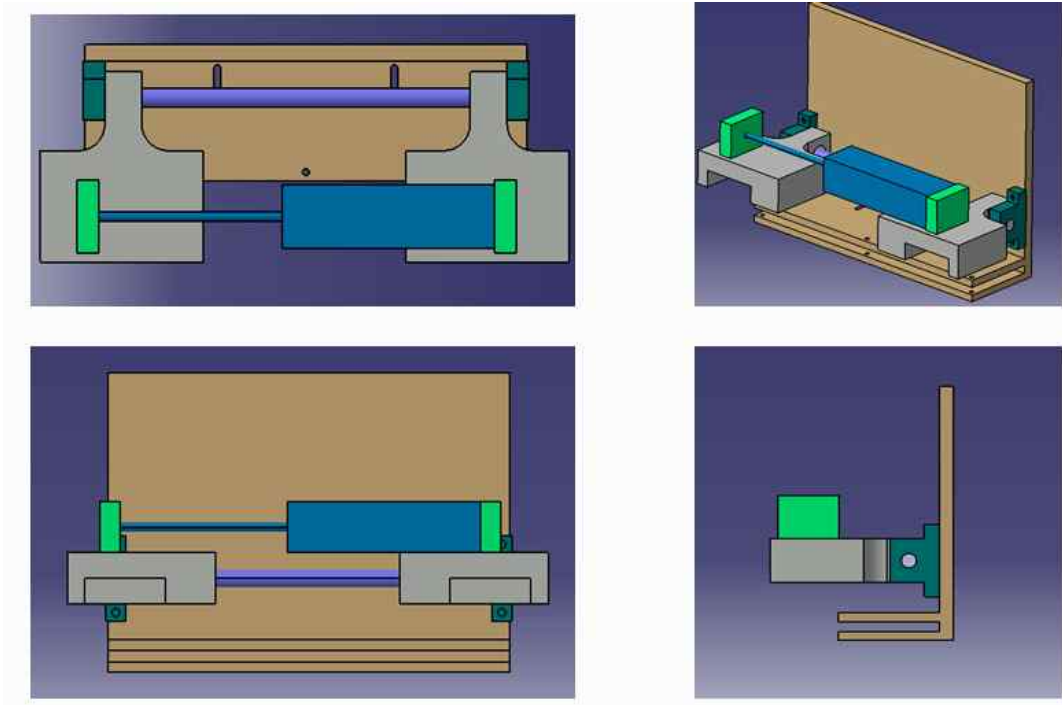
<DOOSAN BR 156-7>



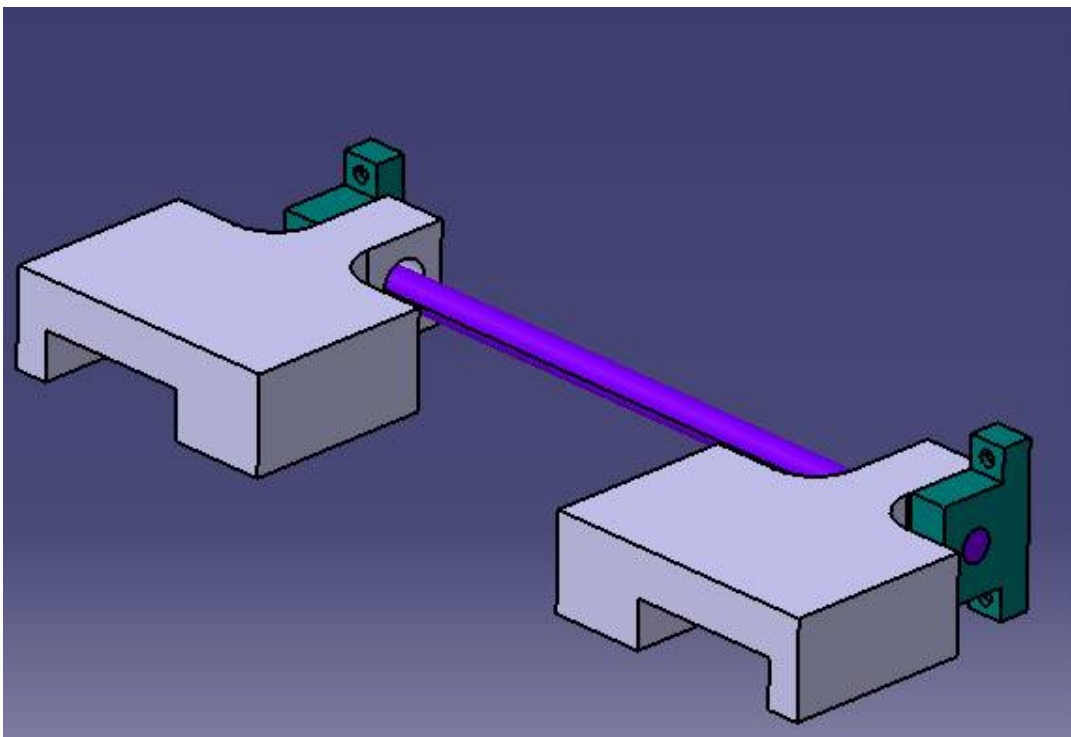
<초기 소형기어모터형 3D모델링>



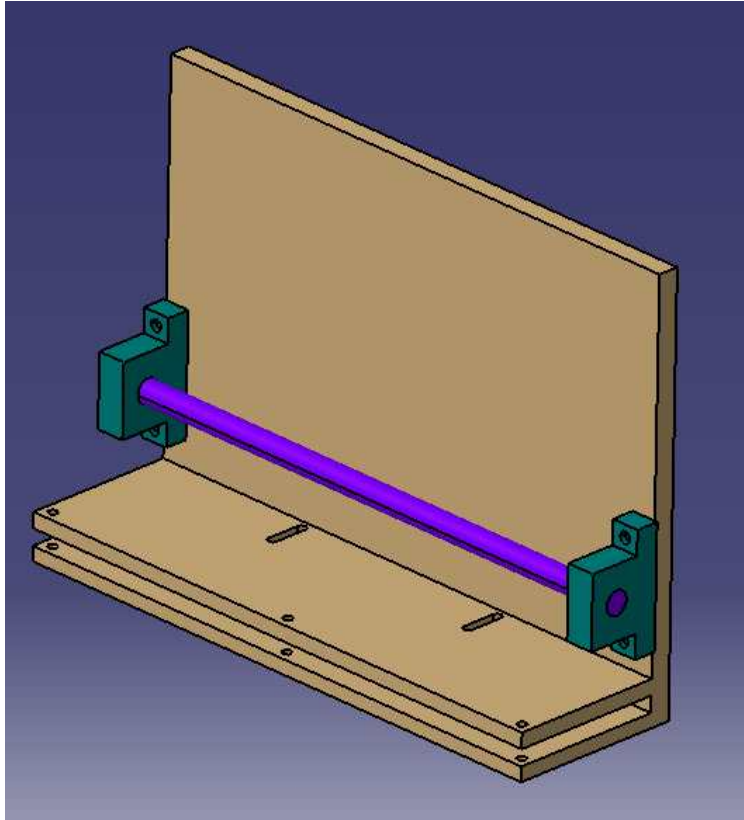
<최종 3D모델링>



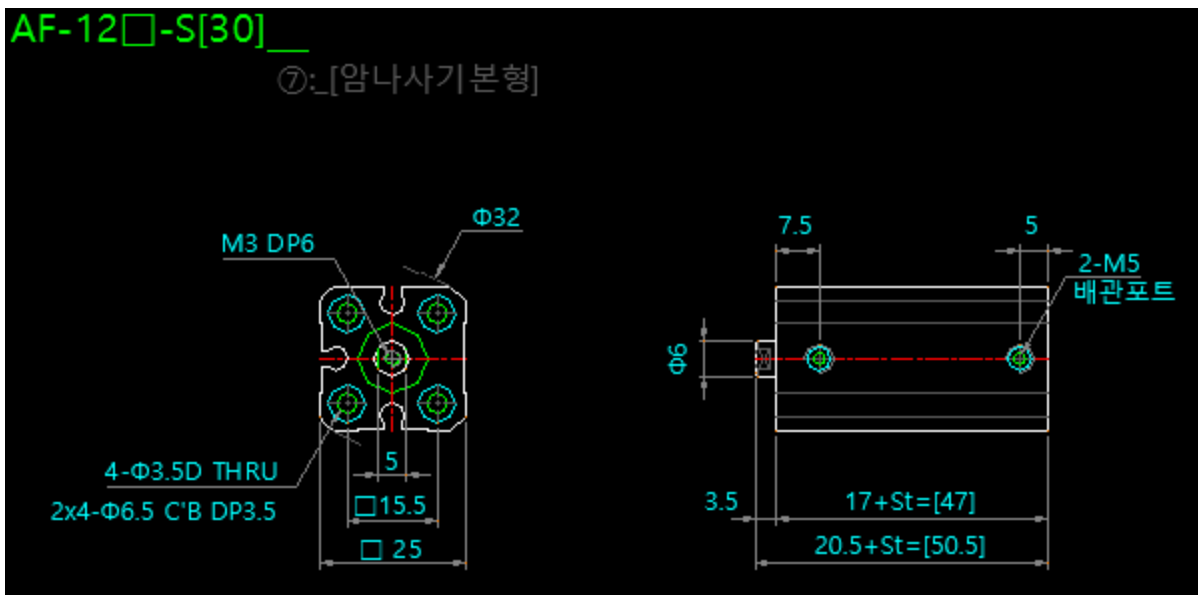
<브라켓 + 스피들 + 가이드 결합 3D 모델링>



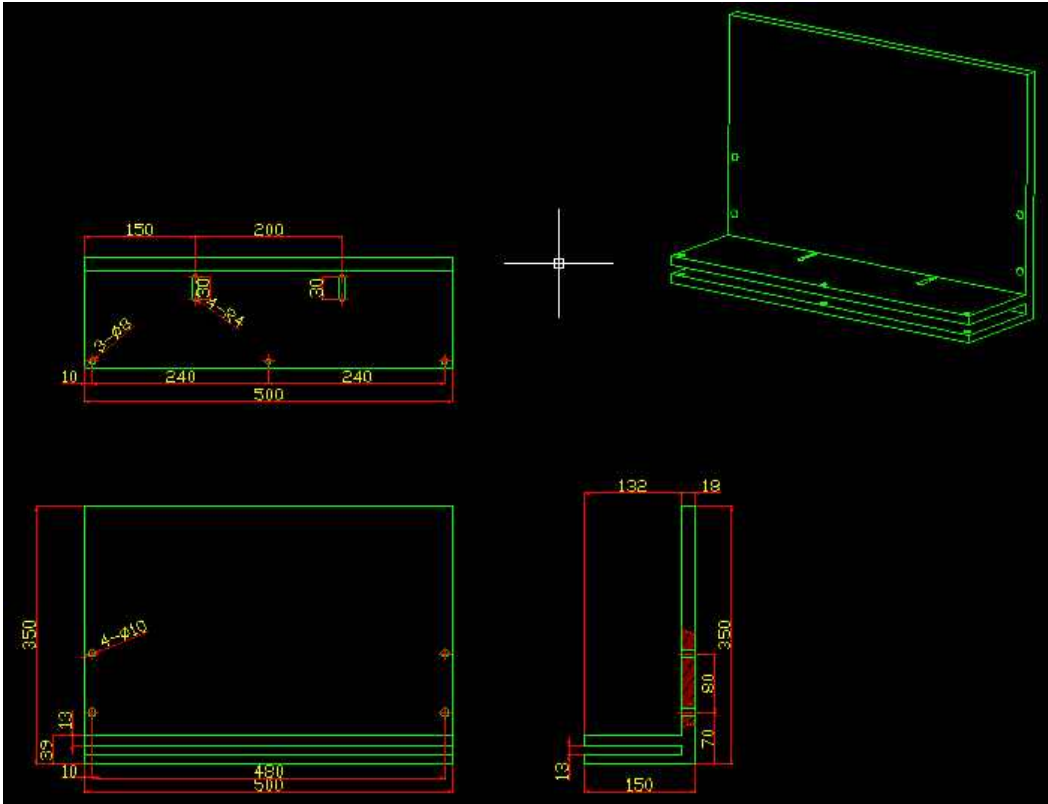
<스핀들 + 가이드 + 브래킷 결합 3D모델링>



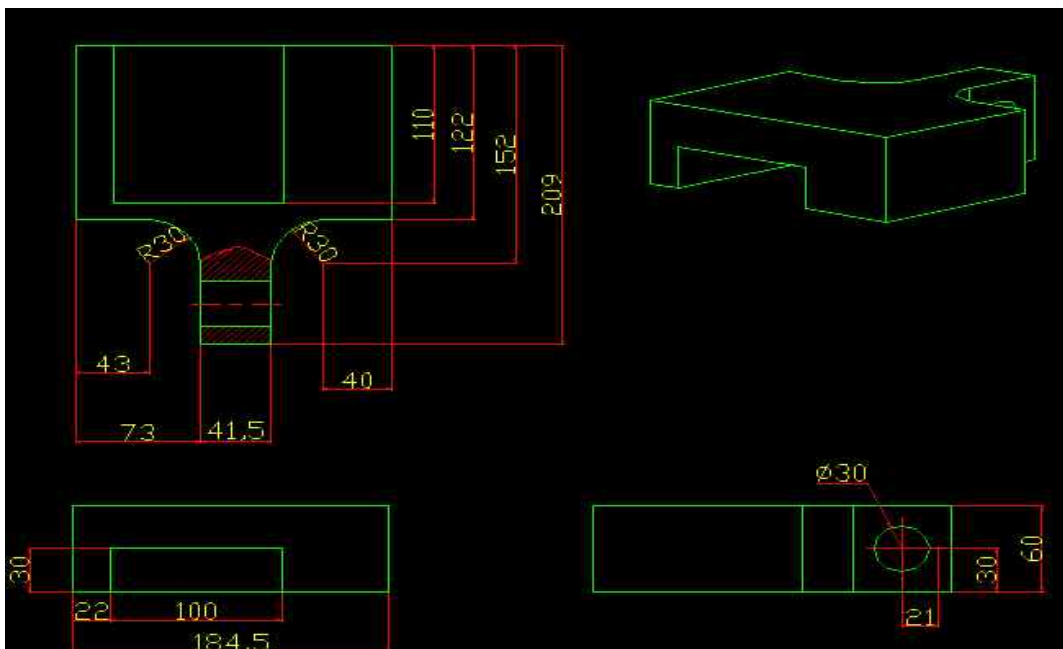
<공압 실린더 2D설계도>



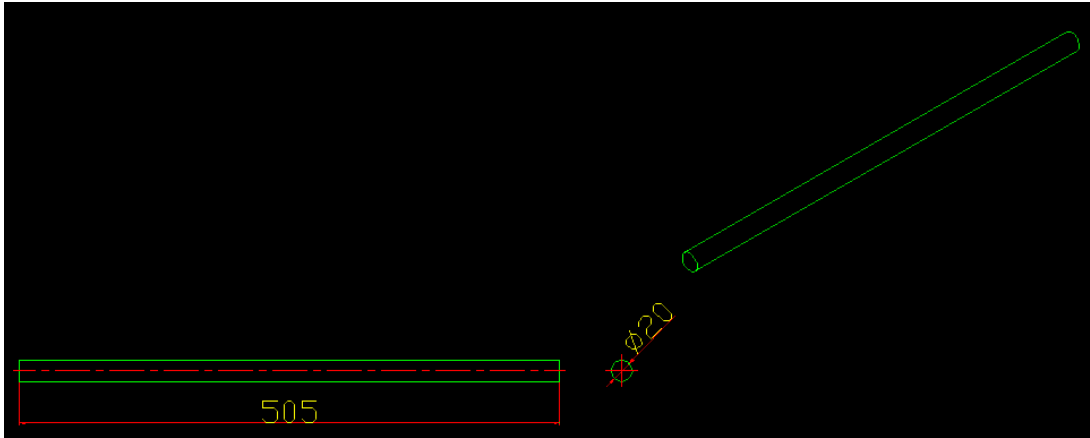
<브라켓/ SS440>



<클램프/ SS440>



<스핀들/SS440>



<가이드/SS440>

