

120072  
-01

30  
~  
50  
HP  
급  
트랙터용  
저소음,  
,  
고효율의

1  
점  
연  
속  
접  
촉  
헬리컬기어  
펌프  
개발

2021  
농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
첨단농기계산업화기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003644-01

# 30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬기어펌프 개발

2021.08.12

주관연구기관 / (주) 진성정밀  
협동연구기관 / 건설기계부품연구원  
부경대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어 펌프 개발"(개발기간 : 2020.04.29~2021.04.28)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021년 08월 13일

주관연구기관명 : ㈜진성정밀 (대표자) 황 종 원 (인)

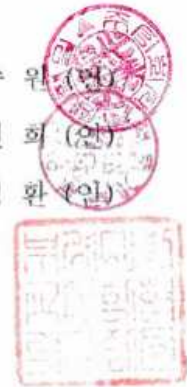
협동연구기관명 : 건설기계부품연구원 (대표자) 김 민 희 (인)

위탁연구기관명 : 부경대학교산학협력단 (대표자) 오 정 환 (인)

주관연구책임자 : 이 호 선

협동연구책임자 : 신 슬 기

위탁연구책임자 : 지 상 원



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

최종보고서				보안등급									
				일반[○], 보안[ ]									
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명	사업명		첨단농기계산업화기술개발사업						
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		-						
공고번호		제 농축 2020-132호		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-							
				연구개발과제번호		120072-1							
기술분류	국가과학기술 표준분류		LB0802	65%	EA0306	20%	EA0803	15%					
	농림식품과학기술분류		RC0101	80%	RC0199	10%	AA0103	10%					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문		-									
		영문		-									
연구개발과제명		국문		30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발									
		영문		Developed a low-noise, high-efficiency, one-point continuous contact helical gear pump for 30-50HP tractors									
주관연구개발기관		기관명		(주)진성정밀		사업자등록번호		114-88-01816					
		주소		경남 진주시 남강로 1385번길 27		법인등록번호		191111-0093521					
연구책임자		성명		이호선		직위		부사장					
		연락처		직장전화		휴대전화							
				전자우편		국가연구자번호							
연구개발기간		전체		2020. 04. 29. ~ 2021. 04. 28.(12개월)									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금			
		현금		현금		지방자치단체		기타( )					
총계		400,000		134,000				400,000		134,000		534,000	
1단계		400,000		134,000				400,000		134,000		534,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
												역할	
공동연구개발기관		건설기계부품연구원		신승기		선임연구원		010-6776-9801		shingsg03@koceti.re.kr		신뢰성검증 전문생산 기술연구원	
위탁연구개발기관		부경대학교산학협력단		지상원		교수		010-2788-2487		jsw@pknu.ac.kr		시스템해석 대학	
연구개발기관 외 기관		-		-		-		-		-		-	
연구개발담당자 실무담당자		성명		김성렬		직위		과장					
		연락처		직장전화		휴대전화							
				전자우편		국가연구자번호							

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 06월 28일

연구책임자: 이 호 선 (인)

주관연구개발기관의 장: 황 종 원 (직인)

공동연구개발기관의 장: 김 민 희 (직인)

위탁연구개발기관의 장: 오 정 환 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

사업명		첨단농기계산업화기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		
내역사업명 (해당 시 작성)					연구개발과제번호		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0802	65 %	EA0306	20 %	EA0803	15%
	농림식품 과학기술분류	RC0101	80 %	RC0199	10 %	AA0103	10%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발					
전체 연구개발기간		2020. 04. 29. - 2021. 04. 28. (12개월)					
총 연구개발비		총 534,000 천원 (정부지원연구개발비:400,000천원, 기관부담연구개발비:134,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[√] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 2 ) 종료시점 목표( 5 )	
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고속, 고압, 고효율 및 고내구성 확보를 위한 헬리컬 기어펌프 설계, 맥동저감 해석 및 제작 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선진사제품의 분해, 조립등 벤치마킹을 반영한 윤활부의 마찰 손실 저감 설계</li> <li>- Helical &amp; Continuous contact gear 형상 설계 및 제조 기술 확보</li> <li>- 맥동 저감을 위한 운용 조건별 기어펌프 유압해석 모델 개발</li> <li>- 기어펌프의 안정성 확보 등을 위한 구조해석 및 최적화</li> </ul> </li> <li>○ 실사용 조건을 고려하여 B<sub>5</sub> life 2,000시간(신뢰수준 70%) 확보를 위한 부품 신뢰성 시험/평가 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술 개발 제품을 위한 실차 운용 조건 분석 기반 시험 코드 개발</li> <li>- 작업 조건을 반영한 실차 적용 수준 부하 기반 성능/내구 시험 평가 검증</li> <li>- 실사용(험지) 운영 조건을 고려한 내환경 신뢰성 확보</li> <li>- 벤치 단위 종합 성능 및 내구 시험평가</li> <li>- 운용 안전성 확보를 위한 안전성 평가 검증</li> </ul> </li> <li>○ 고속/고압화를 위한 유압기어펌프의 생산 공정 최적화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 소재의 열처리 및 정밀 가공을 통한 공차 최적화 생산</li> <li>- 헬리컬 기어펌프 양산을 위한 공정 프로세스 구축</li> </ul> </li> </ul>					

연구개발성과	○ 정량적 성과											
	주요 성능지표		단위	개발목표	측정결과	만족여부						
	1. 기계효율		%	85 % 이상	88.1	달성						
	2. 용적효율		%	95 % 이상	95.9	달성						
	3. 최대 압력		bar	270 이상	27.2	달성						
	4. 최대 회전속도		r/min	3,000 이상	3007.5	달성						
	5. 정격유량		l/min	57.2±2	56.3	달성						
	6. 압력맥동		%	± 5 이하	0.2	달성						
	7. 고온시험		℃	90	90 (효율저하 0.2%)	달성						
	8. 저온시험		℃	-33	-33 (효율저하 0.2%)	달성						
	9. 진동 시험		-	외관 손상 없음	크랙 및 파손 없음	달성						
	10. 소음 시험		dB	65 이하	63.5	달성						
11. 보증수명		시간	2,000 이상	500시간 (가속조건 효율저하 1.3%)	달성							
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	○ 정성적 성과											
	- 1점 연속 접촉식 헬리컬 기어의 자체 설계 및 제작 기술 확보											
	- 헬리컬 기어 제조 공정 최적화 프로세스 정립											
	- 구조 강도 해석 기반 소재 및 안전성 평가 기술 확보											
	- 트랙터 Field 실 부하 측정 기반 시험 코드 설계 및 시험평가 방법 정립											
- 유압 해석 프로그램 기반 맥동저감 해석 기술 확보												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	○ 산학연 협력 체계 구축과 공동 연구를 통한 원천 기술 및 자체 Line-Up을 확보함.											
	○ 특히, 완성차 제조사(L社)와의 협업 체계를 구축하여, 안정적인 수요처를 확보함.											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	○ 트랙터 즉시 적용 수준의 신뢰성 검증으로 약 100억원 규모의 수입 대체 효과가 기대됨.											
	○ After-Market과 유관 산업(건설기계, 방산, 특장차 등)으로의 OEM 방식 납품 등 고착화 된 국내·외 유압부품 수요시장 진출로 약 200억원 규모의 신규 수요창출 효과 기대됨.											
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	○ 신규 수요 시장 확대를 통해 연간 2명 이상의 일자리를 창출함.											
	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
	2	1	1					생명 정보	생물 자원		정보	실물
국문핵심어 (5개 이내)	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호		
영문핵심어 (5개 이내)	기어펌프		헬리컬		트랙터		추력판		축력			
	Gear pump		Helical		Tractor		Thrust Plate		Axial force			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
1-1. 연구개발의 필요성	1
1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황	4
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	9
2-1. 주관기관(진성정밀)	9
2-2. 협동기관(건설기계부품연구원)	46
2-3. 위탁기관(부경대학교 산학협력단)	86
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	94
3-1. 연구수행 결과	94
3-2. 목표 달성 수준	99
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	105
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	106
별첨 자료 (참고 문헌 등)	
[별첨 1] 학술대회 참가(대한기계학회 신뢰성 부문)	109
학술대회 참가(동력기계학회)	111
[별첨 2] 특허 출원서	113
[별첨 3] 헬리컬기어펌프 입회시험성적서	115
[별첨 4] 헬리컬기어펌프 시험지침서	121

# 1. 연구개발과제의 개요

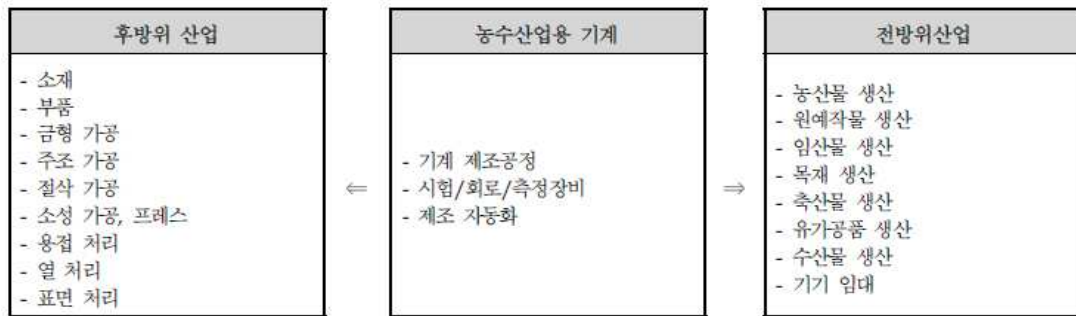
## 1-1. 연구개발의 필요성

- 농기계는 농업 생산 작업의 자동화·로봇화 기술, 농가경영 안정을 위한 에너지 절감 기술, 농산물 부가가치 향상을 위한 수확 후 품질관리·가공·유통 기계기술, 농업 재해 예방관리 기술이 적용된 기계를 칭함.
- \* 농업기계화촉진법에서는 농·림·축산물의 생산에 사용되는 기계·설비 및 부속 기자재, 농·림·축산물과 부산물의 생산 후 처리작업에 사용되는 기계·설비 및 부속 기자재, 농·림·축산물 생산 시설의 환경 제어와 자동화에 사용되는 기계·설비 및 부속 기자재 모두를 포함하여 “농업기계” 즉 “농기계”라 정의함



<농기계 종류>

- 농기계는 제조 기술 산업 및 소재, 부품, 장비 등과 관련된 산업이 후방위 산업이며, 농산물 생산, 기계 임대 산업 등 전방위 산업으로 이루어짐



<농기계 중심의 연관 산업 구조>

- 농기계는 농촌의 노동인구 감소와 고령화에 따른 노동력 부족에 대응하고 높은 노동 부담과 생산비용을 줄이기 위해 매우 중요한 요소임
  - 산업용 기계에 첨단 전자기술이 폭넓게 응용되면서 정보/무선통신, 차세대 전지 등 첨단 산업과의 결합과의 결합이 갈수록 증대되고 있는 분야임
  - 산업용 기계와 달리 예측 및 제어가 곤란한 자연환경에서 운용이 된다는 점에서 차별화 됨
  - 산업의 근간을 이루는 농업에 소요되는 특수 목적의 기계를 제조하는 업종으로 수요 산업의 경기변동에 민감함



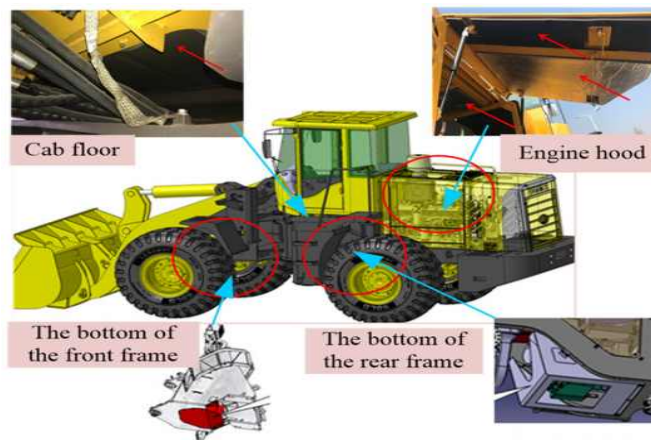
\* 무인 트랙터, 드론 방제 등 농작업의 스마트화, 즉 농업과 4차 산업혁명 기술 융합으로 경쟁력 있는 첨단 농업 육성(2018.02, 2018~2022 농업·농촌 및 식품산업 발전계획)

- 농기계는 농작업의 시계열적 순서에 따라 크게 경운·경지, 이앙·파종, 재배관리, 수확 작업기 및 시설농업/농산물가공 설비로 구분되며, 경운·경지 작업기에는 트랙터, 동력경운기, 그레이더, 논두렁조성기, 두둑성형기, 돌수집기, 로베이터, 무논정지기, 동력배토기, 플라우, 휴립복토기가 포함됨
- 이 중 농업용 트랙터는 동력취출장치, 견인장치, 작업기 승강장치를 갖추고 견인형, 장착형 및 구동형 작업기를 연결하여 경운, 정지, 운반 등 농작업을 수행하기 위해 설계된 엔진 호칭출력 15 kW이상인 동력전달 차축을 가진 승용자주식 원동기계를 말함
- 농업용 트랙터의 유압구동원인 메인 유압펌프는 큰 부하(회전토크, 속도)를 필요로 하는 산업분야인 농기계뿐만 아니라 건설기계, 방산기계, 특장차 등에 널리 사용됨



**<기어모터의 적용분야 및 장·단점>**

- 유압펌프 중 외접기어(External gear) 펌프는 사용 가능한 회전속도, 압력, 점도 범위가 넓으며, 가격이 저렴하다는 장점 때문에 널리 사용되나, 소음이 심하다는 단점을 가짐
- 특히, 농업용 트랙터의 무게 저감, 환경문제 및 작업자의 작업환경에 대하여 개선 요구가 높아지고 있어 현재의 기어 펌프는 주철과 알루미늄을 사용하여 무게를 감소시켰으나, 아직 기어 펌프의 동력전달 효율 한계와 내부 압력으로 인한 이물질 생성 등으로 펌프 작동 시 발생하는 진동/소음 문제 해결이 요구되고 있음
- 이에 대한 대책으로, 장비에 커버류를 두겹게 제작하거나 스펀지를 덧붙여 진동/소음을 줄이고 있으나 장비의 무게와 생산원가를 올리는 요인이 되고 있음



**<진동/소음 최소화를 위한 추가 공정>**

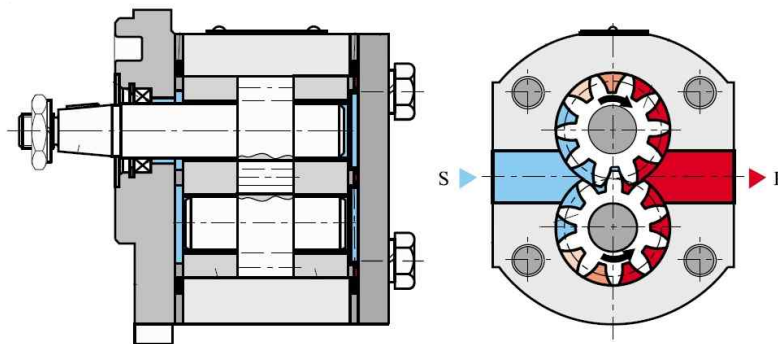


- 그러나, 국내 농업용 트랙터 제조사의 대부분이 메인 펌프를 미국 등 해외로부터 70 %이상을 수입으로 의존하고 있는 실정임
- 따라서, 용적 효율의 극대화 및 진동/소음이 최소화된 컴팩트한 설계 구조를 가진 헬리컬 타입 외접기어 펌프를 개발하여 농업용 트랙터의 메인펌프를 국산화하고자 함



<대상 개발 제품의 기술 개발 개념도>

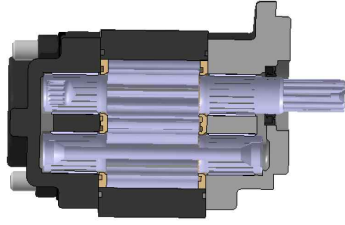
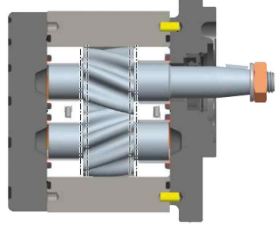

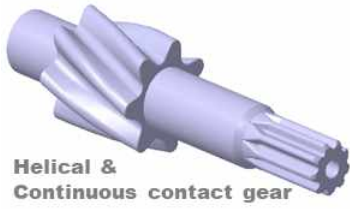
- 일반적인 외접기어 펌프는 한 쌍의 평기어(spur gear)가 하우징(housing) 속에서 회전하여 유압에너지를 회전동력 에너지로 전환시켜주는 역할을 수행하며, 2개의 기어 가운데서 하는 구동축(drive shaft)을 통하여 구동원에 연결됨



<외접기어 펌프의 형상 및 동작>

- 대상 개발 제품은 평기어(spur gear)를 헬리컬기어(helical gear)를 사용하여 제품의 크기를 줄이되 용적효율을 최대화하고, 인벌루트 기어(involute gear)를 연속 접촉 기어(continuous contact gear)를 적용하여 이물질 발생 및 소음을 최소화하는 설계 구조를 가짐

**<기존 제품과 기술개발 제품의 비교>**

구분	(기존 제품) 평기어 유압펌프	(개발 제품) 헬리컬기어 유압펌프
제품 형상		
사용 기어	 Spur & Involute gear	 Helical & Continuous contact gear
최대 회전속도	2,500 rpm	3,000 rpm
최대 사용압력	265 bar	275 bar
소음 정도	85 dB	70 dB
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 내구성이 좋음</li> <li>- 가공이 비교적 쉬움</li> <li>- 원가가 저렴함</li> <li>- 다단 조립이 용이함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 압력 형성이 부드러움</li> <li>- 높은 회전속도에서 저소음 실현</li> <li>- 고압에서 고효율</li> <li>- 제품의 크기 최소화</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 진동 및 소음이 심함</li> <li>- 무거움</li> <li>- 고압형성이 불안정함</li> <li>- 초기 회전 시 이물질 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가공이 어려움</li> <li>- 다단 조립이 어려움</li> </ul>

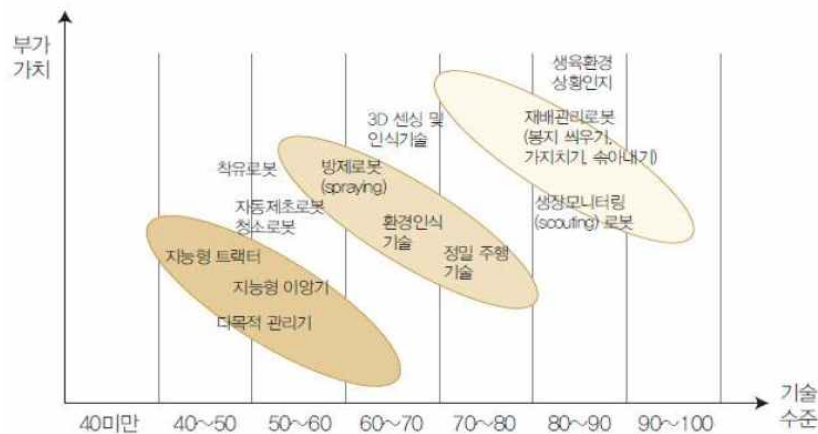
**1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황**

1) 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 국내의 기어펌프 시장은 연평균 16.8 %의 성장과 더불어 기술력 향상이 예상되는 전도 유망 품목임
  - 기계산업 전반에 활용되는 핵심부품이나 독일, 일본 등 선진국 대비 부족한 기술수준으로 인해 수입의존도가 상대적으로 높음
  - 국내에서 일부 생산하고 있으나 선진국의 펌프 제조기술에서 특허를 침해하지 않는 수준에서 모방 생산하고 있어 독자적인 기술 확보가 절실한 상황임
  - 국내 유압펌프는 수입에 특화된 낮은 수출 경쟁력 보유(무역특화지수는 약 -0.7)
    - \* '15년 기어펌프 수출 13,613천불, 수입 28,215천불
  - 현재 독일, 일본 등 해외 선진국 대비 기술수준은 약 85%로, 기어펌프 내구성 및 고효율화 기술 향상 시 선진국 수준의 품질 확보 가능
- 국내 생산되는 기어펌프에 대한 신뢰성 보증에 어려움을 겪고 있어 전반적인 신뢰성 기술 확보를 통한 제품 품질 향상 필요

- 제품 과부하, 용적효율 저하 등 제품 신뢰성과 직결된 필드고장 사례가 다수를 차지함 (과부하에 따른 내부 구성품(Gear, Seal 등)의 파손과 용적효율 저하에 따른 작업장치의 속도저하 문제 발생 등)
- 최근 국내기업의 주요 수요처에서는 선진기업과 대등한 수준의 품질보증 시간을 요구하는 경우가 점차 확대되는 추세임
- 이에, 정부차원의 지원을 통한 해외 경쟁사와 대등한 수준의 성능/품질 확보로 국내 기어펌프의 수출시장 확대 및 수입 대체 필요
  - 기어펌프는 농기계 완성차 및 건설기계 등 기계산업 전반에 활용되는 핵심부품으로 성능/품질 확보 시 산업계 파급효과 극대화가 가능함
  - 유압 기어펌프는 약 70%를 수입에 의존하는 부품으로 고착화된 수요시장 확대 및 국산화 대체하기 위해 제품의 고부가가치화를 위한 기술개발이 시급한 실정임
- 국내 농기계 제조는 국내 대기업을 중심으로 대부분 독자 개발로 이루어지고 있음
  - 대표적인 국내 D社에서는 배기규제 대응 20-74마력 엔진과 더불어 120마력 트랙터, 6조 콤파인, 보통형 콤파인, 8조 이양기를 개발 중임
  - 중소형 규모 경지 경작에 적합한 지능형 트랙터 및 콤파인 로봇 플랫폼 개발에 집중하여 국내와 농업 여건이 유사한 중국, 인도, 브라질 등 신흥 국가를 대상으로 수출시장을 확대하기 위한 전략을 모색중임



**<농업로봇 부가가치 및 기술수준>**

출처 : 한국산업기술평가관리원, 농업로봇 기술동향과 산업전망, 2015

○ 시장현황

- 국내의 L社의 경우 트랙터의 메인펌프를 100% 수입에 의존하고 있음. 국내 전체 트랙터용 메인펌프의 수입이 약 70~80 %이상으로 추정되어 국산화를 통한 대체가 요구됨
- '15년 유압펌프 국내시장 규모는 약 340백만불이며, 연간 시장 성장률이 16.8 %로 나타나 '18년에는 542백만불로 시장규모 확대 예상됨
  - \* 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2016~2018/산업용기계(중소기업기술정보진흥원)
- '15년 기어펌프의 국내시장 규모는 전체 국내 유압펌프 시장의 약 30 %(102백만불)로 추정되며 '18년에는 162백만불로 성장 예상됨
- 국내 기어펌프는 수출 대비 수입 의존도가 상대적으로 높은 품목이었으나, 2008년 이후 국내 업계의 기어펌프 품질 향상 노력에 따른 수입 대체 및 수출 증가하고 있음

\* 기어펌프 수출 : '08년 7.03백만불 → '15년 13.6백만불

\* 기어펌프 수입 : '12년 43.7백만불 → '15년 28.2백만불

- 국내 농기계 시장 중에서 트랙터 부문은 2010년에 국내 보급률이 약 95% 수준에 달하여 현재 신규 시장 발생 없이는 수요 증대를 기대하기 어려운 상황임. 국내 농기계 시장은 정체 단계 단계에 들어섰다고 판단되며, 수출을 통한 시장 확대를 적극적으로 개척 중임

### <국내 농기계 시장규모 및 전망>

(단위 : 억원, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
농업기계	16,157	17,450	18,846	20,353	22,238	23,506	8.3%

출처 : 2015년 중소·중견기업 기술로드맵, 2015

- 국내 트랙터 공급 현황을 살펴보면 농촌의 노동력 감소와 고령화·부녀화로 인한 농기계 운전자의 감소 및 작업 기간이 짧은 농작업의 특성 등으로 사용하기 편리하고 노동력 절감 효과가 큰 대형화·고성능화 트랙터 구입이 많음

### <트랙터 규모별 공급률 현황>

(단위 : %)

구분	구분	2002	2005	2010	2015	2018
		트랙터	소형	25.6	14.0	4.9
	중형	57.7	60.8	53.1	43.8	39.5
	대형	16.7	25.2	42.0	50.0	56.3
	소계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

주) 트랙터 소형 40마력 미만, 중형 40~60마력, 대형 60마력 이상

출처 : 농협 농기계은행사업 실무교재, 2019

- 2019년 농기계시장 실적호조에 따라 완만한 상승세를 이어가던 국내 트랙터 시장은 2020년 코로나19의 여파와 경지면적 감소 등 시장수요의 상승동력이 줄어들 것으로 전망됨
  - 국내 시장수요는 대농가와 임작업 대행업체의 비중이 높아지면서 대형트랙터의 수요는 꾸준하게 늘어날 것으로 예측되고, 밭농업과 소규모 경작농을 중심으로 경제형트랙터에 대한 수요가 일정부분 유지될 것으로 보여 보급형과 고급형의 양극화는 더욱 심화 될 것으로 보임

### <국내 제조사 트랙터 국내 공급 현황>

■ 종합형업체 2020년 국내 트랙터 공급전망(추정)

(단위 : 대수, 억원, %)

업체별	2018년(a)		2019년(b)		2020년(c)		증감율(c/b-1)	
	공급대수	금액	공급대수	금액	공급대수	금액	공급대수	금액
대동공업(주)	3,700	1,500	3,800	1,500	3,800	1,500	100.0%	100.0%
LS엠트론(주)	2,600	1,300	2,700	1,200	2,800	1,250	103.7%	104.2%
동양물산기업(주)	1,600	650	1,900	750	2,500	900	131.6%	120.0%
국제종합기계(주)	1,900	780	2,300	830	2,500	900	108.7%	108.4%
구보다코리아(주)	1,050	600	1,000	550	1,000	600	100.0%	109.1%
안마농기코리아(주)	800	580	750	550	800	590	106.7%	107.3%
합계	11,650	5,410	12,450	5,380	13,400	5,740	107.6%	106.7%

■ 시장점유율 추정



출처 : 농축산기계신문, 2020 트랙터 시장전망 발췌, 2020

## 2) 국외 기술 수준 및 시장 현황

### ○ 기술현황

- 미국, 독일 등 선진국의 펌프성능은 안정된 수준에 도달하여 세계시장을 점유하고 있고 생산에 주력하기 보다는 유압펌프의 품질에 대한 신뢰성 확보에 집중하고 있음
- 해외 선진사 Bosch(독일), Parker(미국), Ebara(일본) 등 3社가 세계 고부가가치 유압부품의 원천기술을 보유하고 있음
- 농기계 부문 해외 선진사들은 고급형 제품을 출시하기 위한 기술 개발
  - (John Deere社) 세계 농기계 기술 개발을 주도하며, 배기가스 규제 대응 엔진 및 무단변속기 개발, 자율주행 트랙터 및 콤팩트 상용화 그리고 주로 중대형 제품을 생산하며, 소형은 일본 OEM으로 추진함
  - (CNH社) 무단변속기, 자율주행 트랙터 및 콤팩트 개발 및 주로 중대형 제품을 생산하며, 소형은 일본 및 한국 OEM 추진. 세계 최초로 100마력 fuel cell 트랙터를 개발하여 상용화하였음
  - (AGCO社) 전문업체를 주로 인수합병하여 기술 확보 및 배기가스 규제 대응 엔진 개발, 무단 변속기, 트랜스액슬, 자율주행 트랙터 및 콤팩트, 대형 작업기등을 상용화
  - (KUBOTA社) 130마력 이하 트랙터, 6조 콤팩트, 이앙기 등 및 스키드로더 등 중소형 건설장비 및 작업기를 개발함. 대형 작업기 개발을 위해 노르웨이 Keverneland社를 인수 합병함

### ○ 시장현황

- 모바일분야와 일반 산업분야에서의 수요 증가로 인하여 유압펌프의 세계시장은 2024년까지 11.4억 달러 규모에 이를 것으로 전망
  - 유압펌프가 많이 사용되는 광산업, 농업, 건설업, 일반 산업 분야의 연성장률이 2024년까지 5.4 %로 예측되며 이에 수요가 증가할 것으로 전망
  - \* 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2020~2022/일반기계(중소기업기술정보진흥원)
- '15년 기어펌프의 세계시장 규모는 전체 유압펌프 시장의 약 30 %(5,988백만불)로 추정되며 '18년에는 11,361백만불로 성장 예상됨
  - \* 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2016~2018/산업용기계(중소기업기술정보진흥원)
- 세계 농기계 시장 규모는 2014년 기준으로 약 1,407억 달러이며, 10년 후인 2024년에는 그 2배인 2,560억 달러가 될 것으로 추정됨
  - 연평균 약 18 % 이상의 성장률에 해당되며, 지역별로는 아세아지역이 다른 지역에 비해서 가장 크게 성장할 전망이다
  - 세계적 인구증가와 환경문제로 식량 확보가 어려워짐에 따라 농기계의 역할이 강조되고 있으며, 과거 10년간 중국과 인도를 중심으로 하는 아시아 국가는 153.3 % 증가 및 동유럽, 아프리카, 중동국가는 166 %의 증가세를 보임

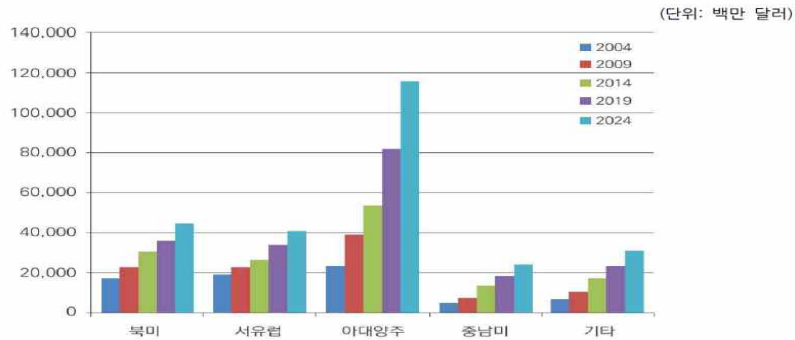
### <세계 산업/일반기계시스템의 시장규모 및 전망>

(단위 : \$M)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
건설 기계	235,333	248,447	262,292	276,767	292,957	309,656	5.7%
농업 기계	170,270	182,020	194,850	208,000	222,360	237,703	6.9%
측정 및 자동화 기계	290,200	310,100	331,600	354,700	379,300	405,472	6.9%
합계	695,803	740,567	788,742	839,467	894,617	952,767	6.5%

출처 : 2016년 시스템산업 산업기술 R&D 전략, 2016

- 세계 농기계 시장에서 트랙터와 수확기가 절반 이상을 차지할 것으로 예상되며, 트랙터는 전체 시장의 1/3 이상을 차지하고 있는 대표 기종임
- 중국과 인도의 급속한 성장과 베트남, 미얀마와 같은 개발도상국의 농기계시장 확대 등 폭발적인 성장이 예상되어, 농기계시장의 잠재적 성장 동력은 북미와 서유럽에서 아시아·태평양 지역으로 이동할 것으로 예측됨



### <세계 지역별 농기계시장 현황 및 전망>

출처 : Freedom Group inc. World Agricultural Equipment, 2016

- 세계 농기계 시장의 기종별로 규모를 살펴보면, 2014년 기준으로 트랙터가 504억달러, 부품작업기 251억달러, 수확기 236억달러 순으로 구성됨. 트랙터가 농기계 시장의 약 36%를 차지함

### <농기계 기종별 세계시장 현황(2014년 기준)>

(단위:백만달러)

계	트랙터	수확기	파종 비료	축산 기계	경운 경작	기타	부품 작업기
140,700	50,400	23,650	10,700	17,710	7,240	5,900	25,100

출처 : World A.E 2016. Freedonia

- 글로벌 기업체들은 대규모 합병을 통해 규모화, 전문화시켰으며 농기계와 건설기계 연계로 생산의 효율화를 추구함. 신흥 유망국가에 생산기지를 건설하여 시장을 선점하였으며, OEM/ODM 활성화로 제품 생산을 분업화함
- 농기계 매출 기준으로는 John Deere(미국), Case NewHolland(네덜란드), Kubota(일본), AGCO(미국)이며, John Deere가 전체 매출액의 약 16%를 차지함

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

### 2-1. 주관기관(진성정밀)

#### 1) 선진사 제품의 샘플 구조와 설계 기술 분석(Layout 설계)

##### ① 국내·외 특허 분석

- 기어펌프 및 헬리컬 기어펌프 관련 국내·외 주요 특허를 분석하여, 개발품 설계 방향에 대한 연관성을 분석함.
- 기어펌프 관련 특허 검색 결과 23개의 연관 특허를 도출하였으며, 이 중 3건 (표.00의 9, 10, 20번) 특허가 가장 연관이 큰 것으로 확인됨.

#### < 국내외 주요특허 리스트 >

No	국가	발명의 명칭	등록번호	등록일자	출원인	요약
1	US	Gear pump or motor with features for determinina if assembled correctlv (바르게 조립되며 알아내기 위한 특징을 가진 기어 펌프 또는 모터)	10975863	2021.04.13	Shimadzu	T/Plate에 조립되는Seal을Housing 측으로변경하여, 오조립에의한성능저하를방지
2	US	Low noise gear set for gear pump (기어 펌프를 위한 로우 노이즈 기어 세트)	08011910	2011.09.06	James A	폐입구간면적감소치형설계
3	US	Gear pump having a bleed slot configuration (블리드 슬롯 구조를 가지는 기어 펌프)	06033197	2000.03.07	Caterpillar Inc.	토출공Bleed slot을설치하여소음감소시도
4	US	Gear pump with noise attenuation (노이즈 감쇠를 가진 기어 펌프)	05961309	1999.10.05	TRW Inc.	기어펌프작동시에습기를공급하여 노이즈감소
5	US	Gear pump (기어 펌프)	05624251	1997.04.29	Casappa S.p.A.	Gear shaft에 회전시안정적인중심을확보 하기위한Ball 누름장치반영
6	US	Apparatus for noise suppression in a gear pump (기어 펌프에 있는 노이즈 압축을 위한 장치)	04130383	1978.12.19	Borg-Warner	T/Plate에 흡을주어서압력을일정량 누출시켜노이즈감소
7	US	Helical gear pump (나선형 기어 펌프)	08801413	2014.08.12	Masami Matsubara	2중 헬리컬 기어를 적용하여 추력 상쇄
8	US	Double-helical gear rotary positive displacement pump (더블 헬리컬 기어 회전식 정변위 펌프)	9464632	2016.10.11	Mario Antonio Morselli	더블 헬리컬 기어(헤링본 기어)를 갖는 기어펌프
9	US	Gear pump or hydraulic gear motor with helical toothing provided with hydraulic system for axial thrust balance (축방향 스러스트 밸런스를 위한 유압 시스템을 갖춘 나선 치차 맞물음을 가진 기어 펌프 또는 유압 기어 모터)	9567999	2017.02.14	MARZOCCHI POMPE S.P.A.	헬리컬 기어펌프의 축방향 스러스트 하중을 상쇄하기 위하여 중심부 압력 공급
10	US	Gear pump or gear motor with shaft connecting member (샤프트 연결 부재를 가진 기어 펌프 또는 기어 들 모터)	10808696	2020.10.20	Daikin Industries, Ltd.	헬리컬 기어 펌프의 2,3연 연결을 하기 위한 장치
11	US	Gear pump and gear motor (기어 펌프와 기어 들 모터)	10267309	2019.04.23	Daikin Industries, Ltd.	헬리컬기어펌프에서추력을상쇄시키기위하여2중단면적피스톤을 설치하고이단면적을이용하여제어 하는방식
12	EP	Gear pump or hydraulic gear motor with helical toothing provided with hydraulic svstem for axial thrust balance (축방향 스러스트 밸런스를 위한 유압 시스템을 갖춘 나선 치차 맞물음을 가진 기어 펌프 또는 유압 기어 모터)	02859237	2016.05.04	Marzocchi Pompe S.p.a.	헬리컬기어펌프의축방향스러스트 하중을상쇄하기위하여중심부압력 공급 *US 09567999와동일
13	EP	Double-helical gear rotary positive displacement pump (더블 헬리컬 기어 회전식 정변위 펌프)	02734734	2015.08.19	Morselli, Mario Antonio	더블헬리컬기어(헤링본기어)를 갖는기어펌프 *US 09464632와동일
14	EP	GEAR PUMP (기어 펌프)	01988290	2019.09.11	Shimadzu Mectem, Inc.	헬리컬 기어펌프의 축방향 스러스트 하중을 상쇄하기 위하여 중심부 유량을 초크밸브로 조절하는 방식

No	국가	발명의 명칭	등록번호	등록일자	출원인	요약
15	EP	GEAR PUMP OR GEAR MOTOR (기어 펌프 또는 기어들 모터)	03203083	2019.01.23	Daikin Industries, Ltd.	헬리컬기어펌프에서추력을상쇄시키기위하여2중단면적피스톤을설치하고이단면적을이용하여제어하는방식
16	EP	Gear pump (기어 펌프)	02154372	2014.04.16	Settima Meccanica S.R.L.	헬리컬 기어를 사용하는 약박화 회전 기어펌프에서 고압축의 압유를 추력 상쇄용으로 사용할 수 있도록 절환밸브를 장착한 구조
17	JP	헬리컬 기어 펌프HELICAL GEAR PUMP	05361074	2013.09.13	JATCO LTD	2중 헬리컬 기어를 적용하여 추력 상쇄 US08801413과동일
18	JP	액압장치HYDRAULIC PRESSURE DEVICE	06668121	2020.02.28	Sumitomo	헬리컬 기어펌프의 T/Plate에서 진공상태 발생 방지
19	JP	기어 펌프 또는 기어 모터GEAR PUMP OR GEAR MOTOR	06376197	2018.08.03	Daikin Industries, Ltd.	헬리컬 기어 펌프의 2,3연 연결을 하기 위한 장치 *US10808696과동일
20	KR	Helical gear pump헬리컬 기어펌프	102009908 0000	2019.08.06	김범열 수원과학대학교 산학협력단	헬리컬 기어펌프에서 발생하는 추력을 상쇄하기 위하여 반력으로 스프링을 설치
21	KR	OIL PUMP HAVING HELICAL GEAR STRUCTURE헬리컬 기어 구조를 갖는 오일 펌프	101082037 0000	2011.11.03	대광소결 금속주식회사(재)대구기계부품연구원	헬리컬 기어를 적용한 지로터 펌프
22	KR	Double helical gear and gear pump using the same 헬리컬기어 및 이를 이용한 기어펌프	100863981 0000	2008.10.10	안재섭	헬리컬기어 2개를 조립하여 사용하는 방식으로 헬리본기어와 동일 개념으로 소형 펌프
23	KR	Gear pump or hydraulic gear motor with helical toothing provided with hydraulic system for axial thrust balance축방향 스러스트 밸런스를 위한 유압 시스템이 제공된 나선형 톱니를 포함한 기어 펌프 또는 유압 기어 모터	101664646 0000	2016.10.04	마조씨 펌페 에스피에 이	헬리컬 기어펌프의 축방향 스러스트 하중을 상쇄하기 위하여 중심부 압력 공급하는 방식으로 핵심적인 특허임, 하지만 당사는 이와 다른 방식을 고안하여 특허 제출한 상태임- 핵심특허 전략 참조

- 2번 특허는 폐입 구간 면적 감소 치형 설계에 관한 내용으로 관련성 낮음
- 3번 특허는 토출구에 Bleed slot을 설치하여 소음 감소 시도하는 것으로 관련없음
- 4번 특허는 기어펌프 작동시에 습기를 공급하여 노이즈 감소시키는 내용으로 유압을 사용하는 기어펌프와는 연관성 낮음
- 5번 특허는 5Gear shaft에 회전시 안정적인 중심을 확보하기 위한 Ball 누름 장치를 반영한 것으로 원가 측면에서 실현 가능성 낮고 연관성 없음
- 6번 특허는 T/Plate에 홈을 반영하여 압력을 일정량 누출시켜 노이즈 감소하는 방식으로 효율성이 낮을 것으로 사료되고 관련 없음
- 7번 특허는 2중 헬리컬 기어를 적용하여 추력 상쇄하는 방식으로 영향 없음
- 8번 특허는 더블 헬리컬 기어(헤링본 기어)를 갖는 기어펌프로 헬리컬 기어 2개를 조립하여 추력이 상쇄되는 효과는 있지만 본과제와는 다른 방식임
- 9번 특허는 헬리컬 기어펌프의 축방향 스러스트 하중을 상쇄하기 위하여 중심부 압력 공급하는 방식으로 핵심적인 특허임, 하지만 당사는 이와 다른 방식을 고안하여 특허 제출한 상태임- 핵심특허 전략 참조
- 10번 특허는 헬리컬 기어 펌프의 2, 3연 연결을 하기 위한 장치로 유용한 방식의 특허이나, 1연을 개발하는 당 과제와의 영향은 낮고, 기 출원한 특허를 응용하여 차별화 가능함
- 핵심특허 전략 참조
- 11번 특허는 헬리컬기어 펌프에서 추력을 상쇄시키기 위하여 2중 단면적 피스톤을 설치







- 하고 이 단면적을 이용하여 제어하는 방식
- 12번 특허는 \* 9번 특허와 동일하고 미국과 유럽에 출원
  - 13번 특허는 \* 8번 특허와 동일하고 미국과 유럽에 출원
  - 14번 특허는 헬리컬 기어펌프의 축방향 스러스트 하중을 상쇄하기 위하여 중심부 유량을 초크밸브로 조절하는 방식으로 당사의 방식과는 차이가 있음
  - 15번 특허는 헬리컬기어 펌프에서 추력을 상쇄시키기 위하여 2중 단면적 피스톤을 설치하고 이 단면적을 이용하여 제어하는 방식
  - 16번 특허는 헬리컬 기어를 사용하는 양방향 회전 기어펌프에서 고압측의 압유를 추력 상쇄용으로 사용할 수 있고, 회전 방향에 따라 고압측과 저압측이 변경되어도 절환밸브를 이용하여 고압을 사용할 수 있도록 한 구조이다, 당사는 언제나 고압측 유로가 유입되므로 이러한 절환 장치가 불필요한 구조이어서 영향 없음
  - 17번 특허는 7번 특허와 동일
  - 18번 특허는 헬리컬 기어펌프의 T/Plate에서 진공상태 발생 방지하는 내용으로 Cavitation이 발생하지 않는 조건의 적용으로 영향 없음
  - 19번 특허는 10번과 동일
  - 20번 특허는 헬리컬 기어펌프에서 발생하는 추력을 상쇄하기 위하여 반력으로 스프링을 설치하는 것이다, 기어 샤프트의 반대편에 추력 상쇄용 피스톤을 장착하여 사용함으로, 서로 다른 구조적 특징을 가진다
  - 21번 특허는, 헬리컬 기어를 적용한 지로터 펌프의 특허로 연관성이 없다
  - 22번 특허는, 헬리컬기어 2개를 조립하여 사용하는 방식으로 헤링본기어와 동일 개념으로 소형 펌프이며 관련성이 낮은 방식이다
  - 23번 특허는 9번 특허와 동일

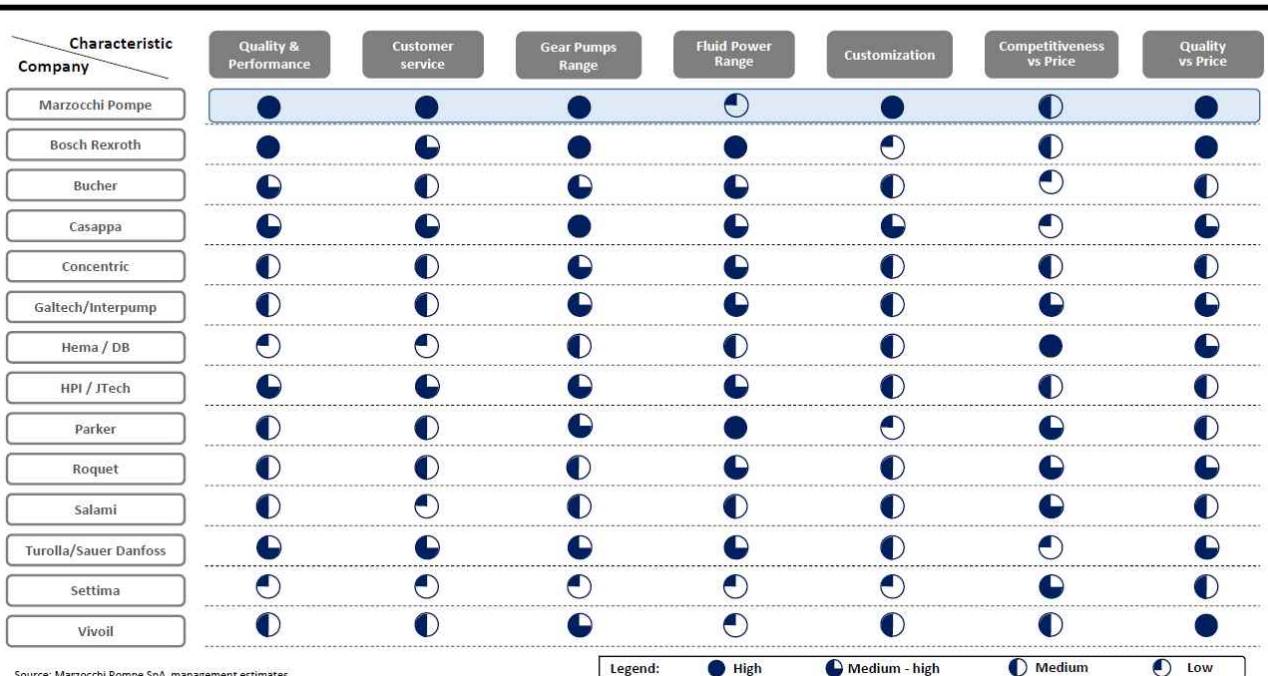
## ② 국외 선진사 구조 분석 및 성능 평가

- 경쟁기관현황을 분석해 보면,
  - SETTIMA : 기어 치형상에 대한 특허를 바탕으로 4.2 ~ 200.4 cc/rev까지 다양한 제품을 양산 중임. 커버에 유로를 형성하여 기어 축 끝에 보상력을 가해주며 헬리컬 기어 축력을 상쇄시키는 구조를 가지고 있음
  - REXROTH : 기어 접점의 위치와 기어 치 사이 거리를 좁게 하여 소음을 줄이는 기어펌프 라인을 추가적으로 형성하고 있으며, 커버의 유로가 베어링블럭에 힘을 가해주어 기어 치면에 보상력을 가해주는 구조를 가지고 있음
  - CASAPPA : 기본적으로 REXROTH사 대비 정밀가공 기술 부족하나, 다단 조합 이 가능하며, 밸브 옵션(안티 캐비테이션, 릴리프, 유량분배 등)이 포함된 구조를 가지고 있음
  - 경쟁사의 기어형상에 대한 특허와 기어 축력에 대한 보상력 형성 방법에 대한 특허를 회피하는 설계하고자 함

<대상 제품의 국외 제조사>

Maker	Fig	Concept-structure	remarks
SETTIMA		Cover front Lip seal (snap ring) +	Helical gear 5 grade : 4.2~200.4, 275~202 bar
CASAPPA		Gear housing with In/outlet ports <i>including</i> Thrust plate, Bearing Gear set +	Helical(?), Involute spur(?) Whisper series : 3 grade : 1.12~96.85, 300bar
Bosch Rexroth		Cover rear (Feed back piston)	Helical gear (Silence plus) : 12~28, 250bar
Parker		*O-ring (외부 누설 방지) : cover or Gear HSG	Helical gear 5 grade (P5xx ser) : 4.2 ~ 200.4 220~90 bar

## Competitive positioning



○ 개발품의 상세 Lay-Out 설계를 위하여 국외 3개 社(독일 R社, 이탈리아 S社, 미국 C社) 제품을 구입하여 구조를 상세 분석하였음.

- R社 제품

- 1) 주물 Fornt/Rear Cover에 Aluminium Body로 조립되어 있다.
- 2) 각 Cover에 베어링이 압입되어 있어있다.
- 2) Aluminium Bush Block으로 제작되어 있으며, Drive/Driven Block이 일체형으로 되어있다
- 3) 저압부(흡입부)와 고압부(토출부)의 Sealing을 위해 2쌍의 Bush Block에 “3”자 Seal Groove를 가공하여 Seal 및 Back-up Seal이 조립되어 있다.
- 4) Axial Force(축력) 상쇄를 위해 Bush Block에 Oil Groove를 가공하여 유압이 직접 Gear 치면에 축력의 반대방향의 힘을 작용한다.



< R社 제품 분해사진 >

- S社 제품은

- 1) 주물 Fornt/Rear Cover에 Aluminium Body로 조립되어 있다.
- 2) Aluminium Bush Block으로 제작되어 있으며, Drive/Driven Block이 분리되어 있다.
- 3) 저압부(흡입부)와 고압부(토출부)의 Sealing을 위해 Rear Cover에 “3”자 형상의 Seal Groove를 가공하고, Front Cover에 고압부 유로형상의 O-ring Groove를 가공하여 Seal이 조립되어 있다.
- 4) Axial Force(축력) 상쇄를 위해 Rear Cover에 고압부와 연결된 유로와 Piston부를 가공하여 Piston이 Gear 축에 축력의 반대방향의 힘을 작용한다



< S社 제품 분해사진 >

- C社 제품은

- 1) 주물 Fornt/Rear Cover에 Aluminium Body로 조립되어 있다.
- 2) Aluminium Bush Block으로 제작되어 있으며, Drive/Driven Block이 분리되어 있으며, 두 Block을 조립하기 위해 사이에 Pin이 조립되어 있다.
- 3) 저압부(흡입부)와 고압부(토출부)의 Sealing을 위해 2쌍의 Bush Block에 “3”자 Seal Groove를 가공하여 Seal 및 Back-up Seal이 조립되어 있다.
- 4) Axial Force(축력) 상쇄를 위해 Bush Block에 Oil Groove를 가공하여 유압이 직접 Gear 치면에 축력의 반대방향의 힘을 작용한다.



< C社 제품 분해사진 >

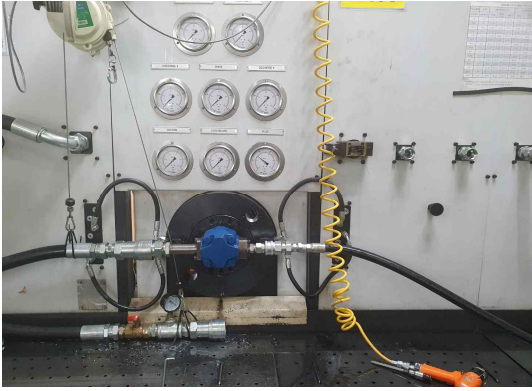
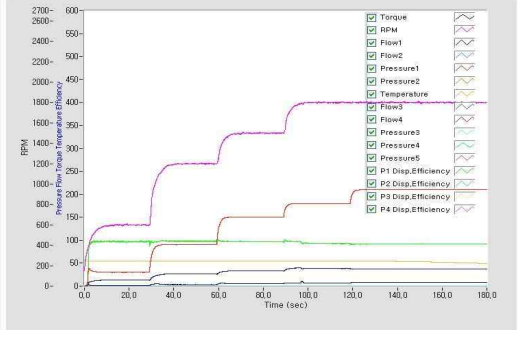
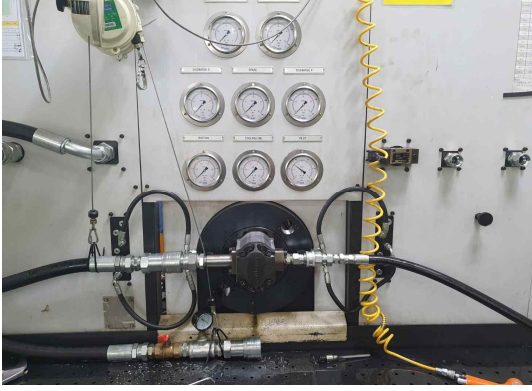
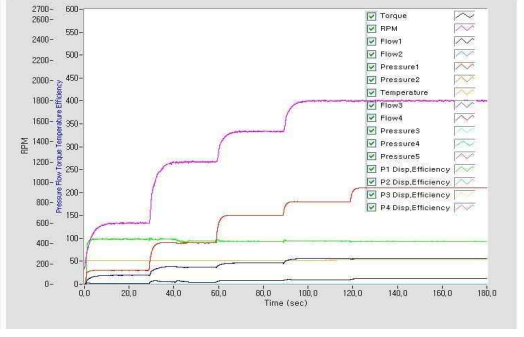
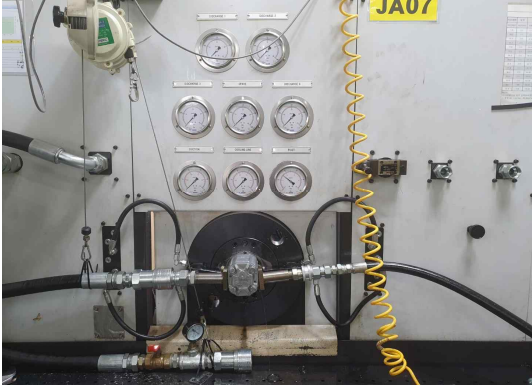
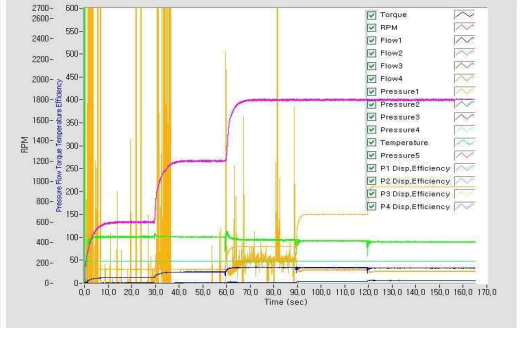
○ 3社 제품에 대한 효율 시험을 실시하여, 각 제조사별 제품의 수준을 파악하였으며, 향후 개발품의 향후 성능 비교를 위해 지표를 도출하였음.

- 시험 조건은 트랙터의 정격 사용 조건인 210 bar, 1800 r/min 조건에서 실시하였음.
- 3개社 제품의 용적이 각기 달라 정확한 비교는 할 수 없으나, 기계효율 측면에서는 R社의 제품이 우수하나, 용적/전효율 측면에서는 S社 제품이 우수한 것으로 확인되며, 시험 결과는 표.00과 그림00과 같다.
- 효율 시험 수행 시 소음계를 통한 직접적인 측정은 하지 못하였으나 00社의 제품이 가장 소음이 적은 것으로 판단됨.

< 국외 3개社 성능시험 수행 결과 >

구분	시험 조건		시험 결과			비 고
	압력 (bar)	회전속도 (r/min)	기계효율 (%)	용적효율 (%)	전효율 (%)	
R社	210	1800	90	91.6	82.4	
S社	210	1800	89	93.4	83.1	
C社	210	1800	88	90.2	79.2	

**< 국외 선진제품 성능 테스트 결과 사진 및 그래프 >**

구분	시험 수행 사진	시험 수행 결과 그래프																																																																	
R社		<p align="center"><b>Hydraulic Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2019.09.07      Serial no: 9H0005          No. SP11-1035      Tester: Hussan</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>RPM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff.Spec. (%)</th> <th>Eff.Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Port1</td> <td>210.1</td> <td>1800.0</td> <td>22.8</td> <td>35.8~41.0</td> <td>37.6</td> <td>87.2%</td> <td>91.6%</td> <td>8.0</td> <td>54.4</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Port2</td> <td>210.1</td> <td>1800.0</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>-0.3</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>8.0</td> <td>54.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Port3</td> <td>210.1</td> <td>1800.0</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>8.0</td> <td>54.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Port4</td> <td>210.1</td> <td>1800.0</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>-0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>8.0</td> <td>54.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	RPM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff.Spec. (%)	Eff.Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Port1	210.1	1800.0	22.8	35.8~41.0	37.6	87.2%	91.6%	8.0	54.4	OK	OK	OK	Port2	210.1	1800.0		0.0~0.0	-0.3	-Inf%	-Inf%	8.0	54.4				Port3	210.1	1800.0		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	8.0	54.4				Port4	210.1	1800.0		0.0~0.0	-0.0	-Inf%	-Inf%	8.0	54.4			
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	RPM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff.Spec. (%)	Eff.Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																																																							
Port1	210.1	1800.0	22.8	35.8~41.0	37.6	87.2%	91.6%	8.0	54.4	OK	OK	OK																																																							
Port2	210.1	1800.0		0.0~0.0	-0.3	-Inf%	-Inf%	8.0	54.4																																																										
Port3	210.1	1800.0		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	8.0	54.4																																																										
Port4	210.1	1800.0		0.0~0.0	-0.0	-Inf%	-Inf%	8.0	54.4																																																										
S社		<p align="center"><b>Hydraulic Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2019.09.06      Serial no: 9H0007          No. SP11-1036      Tester: Hussan</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>RPM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff.Spec. (%)</th> <th>Eff.Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Port1</td> <td>209.9</td> <td>1800.1</td> <td>33</td> <td>53.4~59.4</td> <td>59.5</td> <td>89.9%</td> <td>93.4%</td> <td>11.7</td> <td>52.7</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Port2</td> <td>209.9</td> <td>1800.1</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>-0.3</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>11.7</td> <td>52.7</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Port3</td> <td>209.9</td> <td>1800.1</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>11.7</td> <td>52.7</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Port4</td> <td>209.9</td> <td>1800.1</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>11.7</td> <td>52.7</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	RPM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff.Spec. (%)	Eff.Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Port1	209.9	1800.1	33	53.4~59.4	59.5	89.9%	93.4%	11.7	52.7	OK	OK	OK	Port2	209.9	1800.1		0.0~0.0	-0.3	-Inf%	-Inf%	11.7	52.7				Port3	209.9	1800.1		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	11.7	52.7				Port4	209.9	1800.1		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	11.7	52.7			
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	RPM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff.Spec. (%)	Eff.Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																																																							
Port1	209.9	1800.1	33	53.4~59.4	59.5	89.9%	93.4%	11.7	52.7	OK	OK	OK																																																							
Port2	209.9	1800.1		0.0~0.0	-0.3	-Inf%	-Inf%	11.7	52.7																																																										
Port3	209.9	1800.1		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	11.7	52.7																																																										
Port4	209.9	1800.1		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	11.7	52.7																																																										
C社		<p align="center"><b>Hydraulic Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2020.06.18      Serial no: 0F0012          No. SP11-1042      Tester: HUSSAN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>RPM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff.Spec. (%)</th> <th>Eff.Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Port1</td> <td>210.0</td> <td>1800.3</td> <td>20.3</td> <td>31.3~36.5</td> <td>33.0</td> <td>86.7%</td> <td>90.2%</td> <td>5.8</td> <td>47.6</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Port2</td> <td>210.0</td> <td>1800.3</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>5.8</td> <td>47.6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Port3</td> <td>210.0</td> <td>1800.3</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>5.8</td> <td>47.6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Port4</td> <td>210.0</td> <td>1800.3</td> <td></td> <td>0.0~0.0</td> <td>-0.0</td> <td>-Inf%</td> <td>-Inf%</td> <td>5.8</td> <td>47.6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	RPM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff.Spec. (%)	Eff.Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Port1	210.0	1800.3	20.3	31.3~36.5	33.0	86.7%	90.2%	5.8	47.6	OK	OK	OK	Port2	210.0	1800.3		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	5.8	47.6				Port3	210.0	1800.3		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	5.8	47.6				Port4	210.0	1800.3		0.0~0.0	-0.0	-Inf%	-Inf%	5.8	47.6			
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	RPM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff.Spec. (%)	Eff.Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																																																							
Port1	210.0	1800.3	20.3	31.3~36.5	33.0	86.7%	90.2%	5.8	47.6	OK	OK	OK																																																							
Port2	210.0	1800.3		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	5.8	47.6																																																										
Port3	210.0	1800.3		0.0~0.0	0.0	-Inf%	-Inf%	5.8	47.6																																																										
Port4	210.0	1800.3		0.0~0.0	-0.0	-Inf%	-Inf%	5.8	47.6																																																										

### ③ 핵심특허 권리 분석 및 전략 수립

- 국내·외 선진사의 주요 특허에 대한 분석을 통해 특허 권리 대응을 위한 전략 수립을 실시하였음.

#### < 국내외 핵심특허 >

No	국가	발명의 명칭	등록번호	등록일자	출원인
9	US	Gear pump or hydraulic gear motor with helical toothing provided with hydraulic system for axial thrust balance (축방향 스러스트 밸런스를 위한 유압 시스템을 갖춘 나선 치차 맞물음을 가진 기어 펌프 또는 유압 기어 모터)	9567999	2017.02.14	MARZOCCHI POMPE S.P.A.
10	US	Gear pump or gear motor with shaft connecting member (샤프트 연결 부재를 가진 기어 펌프 또는 기어 들 모우터)	10808696	2020.10.20	Daikin Industries, Ltd.
20	KR	Helical gear pump 헬리컬 기어펌프	200990800	2019.08.06	김범열 수원과학기술대학교 산학협력단

- 9번 특허는 헬리컬 기어펌프의 작동중에 발생하는 추력을 상쇄시키기 위하여 발생한 압력을 기어 샤프트의 후면에 설치한 피스톤으로 공급하여 피스톤의 단면적으로 반력을 주는 방식이다, 이렇게 작동을 유도하는 방식은 압력에 따라서 피스톤이 급작동하여 충격이 가해 질 수 있는 방식이다. 본 과제에서 출원 중인 특허의 방식은, 피스톤에 오리피스를 적용하여 1차적으로는 오리피스를 통과한 유압이 기어의 샤프트에 작용하고, 2차적으로 피스톤이 움직여 순차적이고, 연속적으로 반력을 제공하여 충격 없이 안정적으로 추력을 상쇄할 수 있어서 서로 다른 방식이고 차별이 된다.
- 10번 특허는 2연, 3연 기어펌프를 제작할 경우에 검토할 내용이 있는 방식의 2연 3연 펌프의 제작 방식이다, 당사에서 개발한 펌프는 1연이 주로 제작되지만, 필요할 경우에 당사의 오리피스가 적용되는 방식으로 제작되면 차별화되는 다른 방식이 된다.
- 20번 국내 특허는 헬리컬 기어의 추력을 상쇄하는 방식으로 반력용 스프링을 설치하는 것이 특징이다, 하지만 당사에서 고안하여 특허 출원 중인 오리피스 방식과는 다른 컨셉이 분명하여 차별화가 된다.
- 진성정밀의 오리피스 방식의 특허는 아래와 같다.

#### < 지식재산권 회피 전략 및 주요 특징 >

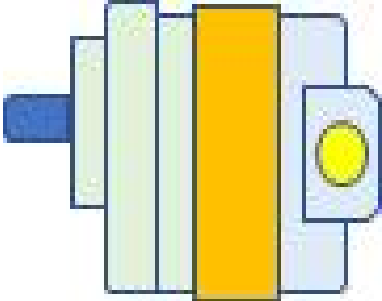
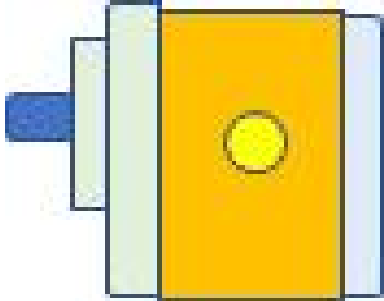
구분	As-is	To-be	비고
개요			- Piston이 Gear추력 상쇄를 위해 유압을 받아 Gear추력 반대 방향으로 밀어주는 힘 발생 특허 : Piston에 Orifice를 가공하여 부드러운 작동과 cushion 역할을 주어 충격을 방지함
충격			- Piston에 작용하는 유압이 천천히 작용하여 순간적으로 발생하는 충격을 줄여줌으로써, 제품의 내구성을 향상시킴
변형			- Piston과 제품이 접촉될 때, 유막이 형성되어 순간적인 충격을 방지하여, 제품의 변형을 방지하고, 내구성을 향상시킴

## 2) 헬리컬 기어펌프 설계

### ① Lay-Out 설계

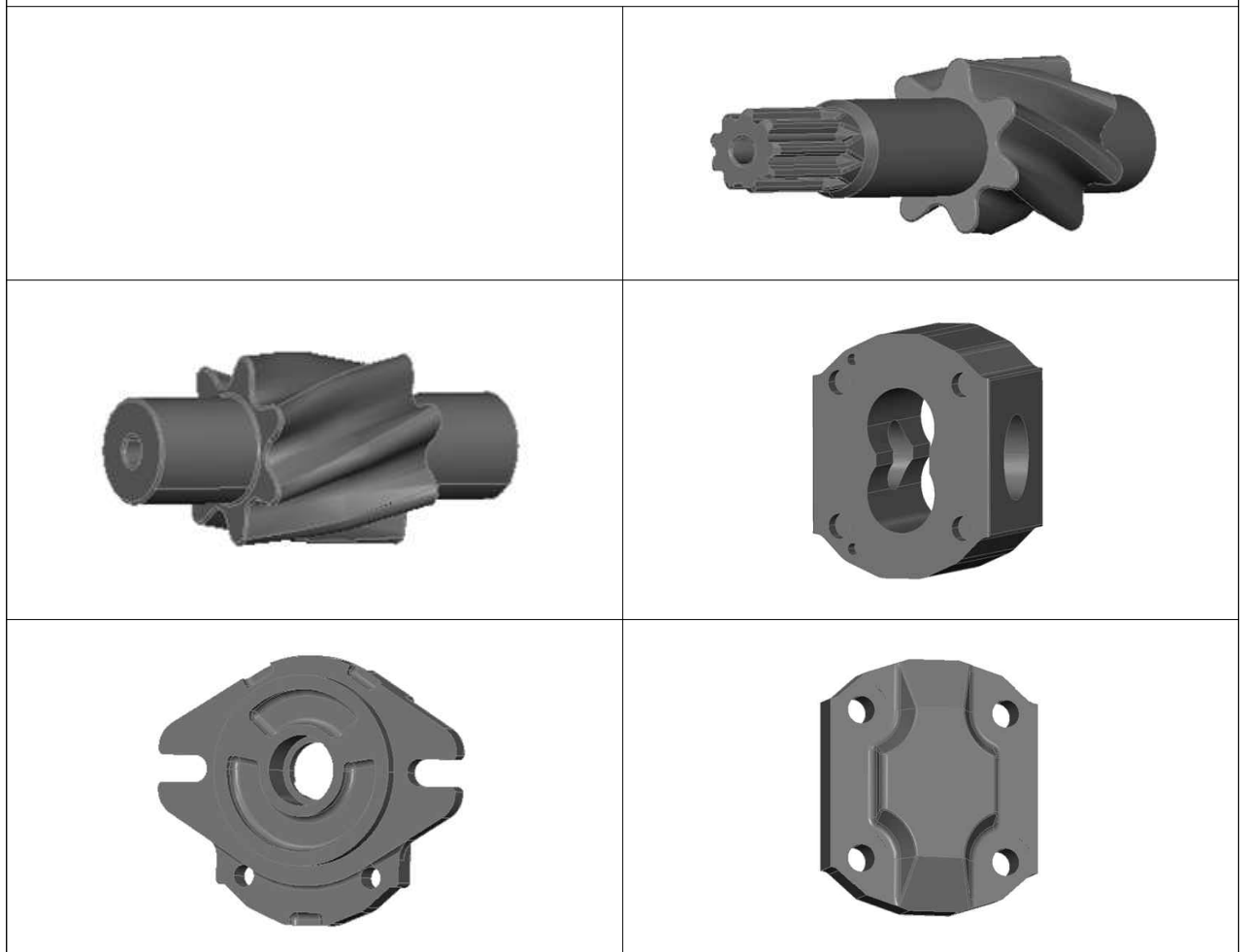
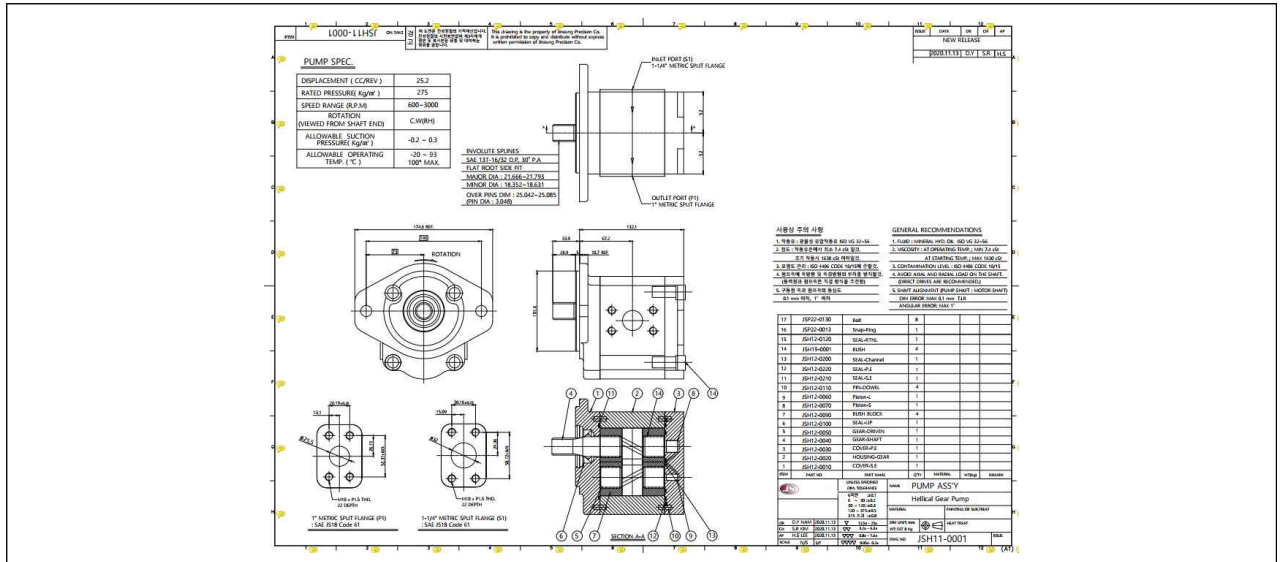
- 앞서 수행한 국내·외 특허 및 구조 분석 결과를 토대로 수요기업, 협력사 등과 협의를 통해 2개의 Lay-Out 안을 구성하였음.
- Type A는 펌프의 흡입구와 토출구가 측면에 위치하는 Port end Cove라고 지칭되는 방식으로 후면측으로 흡입, 토출구를 설치 할 수 있어 유연성이 우수한 장점을 가지고 있어, 주로 배관이 필요할 곳에 적용됨.
- Type B는 흡입구와 토출구가 중간에 위치하는 방식으로 Type A와 비교하였을 때, 미세하지만 압력 손실이 적다는 장점을 가지고 있음.
- 상기 두가지 방식을 수요기업, 협력사와 검토한 결과 트랙터 적용 시 압손이 적은 Type B 방식으로 설계를 진행함.
- 참여기관이 검증한 결과, 재질의 항복 강도와 비교해본 바 안전율은 9.01 으로 매우 안전하게 설계된 것으로 판단

< 흡입/토출구 위치에 따른 Lay-out 장/단점 >

구분	Type A	Type B
Lay-Out		
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 흡입/토출구 위치 유연성</li> <li>○ 다양한 Port 가공 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 압력손실 적음</li> <li>○ 구조의 단순화</li> <li>○ Cover 단가 하락</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유로에 의한 압력손실</li> <li>○ Cover 단가 상승</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Body 직접가공에 의한 변형</li> <li>○ Flange type 가공 한정</li> </ul>

## ② 헬리컬 기어 설계

- 중심부에서 압력(고압)을 생성하는 기어는 양측의 지지를 받는 보로 해석할 수 있으며, 다음 그림과 같이 설명할 수 있다, 기어 펌프에서 기어는 양단 지지를 받는 보의 형태로 해석되며, 압력은 충격적으로 작용하는 구간과 정적인 하중이 작용하는 교번의 형태로 정의할 수 있음.
- 헬리컬 기어 펌프 주요 부품은 건품연의 구조 강도 해석 결과를 참조하여 기어의 축과 헬리컬 기어가 최적의 강도, 구조 등을 최적화 되도록 설계 하였다.



< 헬리컬 기어펌프도면 및 주요부품의 3차원 모델링 >



- (기어의 설계) 헬리컬 기어에서 치직각 기어와 축직각 기어로 구분하여 설계하였으며, 치직각 방식의 헬리컬 기어를 계산하는 공식은 아래와 같음.

**< 헬리컬 기어 설계 필요항목 및 계산 >**

No	항목	Drive gear	Driven gear
1	잇수 (Z)	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>
2	모듈 (m)	m	
3	압력각 (α <sub>0</sub> )	α <sub>0</sub>	
4	틈새비율 (C)	C	
5	비틀림각 (β)	β	
6	축직각 모듈 (m <sub>2</sub> )	m <sub>2</sub> = m / cosβ	
7	정면압력각 (α <sub>s</sub> )	α <sub>s</sub> = tan <sup>-1</sup> (tan α <sub>0</sub> / cos β)	
8	이끝높이(h <sub>k</sub> )	hk = 1 * m	
9	이뿌리높이(h <sub>f</sub> )	hf = (1 + C) * m	
10	전체이높이(h)	h = hk + hf	
11	중심 거리 (cd)	cd = (Z <sub>1</sub> + Z <sub>2</sub> ) * m / (2 * cos β)	
12	피치원직경(d <sub>0</sub> )	d <sub>01</sub> = m * Z <sub>1</sub> / cosβ	d <sub>02</sub> = m * Z <sub>2</sub> / cosβ
13	이끝원지름 (dk)	dk <sub>1</sub> = d <sub>01</sub> + 2 * hk	dk <sub>2</sub> = d <sub>02</sub> + 2 * hk
14	이뿌리원지름 (dr)	dr <sub>1</sub> = d <sub>01</sub> - 2 * hf	dr <sub>2</sub> = d <sub>02</sub> - 2 * hf
15	기초원지름 (dg)	dg <sub>1</sub> = d <sub>01</sub> * cos * α <sub>s</sub>	dg <sub>2</sub> = d <sub>02</sub> * cos * α <sub>s</sub>
16	원호치두께 (S <sub>n</sub> )	S <sub>n</sub> = π / 2 * m	
17	리드 (PZ <sub>1</sub> )	Pz <sub>1</sub> = π Z <sub>1</sub> * m / sinβ	Pz <sub>2</sub> = π Z <sub>2</sub> * m / sinβ
18	상당평치차 잇수 (ZV)	Zv <sub>1</sub> = Z <sub>1</sub> / (cosβ) <sup>3</sup>	Zv <sub>2</sub> = Z <sub>2</sub> / (cosβ) <sup>3</sup>
19	겉치기 잇수 (Zm)	Zm <sub>1</sub> = (α <sub>0</sub> * Zv <sub>1</sub> / 180) + 0.5	Zm <sub>2</sub> = (α <sub>0</sub> * Zv <sub>2</sub> / 180) + 0.5
20	겉치기 치두께 (S <sub>m</sub> )	S <sub>m1</sub> = m*cosα <sub>0</sub> *{π(Zm <sub>1</sub> -0.5)+Z <sub>1</sub> invα <sub>s</sub> }	S <sub>m2</sub> = m*cosα <sub>0</sub> *{π(Zm <sub>2</sub> -0.5)+Z <sub>2</sub> invα <sub>s</sub> }
21	캘리퍼 이높이(h <sub>j</sub> )	hj <sub>1</sub> = m * Zv <sub>1</sub> / 2{1-cos(90/Zv <sub>1</sub> )}+hk	hj <sub>2</sub> =m * Zv <sub>2</sub> / 2{1-cos(90/Zv <sub>2</sub> )}+hk
22	활줄이두께 (S <sub>j</sub> )	S <sub>j1</sub> = m * Zv <sub>1</sub> * sin(90 / Zv <sub>1</sub> )	S <sub>j2</sub> = m * Zv <sub>2</sub> * sin(90 / Zv <sub>2</sub> )

- (치형의 설계) 치형은 5개의 특허를 참조하여 계산하였으며, 이에 대한 계산 법은 아래의 공식과 같으며, 설계 조건 변경 시 계산의 편의성을 위하여 Excel을 이용한 치형 설계 프로그램을 개발하였음.

$$x(\alpha) = -\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{\alpha \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\sqrt{\alpha^2 - 2\alpha \sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}}\right)\right) \sqrt{r_p^2 (\alpha^2 - 2\alpha \sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2)}$$

$$y(\alpha) = r_p - \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{\alpha \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\sqrt{\alpha^2 + 4\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 4\alpha \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}\right)\right) \sqrt{\alpha^2 r_p^2 + 4r_p^2 \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 4\alpha r_p^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$Y_{oic} = \sin(\beta)x(\alpha) + \cos(\beta)[y(\alpha) - r_b] + r_b$$

$$X_{oic} = \cos(\beta)x(\alpha) - \sin(\beta)[y(\alpha) - r_b]$$

5 가지의 방정식		
r0	기본원 반경	Basic circle
rp	피치원 반경	Pitch circle
a	동단 각의 각	Pressure angle
α	인벌류트	
α <sub>0</sub>	인벌류트 각	3.6° (인벌류트 원주 등각)
β	인벌류트 각	1.0 (상기 곡선의 변위 각도, 사용 범위 30~15)
β <sub>0</sub>	인벌류트 각	12.8 (β = 1.0)
β <sub>1</sub>	인벌류트 각	3.0 (β = 1.0)
1 ab	18.294	-EACOS(β)
1.9523	$\sin(\frac{\alpha}{2})$	$-\sin^2(\frac{\alpha}{2})$
71.3419325	$2\sin(\alpha)$	$-2^2\sin^2(\alpha)$
1.338261213	$2\sin(\alpha)^2$	$-2^2\sin^2(\alpha)$
47.25801345	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
223.319836	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
945.1823891	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
84.25880471	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
24.40171848	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
-11.99997549	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
945.1823891	$\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$	$-\sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2}$
2 x(α)	-945.132	
0.40407	$\sin(\frac{\alpha}{2})$	$-\sin^2(\frac{\alpha}{2})$
1.9523	$\sin(\frac{\alpha}{2})$	$-\sin^2(\frac{\alpha}{2})$
0.3654	$\cos(\frac{\alpha}{2})$	$-\cos^2(\frac{\alpha}{2})$
0.3935	$\cos(\frac{\alpha}{2})$	$-\cos^2(\frac{\alpha}{2})$
47.258	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
92.51600	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
1.6101	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
2.65	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
94.5160	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
84.26	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
2.4401	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
1.184	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
0.388	$\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$	$-\sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2(\frac{\alpha}{2}) - 4r^2\cos^2(\frac{\alpha}{2}) - 2r^2\cos(\alpha)}$
3 y(α)	-346.51	
0.044807753	$\sin(\alpha)$	$-\sin(\alpha)$
0.117648178	$\sin(\alpha)$	$-\sin(\alpha)$
4 x(α)	-86.73433	
8.673433	$\sin(\alpha)$	$-\sin(\alpha)$
5 y(α)	-505.0853	
505.0853	$\sin(\alpha)$	$-\sin(\alpha)$
단위	각도	mm
1 20	2.1	2.2
2 10	1.8	1.9
3 10	1.8	1.9
4 10	1.8	1.9
5 10	1.8	1.9

【0064】 제 1단계(S100)의 상기 크기 곡선(50)의 방정식은.

$$x(\alpha) = -\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2} \sqrt{r^2 - 2r\sin(\alpha) - 2\cos(\alpha) + 2} \quad (23)9$$

【0065】

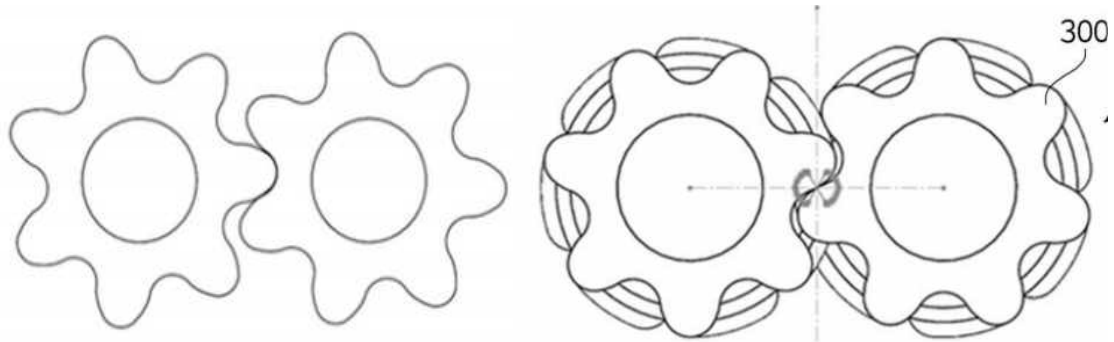
$$y(\alpha) = r_0 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 4r^2\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 2r^2\cos(\alpha)} \sqrt{r^2 - 4r^2\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 4r^2\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) - 2r^2\cos(\alpha)} \quad (33)에 의해 각$$

각도	COX	SINX	ASINX
0	1.00	0.00	0.00
5.00	0.99	0.09	0.09
10.00	0.98	0.17	0.17
15.00	0.97	0.26	0.26
20.00	0.94	0.34	0.34
25.00	0.91	0.42	0.42
30.00	0.87	0.50	0.47
35.00	0.82	0.57	0.50
40.00	0.77	0.64	0.53
45.00	0.71	0.71	0.56
50.00	0.64	0.77	0.60
55.00	0.57	0.82	0.63
60.00	0.50	0.87	0.66
65.00	0.42	0.91	0.69
70.00	0.34	0.94	0.71
75.00	0.26	0.97	0.73
80.00	0.17	0.98	0.74
85.00	0.09	1.00	0.75
90.00	0.00	1.00	0.76
95.00	-0.09	1.00	0.76

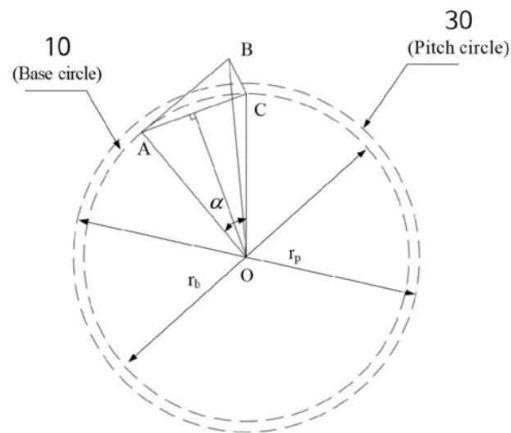
< Excel 치형 설계 프로그램 >

· 상기 방정식은 당사에서 제시한 특허의 내용으로 이를 활용하여, 치형을 설계하는 순서는 특허의 기술에 의하여 다음과 같이 설명 할 수 있다. 시작은 인벌류트 곡선을 도시하는 단계로 중심점 O와 Basic circle을 작성하고 Basic circle에서 중심점 O를 연결하는 OC선을 그은 다음 C점에서 외부의 점 B를 이어주는 선 BC를 작성한다. 이 BC선은 OC선에서 각도 (α)지점의 OA를 작성하여 AC를 와 AB를 연결하면 직삼각형의 모습이 얻어진다. Basic circle은 반경이 rb, Pitch circle은 rp라고 한다. BC선은 A점을 기준으로 인벌류트 선으로 만들어 준다. 이 인벌류트 선은 각도 (β) 만큼 이동하면서 적절한 형상의 치형을 얻기 위하여 Shift할 수 있다. 지금까지 작성된 내용은 Basic circle, Pitch circle, Top arc center line, Bottom arc center line, Involute curve이고, Pitch circle을 기준으로 Top arc center line과 Bottom arc center line은 선 OD를 기준으로 각도(θ)로 이동된 형태로 작성 할 수 있다. 이때 점 D는 인벌류트 BC의 Pitch circle과 만나는 점이다. 여기서 점B에서 각도(θ)만큼의 지점을 지나는 Pitch circle에 접선과 직각인 선을 작성하고 이접선의 수직선과 Top arc과 만나는 지점을 중심으로 하여 반경이 r1인 호를 작성하면 외형의 형상이 만들어 진다. 점 C를 지나는 접선을 작성하고 이 접선에서 각도(θ) 위치의 Bottom arc center circle line을 작성하고 점C의 접선에서 수직선을 그어서 만나는 점을 O2라고 하고 이점에서 반경 r2인 원을 중심축으로 작성하면 치의 내형의 형상이 만들어 진다. 이 내형과 전술한 외형을 이어주면 한 개의 내,외치 형상의 헬리컬 기어가 완성된다. 예로서 잇수를 7

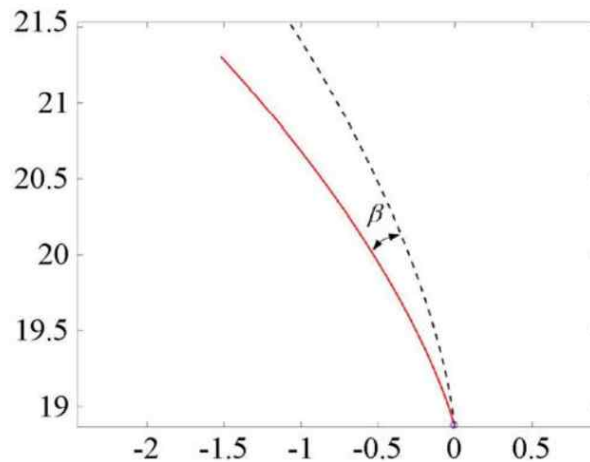
개라고 하여 동일한 원의 각도로 나누어서 작도하게 되면 7개의 잇수를 가진 헬리컬 킷 기어펌프용 치형을 얻을 수 있다, 그리고 이의 간격 각도 ( $\alpha$ )와 이 형상의 각도 ( $\beta$ )를 보정하고 조정하면서 이에 따른 이와 이의 물림 형상을 도식화 할 수 있다. 이를 보정하여 도식화 한 것이 하기 그림의 A이다, 그림 B는 헬리컬 기어의 헬릭스앵글을 반영하여 기초원과 인벌류트 선이 만나는 점 외형원호와 인벌류트가 만나는 점들을 반영하여 작성한 것이다



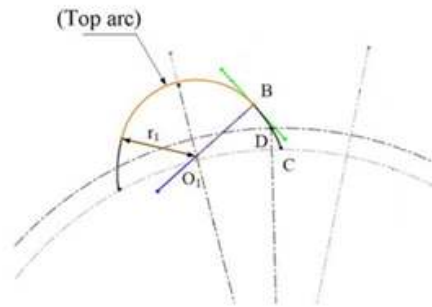
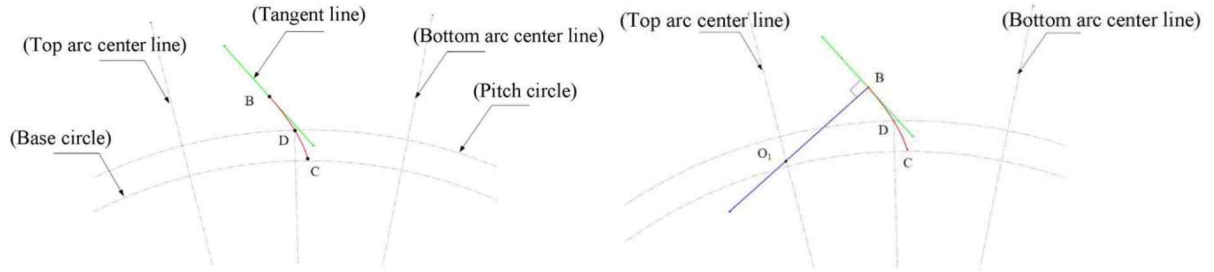
< 헬리컬 기어 작성과정의 도식화 >



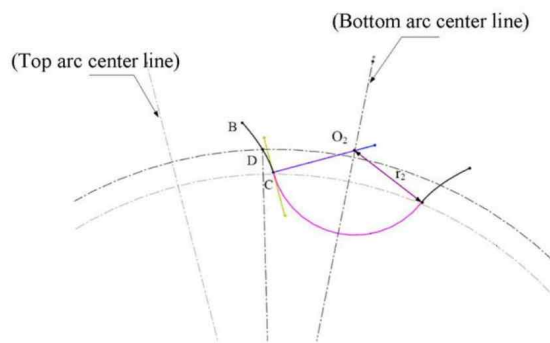
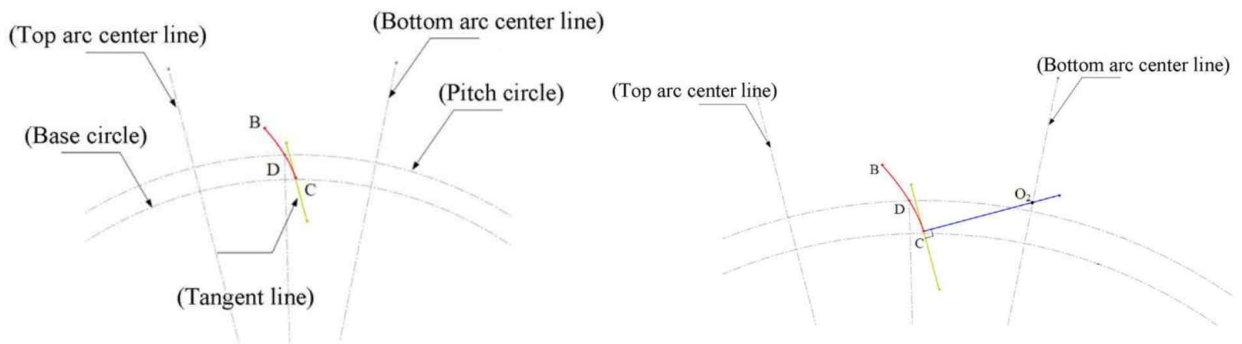
< 기초원과 피치원작성 >



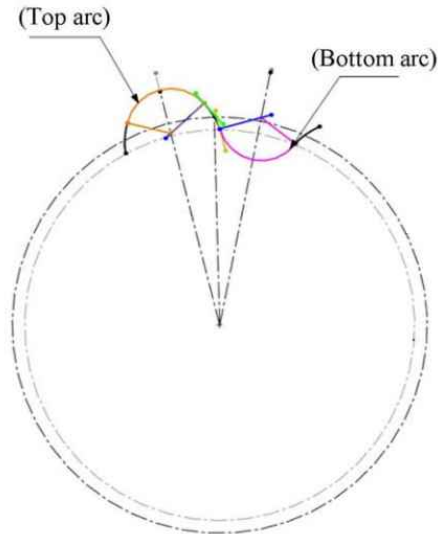
< 원활한 작동을 위한 치형의 각도보정( $\beta$ ) >



< 치형 외형의 작성 >



< 치형 내형 작성 >



< 치형 외형과 내형 연결 >

· 기어의 스플라인부 강도 계산 및 설계는 SAE13T-16/32 DP의 규격에 따라 수행하였으며, 이는 기 보유한 Excel 프로그램을 활용하였음.

**Spline strength calculation**

Input			unit	엘리칼 기어 펌프
1	Displacement (Q)	1연	cc/rev	25.2
2	Max. pressure(P)	1연	kgf/cm <sup>2</sup>	270
3	Max. speed		rpm	3000
Calculation				
4	PQ Factor	A = Q*P		15.484
	Volume efficiency	용적효율	%	95%
	Torque	$-(P*Q)/(200*\pi*\eta)$	kgf·m	25.9
<b>Shaft strength</b>				
5	Spline pitch dia	=d1 (SAE 규격)	mm	20.6375
	전 단응력(Shaft)	B = $-(16*T)/(\pi*d1^3)$	kg/cm <sup>2</sup>	15.0
6	소재의 허용전단응력	C = SCM415H	kg/cm <sup>2</sup>	57
	Safety factor	D = C/B		3.79
<b>Coupling strength</b>				
7	Internal spline dia (d2)	일치위한 연결용/내외치	mm	22.8
8	External spline dia (d3)		mm	26.9
	전 단응력(Coupling)	E = $-(16*T)/(\pi*d3^3)*(1-(d2/d3)^4)$	kg/cm <sup>2</sup>	14.03
	Coupling safety factor	F = C/E		4.06
<b>Spline strength</b>				
9	Spline 사양	# SAE 13T-16/32DP		
	Spline length (L1)		mm	26.7
10	Spline pitch dia(d4)		mm	20.64
11	Spline teeth number			13
12	Spline max. dia	D	mm	21.666
13	Hub의 min. dia(d5)	d5	mm	19.29
	임속 여유치 (h)	E = $(D-d5)/2$	mm	1.2
	임속 평균경 (Dm)	F = $(D+d5)/2$	mm	20.5
	Spline임속 응력(면압qm)	$-P/(h*2c)*L1$	kg/cm <sup>2</sup>	7.30
	이 하나에 직통하는 임속응력	$c$ : 뒷면의 모따기 (0~0.1)		
14	Torque 전달 효율			75%
	T(전달 Torque)	G = $\eta*P*(Dm/2)*Z$	kg·m	26.95
	T(전달 Torque)	H = $\eta*qm*h*L*(Dm/2)*Z$	kg·m	27.8
	qm	H = $T/(\eta*h*L*(Dm/2)*Z)$		4.4
15	Spline허용 면압		kg/cm <sup>2</sup>	7
	Spline 안전율(safety factor)	I = 허용면압 /qm		1.59

< 기어 스플라인 강도 계산 및 설계값 >



- (부쉬 블록의 설계) 부쉬 블록은 기어의 Shaft가 조립되어 기어가 회전 작동할 때, Guide가 되어서 안정적으로 기어의 회전을 할수 있도록 하는 역할을 수행함.

- 부쉬 블록은 구동기어 (Drive gear)와 종동기어(Driven gear)가 조립 될 수 있는 상하 홀 2개의 방식과 본 그림과 같이 하나의 Shaft가 조립되는 1개 홀 2종류로 분류가 되고, 본 과제에서는 각각의 Shaft를 조립 할 수 있는 방식으로 설계함.
- 부쉬 블록의 길이는 장착되어 기어의 회전 작동시에 Shaft를 Guide하여 안정적인 작동이 이어지도록 하는 Dry-bearing의 길이를 감안하여 설계되었다, 면압 허용치를 고려한 설계가 되었고, 이는 다음의 계산을 근거로 할 수 있음.
- 허용 면압과 허용 속도를 반영하여 PV치를 아래의 Excel 프로그램을 활용하여 구함.

항목	unit	공식	Peak	Normal
Pressure	P	kgf/cm <sup>2</sup>	270	180
Speed	N	rpm	3000	2200
도면 사양				
gap		Displacement (cc/rev)	25.4	25.4
보정 (효율)		Gap with calculation	- 0.10	- 0.10
Pump 1회전당의 이론 토출유량	Vth	cc/rev	25.3	25.3
이 끝원(addendum circle)	da	mm	46.80	46.80
이 뿌리원(dedendum circle)	dd	mm	31.2	31.2
Pitch circle	dp	mm	38.97	38.97
치의 폭	b	mm	26	26
Bearing load(F)	L	kgf	2,628	1,752
PV (DU Bushing에 적용하는 면압)		=면압 * Sliding속도	908.3	444.0
면압	Ps	kg/c m <sup>2</sup>	231.3	154.2
Sliding velocity	Sv	m/sec	3.9	2.9
Bushing length	L	mm	25.0	25.0
Bushing In-dia	d b	mm	25.0	25.0

< 허용면압과 허용속도를 반영한 PV치 >

0600-ZIHSr ON DWG											
NEW RELEASE								2021.03.09	D.Y	S.R	H.S

**NOTES**

- 지시없는 일반공차 ISO 2768-m (TOLERANCES UNLESS OTHERWISE STATED ISO 2768-m)
- BURR 제거 할것 (REMOVE ALL BURRS)
- 지시 없는 가공부의 C & R은 0.3이하로 할것 (UNLESS C & R MAX0.3 FOR MACHINING)
- MAKE FROM : JSH13-0090

ITEM	PART NO	PART NAME	QTY	MATERIAL	WTR(kg)	REMARK
		UNLESS SPECIFIED DIM. TOLERANCE				
		6미만 ±0.1				
		6 ~ 30 ±0.2				
		30 ~ 120 ±0.3				
		120 ~ 215 ±0.5				
		315 초과 ±0.8				
DR	3.2a	2021.03.09	▽	12.5a - 25a		DIM UNIT: mm
CH	2021.03.09	▽▽	3.2a - 6.3a			HEAT TREAT
AP	2021.03.09	▽▽▽	0.8a - 1.6a			
SCALE	S/T	▽▽▽▽	0.05a - 0.2a			

< 부쉬 블록 도면 >

- (기어 하우징의 설계) 기어는 고속으로 회전하면서 맞물리는 중간 부위에서는 고압이 형성되어 편측으로 휨이 발생하면서 기어는 쏠리게 되는데, 이 쏠림을 최소화, 즉 허용할 수 있는 범위 이내로 하기 위하여 Dowel pin이 일정 수량 조립되어야 한다, 그리고 Dowel Pin의 위치는 기어펌프를 Bolt로 체결하면 Bolt와 Hole의 유격에 의하여 흔들림이 발생할 수 있는 것을 최대한 방지할 수 있는 위치가 적절한 것으로 검토되었다, 중심에서 Tap과 Bolt hole보다도 거리상으로는 더 외경 측으로 위치하면서, Tap과 Bolt hole에는 근접되도록 설계하였다. 상, 하 2개소를 반영하였음.
- 기어 하우징은 압력 용기의 계산식을 활용하여 검토가 가능하고, 가장 기본적인 원통형 동체로서 작용할 수 있음.

- t : 판의 계산 두께(mm)
- t<sub>a</sub> : 판의 실제 두께(mm)
- P : 설계압력(kgf/cm<sup>2</sup>){MPa}
- P<sub>a</sub> : 최고허용압력(kgf/cm<sup>2</sup>){MPa}
- D<sub>i</sub> : 원통형 동체의 부식후의 안지름(mm)
- D<sub>o</sub> : 원통형 동체의 부식후의 바깥지름(mm)
- σ<sub>a</sub> : 재료의 허용인장응력(kgf/mm<sup>2</sup>){N/mm<sup>2</sup>}
- η : 길이 이음의 용접이음 효율
- α : 부식여유(mm) (부식은 발생하지 않으므로 무시 할 수 있다)

t/D<sub>i</sub> ≤ 0.25 또는 P ≤ 100σ<sub>a</sub>η/2.6의 경우

대 상 \ 기 준	안지름 기준	바깥지름 기준
판의 계산 두께 (mm)	$t = \frac{PD_i}{200\sigma_a\eta - 1.2P}$	$t = \frac{PD_o}{200\sigma_a\eta + 0.8P}$
최고허용압력 (kgf/cm <sup>2</sup> ){MPa}	$P_a = \frac{200\sigma_a\eta(t_a - \alpha)}{D_i + 1.2(t_a - \alpha)}$	$P_a = \frac{200\sigma_a\eta(t_a - \alpha)}{D_o - 0.8(t_a - \alpha)}$

- 기어펌프는 구조적으로, t/D<sub>i</sub> > 0.25 또는 P > 100σ<sub>a</sub>η/2.6의 경우이므로,

$$t = \frac{D_i}{2} \left( \sqrt{\frac{100\sigma_a\eta + P}{100\sigma_a\eta - P}} - 1 \right)$$

$$P_a = 100\sigma_a\eta \left( \frac{Y - 1}{Y + 1} \right)$$

$$\text{여기에서 } Y = \left( \frac{t_a - \alpha}{0.5D_i} + 1 \right)^2 \text{ 를 적용할 수 있음.}$$

기어 펌프는 t/D<sub>i</sub> ≤ 0.25 또는 P ≤ 100σ<sub>a</sub>η/2.6의 경우이므로



기호	기호의 설명 (단위)	설계 치수	적용 근거
t	판의 계산 두께(mm)	2.17512	실제 필요 두께
ta	판의 실제 두께(mm)	16.554	최소두께 ;설계요청 치수보다 7.6배
P	설계압력(kgf/cm <sup>2</sup> )	405	최고 사용압력의 1.5배
Pa	최고허용압력(kgf/cm <sup>2</sup> )	300	설계압력 + 10% (Peak 압력)
Di	원통형 동체의 부식후의 안지름(mm)	46.8	Gear Housing의 내경
Do	원통형 동체의 부식후의 바깥지름(mm)		
σa	재료의 허용인장응력(kgf/mm <sup>2</sup> )	46	2014 T6 기준 적용
η	길이 이음의 용접이음 효율	100%	용접 없음 (효율100%)
α	부식여유(mm)		부식은 발생하지 않으므로 무시할 수 있다

기어펌프 하우징 두께 계산 공식

$$t = (P \cdot Di) / ((200 \cdot \sigma_a \cdot \eta) - (1.2 \cdot P))$$

2.17512 t/Di < 0.25의 경우에 적용

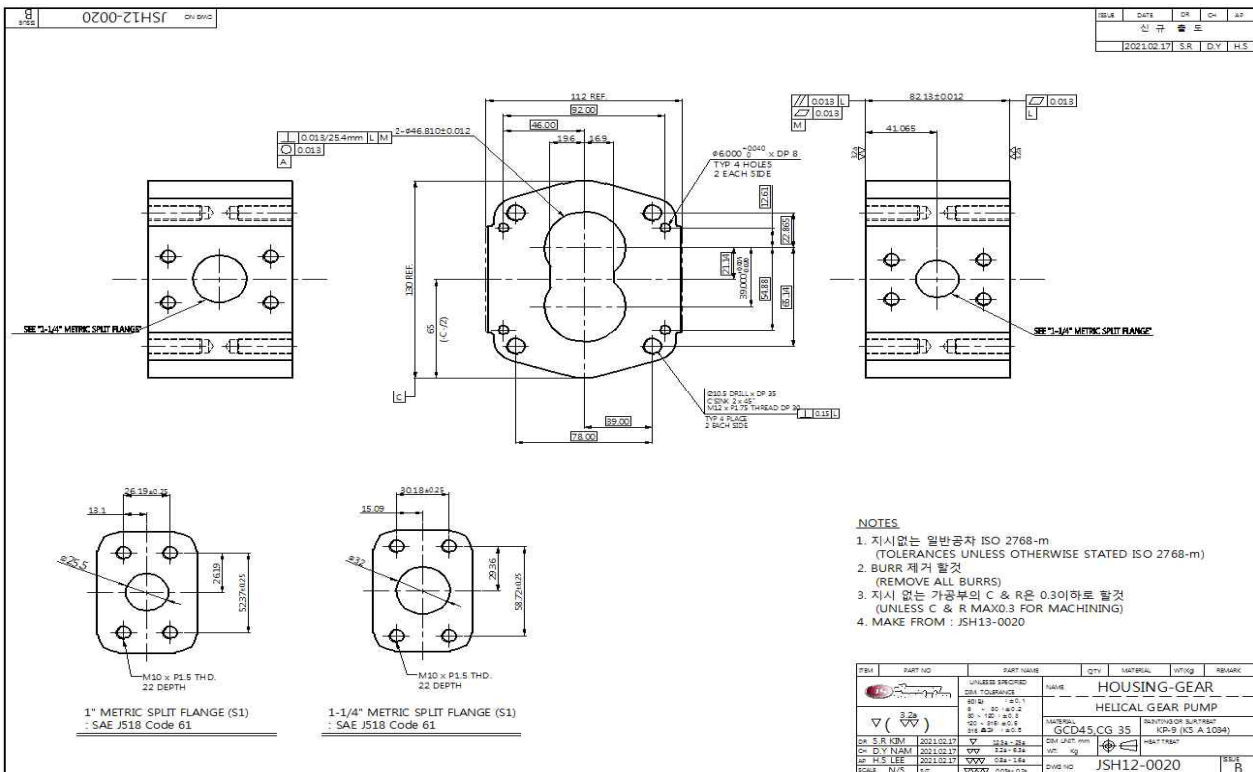
$$t/Di$$

0.046477 < 0.25

$$t = (Di/2) \cdot (\text{SQRT}((100 \cdot \sigma_a \cdot \eta + P) / (100 \cdot \sigma_a \cdot \eta - P)) - 1)$$

2.159474 if t/Di > 0.25의 경우라고 하면

로 계산되고, 계산에서 필요한 2.175대비하여 실 적용은 16.554이어서 안전하게 설계된 것으로 판단된다

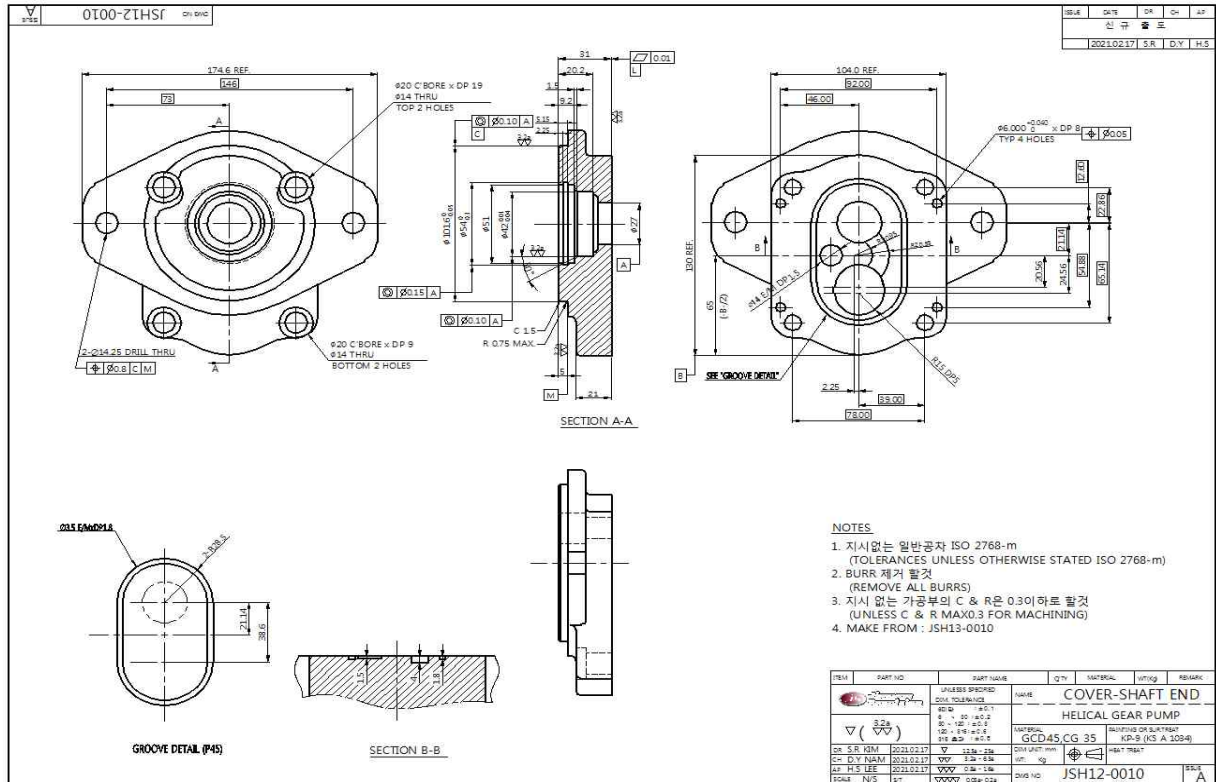


### < 하우징 도면 >

참여기관에서 검증한 결과, 헬리컬 기어펌프의 최대 내부 압력 270bar를 외력으로 하우징 구조 강도 해석하였을 때, 최대 응력은 125.6MPa으로 발생하였고 안전율은 2.07으로 계산되어 구조적으로 안전하다고 판단됨 (다이캐스팅용 알루미늄 합금 항복강도 260MPa 근방 기준)

- (프론트 커버의 설계) 양측 날개 모양은 Slot홈 방식과 원형의 홀 두가지 방식이 있고, 두가지 모두가 제작 가능하도록 설계하였다, Slot hole은 소형에서 주로 사용하는 방식이지

만 적용 편리성을 향상하기 위하여 중형에서도 적용하였다. 무게 저감을 위하여 불필요한 부위의 덧살은 최소로 하는 설계를 적용함.



**< 프론트 커버 도면 >**

- (리어 커버의 설계) 헬리컬 기어펌프에서는 기어에서 발생하는 추력을 상쇄하는 Piston이 기어 측면부와 접촉하여 작용할 수 있도록 하는 구조가 되어야 한다, 이에 커버의 중심부 기어가 장착되어 작용하는 부위에는 피스톤이 작용할 수 있는 공간 확보를 위한 덧살이 추가된다. 그리고 기어하우징과의 접촉면에 외부 누설을 방지하기 위한 씰 그루브도 설계 됨.

· 리어 커버는 헬리컬 기어의 축 방향 추력  $F_x$ 는 아래의 공식을 이용하여 계산함.

여기서

$$F_x = F_t \times \tan\beta$$

$F_t$  = 원주력 (kgf) =  $2 \times 10^3$  Torque / d

$\beta$  : 헬리컬 각도

d : 기어 피치원 직경

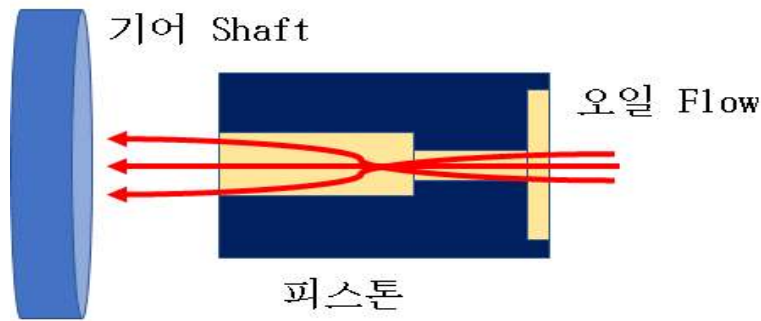
· 기어 축에 작용하는 레이디얼 방향의 힘  $F_r$ 은 다음과 같이 계산함.

$$F_r = F_t \tan\alpha / \cos\beta$$

여기서

$\alpha$  : 치직각 압력각





< 피스톤 오리피스스의 역할 >

- 본 내용을 수치적 계산으로 설명하면, 기본 계산식은 오리피스 전후 차압의 산출을 적용하고 펌프의 회전수 정격 2,000 rpm 용적 25.cc/rev 이면 유량은 50 lpm이다, 이때, 오리피스 경을 3mm를 적용하면 약 125kgf/cm<sup>2</sup>의 차압이 발생함.
- 1차적으로 상기의 차압 125kgf/cm<sup>2</sup>은 25mm의 기어 Shaft의 단면적에 작용하여 270kgf의 반력으로 작용하게 되고, 2차적으로 피스톤의 단면적에 펌프의 정격 압력 180kgf/cm<sup>2</sup>이 작용하면 318 kgf의 반력이 작용하여 헬리컬 기어의 추력을 완전히 상쇄함.
- 상기에서 기술한 바와 같이 1,2단계로 구분된 압력과 힘이 작용하여 충격 없이 안정적으로 작용하게 된다, 그리고 기어펌프의 작동압력과 회전수에 따른 유량 증감등 변화에 따라서도 연동하여 안정적인 작용을 하게 하는 기능은 작동하게 됨.

Q	동과유량(l/min)	50			
K	유량계수	0.7			
g	중력가속도(m/sec <sup>2</sup> )	980	기어Shaft	2.5	4.91
γ	비중량(kg/m <sup>3</sup> )	870	피스톤	1.5	1.77
d	오리피스경(mm)	3			
ΔP	오리피스 차압(kg/cm <sup>2</sup> )	124.8			
A	오리피스 단면적(cm <sup>2</sup> )	0.071			
				Dia	단면적
				cm	cm <sup>2</sup>
				압력	Force
				kgf/cm <sup>2</sup>	kgf

$$\Delta P = (Q / (K + A \cdot 60))^2 \cdot \gamma / 2g$$

< 오리피스 설계(직경) 계산식 >

### ③ 부품의 재질 선정

- 일반적인 재료 선정법으로, 이미 사용된 실적이 있는 설계품의 상태를 조사하여 이를 반영하는 것이 상당한 신뢰성을 가지는 병법이다, 그리고 이 재질이 널리 사용되고 있어야 가격과 성능면에서 안정적이다, 동일한 재료를 사용하여 파손, 이상 마모등의 결함으로 실패한 사례를 검토, 고려하는 것도 본 개발 과제의 항목으로 반영하여 검토하였고, 선정 요건으로는 기계적 성질, 물리적 성질, 화학적 성질, 가공성, 균질성과 경제성을 파악하여, 각 부품의 재질을 하기와 같이 선정함.

< 헬리컬 기어부품 구성품 재질 >

구분	기어류	커버류	기어하우징	부시블록	피스톤
-	크롬 몰디브덴 합금강 (SCM415)	주물	고장력 알루미늄	고장력 알루미늄	크롬 몰디브덴 합금강

- (기어류) 요구되는 재질의 특징은, 고압에서도 사용가능한 높은 강도, 맞물려 고속, 고압으로 회전작동을 하면서, 요구되는 기간 동안 원래의 성질을 유지하면서 사용가능한 우수한 내마모성, Bending moment, 비틀림 하중 등에 파손되지 않고 견딜수 있는 신율이 요구되며, 기어류는 표면을 경화시키는 열처리가 필요한 바, 소재의 가공전 조질처리, 가공후 연마 공정 이전에 실시하는 침탄열처리에 적합한 재질이 필요함.

참여기관에서 검증한 결과, SCM415 재질의 대표적 인장강도인 825MPa 값으로 피로 한도를 추정하였을때( $Se=0.5 \cdot Su$ ), 유한요소해석 결과 값들을 활용하여 Good Man 무한 수명선도식으로 계산된 피로한도 값은 146.2MPa 으로, (안전율  $n=2$  기준) 해석 대상 기어 재질의 피로한도 값 412.5MPa 보다 작게 계산되어 무한 수명을 가진다고 판단하여 적절한 재질이 선정되었다고 증명함.

규격기호	열처리(°C)				기계적성질					
	소둔 (N)	소둔 (A)	850 노냉소입 (Q)	소려 (T)	항복점 kgf/mm2	인장강도 kgf/mm2	신율 (%)	감면율 (%)	충격치 kgm/cm2	경도 (HB)
SCM415	850~ 900공냉	850 노냉	1차850-900유냉 2차800-850유냉	150~ 200공냉	-	≥85	≥16	≥40	≥7	235 ~321
SCM418	850~ 900공냉	850 노냉	1차850-900유냉 2차800-850유냉	150~ 200공냉	-	≥90	≥15	≥40	≥7	248 ~331
SCM420	850~ 900공냉	850 노냉	1차850-900유냉 2차800-850유냉	150~ 200공냉	-	≥95	≥14	≥40	≥6	262 ~352
SCM421	850~ 900공냉	850 노냉	1차850-900유냉 2차800-850유냉	150~ 200공냉	-	≥100	≥14	≥35	≥6	285 ~375
SCM430	830~ 900공냉	850 노냉	830~880 유냉	530~ 630급냉	≥70	≥85	≥18	≥55	≥11	241 ~302
SCM432	830~ 900공냉	850 노냉	830~880 유냉	530~ 630급냉	≥75	≥90	≥16	≥50	≥9	255 ~321
SCM435	830~ 900공냉	850 노냉	830~880 유냉	530~ 630급냉	≥80	≥95	≥15	≥50	≥8	269 ~331
SCM440	830~ 900공냉	850 노냉	830~880 유냉	530~ 630급냉	≥85	≥100	≥12	≥45	≥6	285 ~352
SCM445	830~ 900공냉	850 노냉	830~880 유냉	530~ 630급냉	≥90	≥105	≥12	≥40	≥4	302 ~363
SCM822	830~ 900공냉	850 노냉	1차850-900유냉 2차800-850유냉	150~ 200공냉	≥105	≥105	≥12	≥30	≥9	302 ~415

< 크롬몰리브덴강의 종류 >

- (커버류) 프론트 커버와 리어커버는 형상으로 보면, 주물 소재가 되어야 용이하다, 주물로 제작되는 주철 소재는 회주철과 구상흑연 주철로 구분된다, 주철의 특징을 보면 주철중의 흑연이 피삭성(가공성)을 좋게 하므로 철강재료에 비하여 우수하지만, 흑연조직, 기지조직, 경도 및 표면 결함 등의 영향을 받는다, 일정한 절삭 조건에서는 Ferrite 기지조직이 좋은 것으로 파악된다, 회주철은 주조성이 좋아서 복잡한 형상의 주조품을 만들 수 있다, 강에 비하여 취약하지만 인장강도에 비하여 압축 강도가 높고, 피삭성이 좋고, 내마모성이 좋고, 탄성계수가 작은 특징이 있어 프론트, 리어 커버의 재질로서 적절함.

	C	Si	Mn	P	S	Mg
회주철	3.2~3.8	1.4~2.2	0.4~0.6	0.5 이하	0.10이하	
구상흑연주철	2.8~3.7	1.7~2.5	0.2~0.4	0.1 이하	0.015이하	0.03이상
	인장강도 (N/mm)	연신율 (%)	경도 (HB)	구상화율 (%)		
회주철	250	거의 없음	150~300	거의 없음		
구상흑연주철	420	10	230이하	80%이상		

< 주물의 화학성분과 기계적 성질 >

- (기어하우징) 알루미늄 제품의 제조 방식은 주조와 인발로 구분할 수 있으며, 먼저 주조 방식으로는, 다이캐스팅과 중력 주조 제품으로 구분할 수 있다.다이캐스팅은 금속재질(강철등)로 금형을 만들어 알루미늄을 녹여 높은 압력으로 강제로 밀어 넣는 주조 방법이어서 비교적 얇고 가벼우며 정밀한 제품을 제조하는데 유리하다. 중력 주조는 녹인 알루미늄을 정해진 금형 틀안에 주입하여 제조하는 방식이어서 기어 하우징을 제작하는 방식으로는 부적절하였다. 인발로 압출한 고강도의 Al-Cu계열을 기반으로 한 알루미늄 합금으로 강도가 높은 재료를 선정함.

성분	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	기타		Al
									각	합계	
합금	0.50 ~1.2	0.7 이하	3.9 ~5.0	0.40 ~1.2	0.20 ~0.8	0.10 이하	0.25 이하	0.15 이하	0.05 이하	0.15 이하	나머지

< 고장력 알루미늄 화학성분 (AL 2014) >

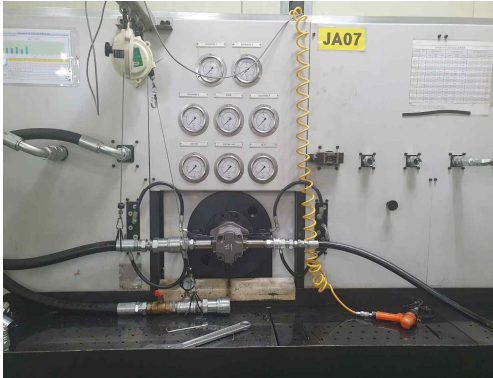
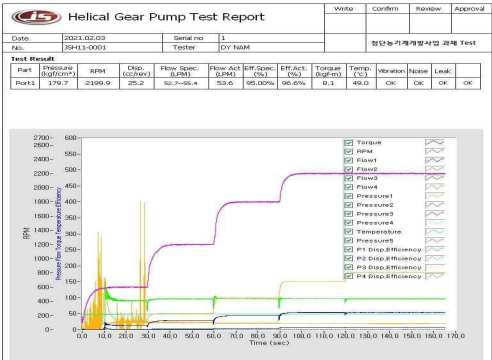

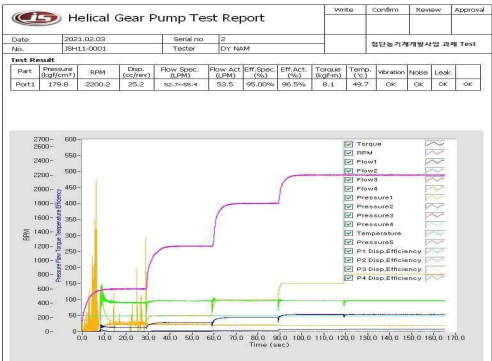
- (부쉬블럭) 알루미늄으로 기어하우징과 유사한 재질을 선정함.
- (피스톤) 크롬 몰리브덴 합금강(얼처리 보증강)으로 기어의 재질과 동일함.

#### ④ 개발품 성능 평가


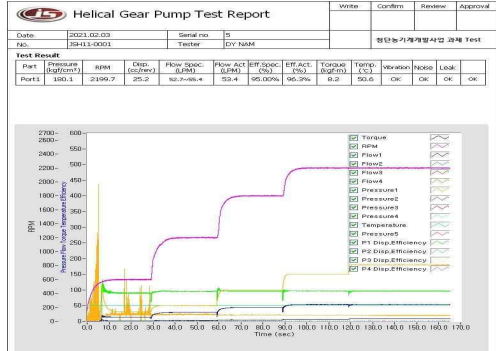
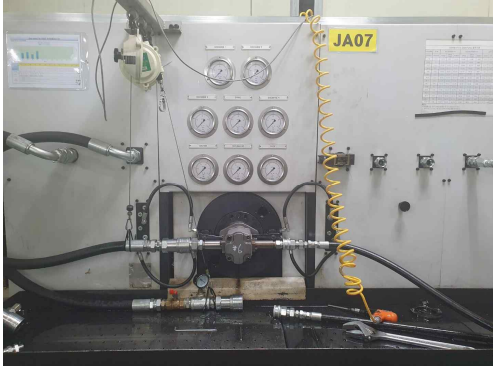
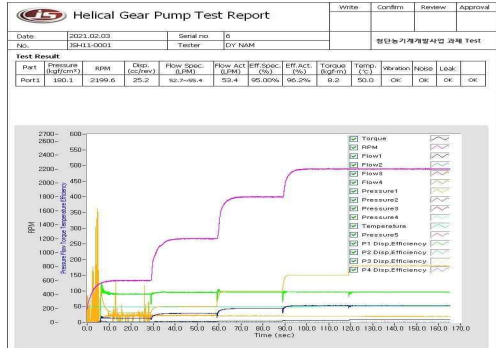

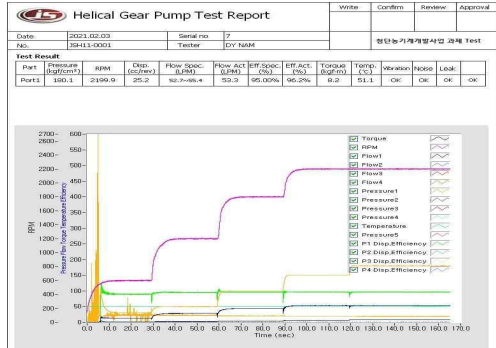

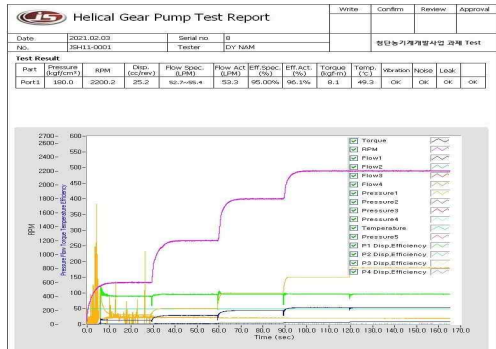

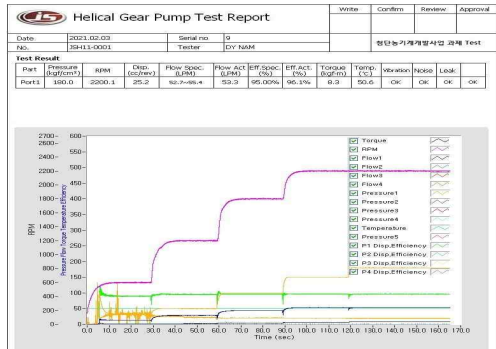
- 최초의 설계 Concept대로 제품을 조립하여 HELICAL GEAR Pump를 현물화 시키고, 현물화된 제품이 설계 Concept을 만족하는지 확인하는 성능시험과정을 수행함.
- 당사에서 보유하고 있는 시험테스트 벤치를 사용하여, 트랙터 정격 사용 조건인 180bar, 2200 r/min에서 제품의 성능 시험을 수행하였으며, 전체적 제품이 균질한 효율을 갖춘 것으로 확인됨.

< 개발품 자체 성능 테스트 결과 >

측정 결과										
측정지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
용적효율 (%)	96.6	96.5	96.5	96.4	96.3	96.2	96.2	96.1	96.1	96.0
기계효율 (%)	89	89	88	88	88	88	88	89	87	88
측정지점	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
용적효율 (%)	95.9	95.8	96.0	95.9	95.9	95.8	95.6	95.6	96.5	96.3
기계효율 (%)	89	91	91	91	92	92	89	92	85	86

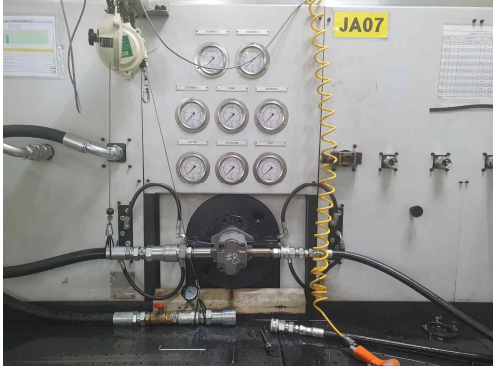
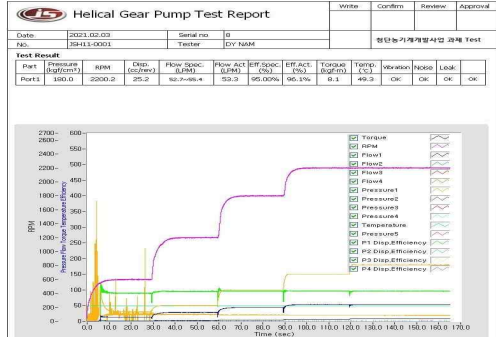

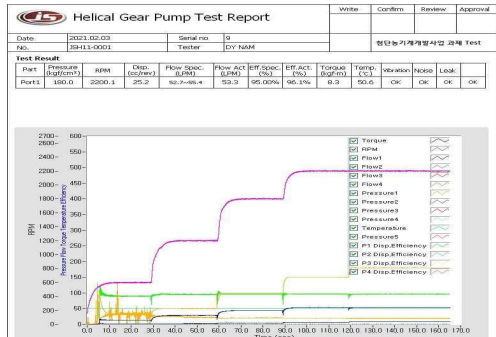
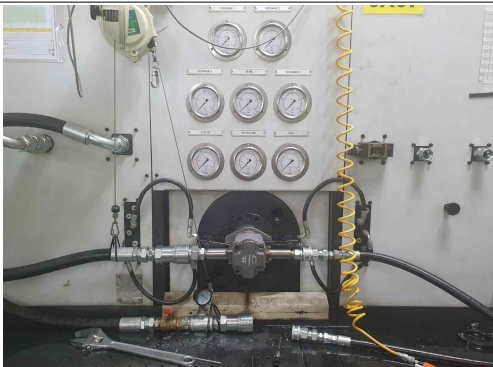
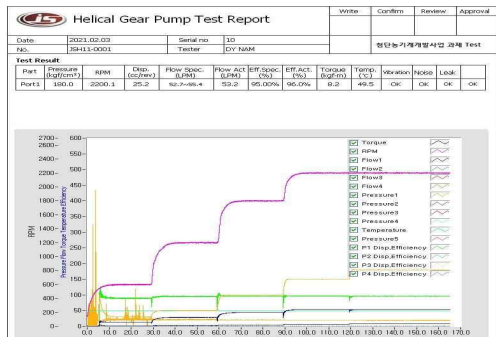
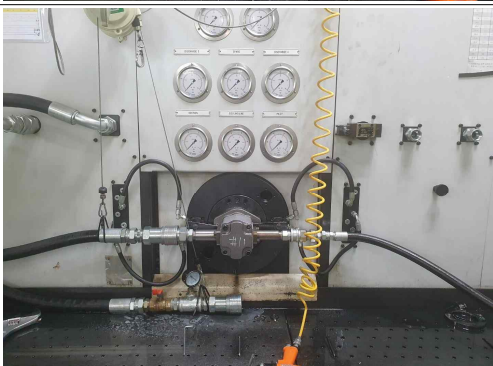
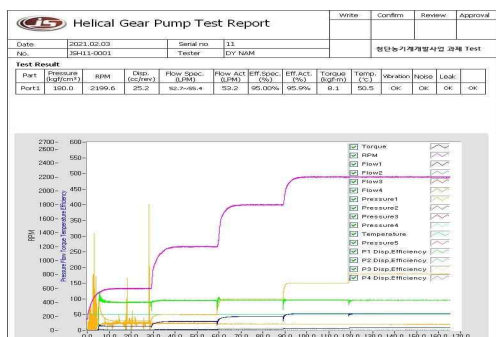
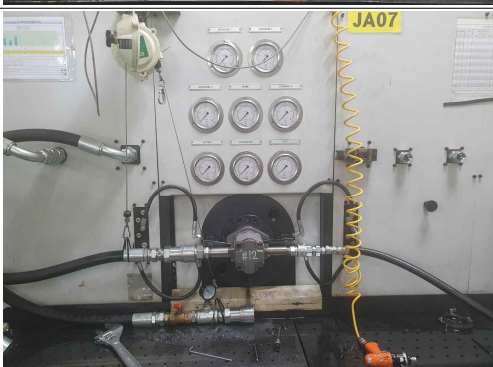
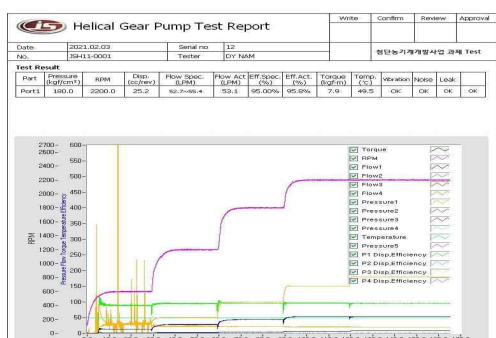
구분	시험 사진	시험 그래프
#1		
#2		

< 개발품 자체 성능 테스트 사진 및 그래프 >

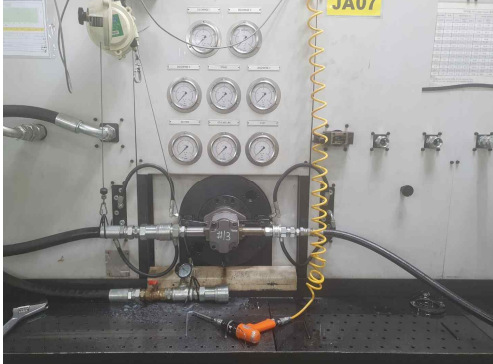
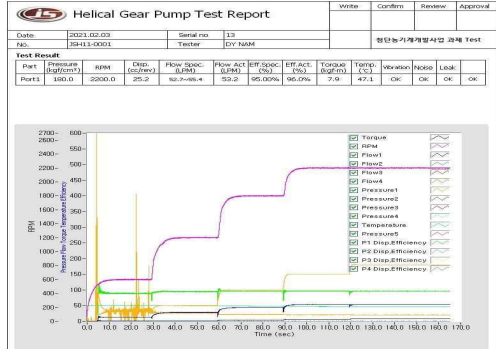
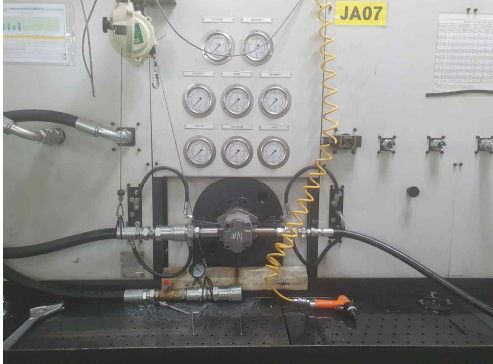
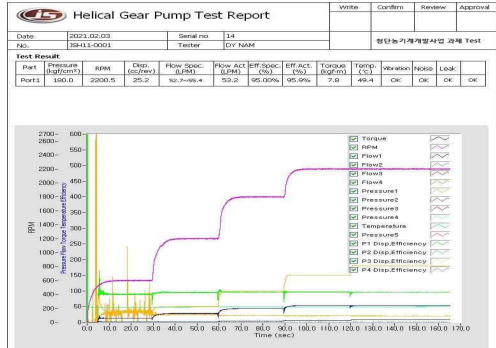

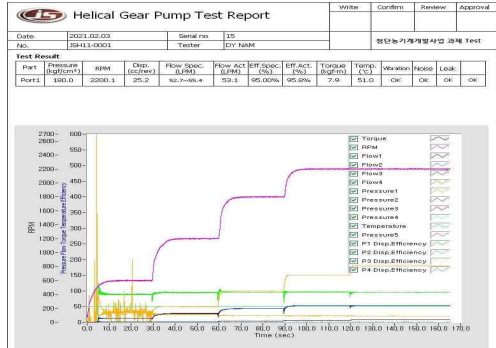

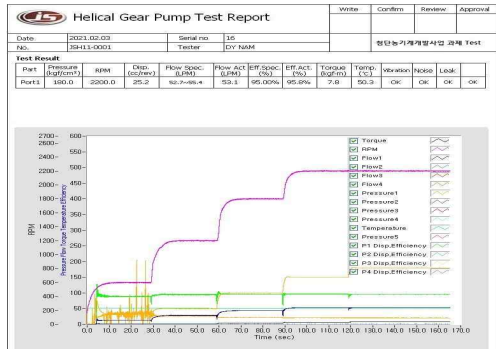

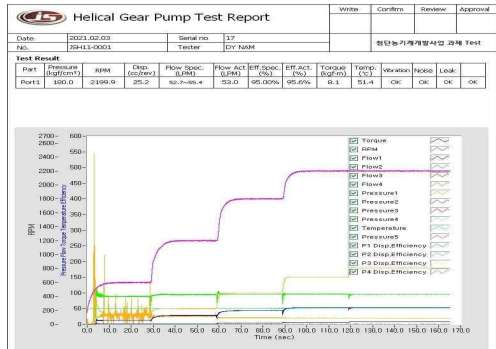
구분	시험 사진	시험 그래프																									
# 3		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (cc/min)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.1</td> <td>2199.7</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.4</td> <td>95.00%</td> <td>95.3%</td> <td>8.3</td> <td>50.0</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.1	2199.7	25.2	10.7~16.4	53.4	95.00%	95.3%	8.3	50.0	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.1	2199.7	25.2	10.7~16.4	53.4	95.00%	95.3%	8.3	50.0	OK	OK	OK															
# 4		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (cc/min)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.1</td> <td>2199.6</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.4</td> <td>95.00%</td> <td>95.2%</td> <td>8.2</td> <td>50.0</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.1	2199.6	25.2	10.7~16.4	53.4	95.00%	95.2%	8.2	50.0	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.1	2199.6	25.2	10.7~16.4	53.4	95.00%	95.2%	8.2	50.0	OK	OK	OK															
# 5		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (cc/min)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.1</td> <td>2199.9</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>95.2%</td> <td>8.2</td> <td>51.1</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.1	2199.9	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.2%	8.2	51.1	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.1	2199.9	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.2%	8.2	51.1	OK	OK	OK															
# 6		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (cc/min)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2200.0</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>95.1%</td> <td>8.1</td> <td>49.3</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2200.0	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.1%	8.1	49.3	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2200.0	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.1%	8.1	49.3	OK	OK	OK															
# 7		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (cc/min)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf-m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2200.1</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>95.1%</td> <td>8.3</td> <td>50.6</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2200.1	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.1%	8.3	50.6	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (cc/min)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf-m)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2200.1	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.1%	8.3	50.6	OK	OK	OK															

< 개발품 자체 성능 테스트 사진 및 그래프 >


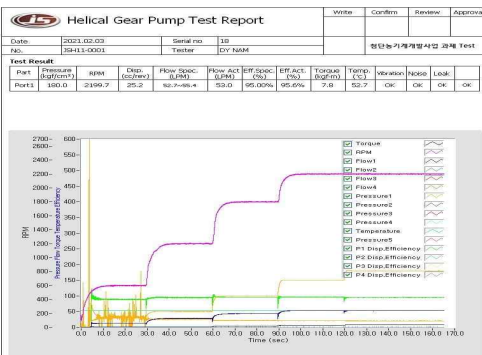
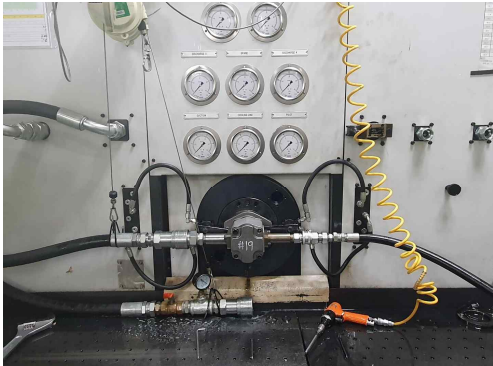
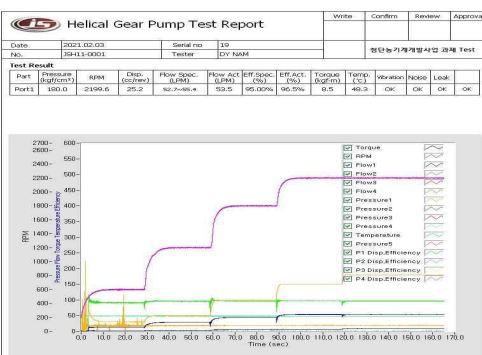

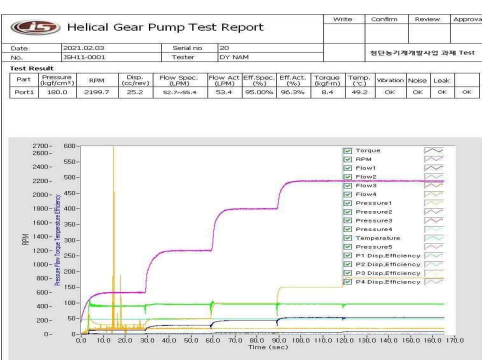


구분	시험 사진	시험 그래프																										
# 8	 <p>Photograph showing the test setup for Helical Gear Pump #8. The pump is labeled 'JA07'. The setup includes a motor, various gauges, and hoses connected to the pump.</p>	 <p>Helical Gear Pump Test Report #8. The report includes a table of test results and a graph showing RPM vs Time (sec).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (LPM)</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2200.0</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>95.1%</td> <td>8.1</td> <td>49.3</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2200.0	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.1%	8.1	49.3	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2200.0	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.1%	8.1	49.3	OK	OK	OK																
# 9	 <p>Photograph showing the test setup for Helical Gear Pump #9. The pump is labeled 'JA07'. The setup includes a motor, various gauges, and hoses connected to the pump.</p>	 <p>Helical Gear Pump Test Report #9. The report includes a table of test results and a graph showing RPM vs Time (sec).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (LPM)</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2200.1</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>96.1%</td> <td>8.3</td> <td>50.6</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2200.1	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	96.1%	8.3	50.6	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2200.1	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	96.1%	8.3	50.6	OK	OK	OK																
# 10	 <p>Photograph showing the test setup for Helical Gear Pump #10. The pump is labeled 'JA07'. The setup includes a motor, various gauges, and hoses connected to the pump.</p>	 <p>Helical Gear Pump Test Report #10. The report includes a table of test results and a graph showing RPM vs Time (sec).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (LPM)</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2200.1</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>96.0%</td> <td>8.2</td> <td>49.5</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2200.1	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	96.0%	8.2	49.5	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2200.1	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	96.0%	8.2	49.5	OK	OK	OK																
# 11	 <p>Photograph showing the test setup for Helical Gear Pump #11. The pump is labeled 'JA07'. The setup includes a motor, various gauges, and hoses connected to the pump.</p>	 <p>Helical Gear Pump Test Report #11. The report includes a table of test results and a graph showing RPM vs Time (sec).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (LPM)</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2199.6</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.3</td> <td>95.00%</td> <td>95.0%</td> <td>8.1</td> <td>50.5</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2199.6	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.0%	8.1	50.5	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2199.6	25.2	10.7~16.4	53.3	95.00%	95.0%	8.1	50.5	OK	OK	OK																
# 12	 <p>Photograph showing the test setup for Helical Gear Pump #12. The pump is labeled 'JA07'. The setup includes a motor, various gauges, and hoses connected to the pump.</p>	 <p>Helical Gear Pump Test Report #12. The report includes a table of test results and a graph showing RPM vs Time (sec).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Flow (LPM)</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (LPM)</th> <th>Flow Act. (LPM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration (mm/s)</th> <th>Noise (dB)</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2200.0</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.1</td> <td>95.00%</td> <td>95.0%</td> <td>7.9</td> <td>49.5</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak	Part1	180.0	2200.0	25.2	10.7~16.4	53.1	95.00%	95.0%	7.9	49.5	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flow (LPM)	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (LPM)	Flow Act. (LPM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration (mm/s)	Noise (dB)	Leak																
Part1	180.0	2200.0	25.2	10.7~16.4	53.1	95.00%	95.0%	7.9	49.5	OK	OK	OK																

< 개발품 자체 성능 테스트 사진 및 그래프 >

구분	시험 사진	시험 그래프																										
# 13		 <p><b>Helical Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2023.02.03 Serial no: 13    No.: 20413-0003 Tester: DY NAM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (L/PM)</th> <th>Flow Act. (L/PM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf·m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2000.0</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>10.2</td> <td>95.00%</td> <td>95.0%</td> <td>7.9</td> <td>47.1</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	180.0	2000.0	25.2	10.7~16.4	10.2	95.00%	95.0%	7.9	47.1	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	180.0	2000.0	25.2	10.7~16.4	10.2	95.00%	95.0%	7.9	47.1	OK	OK	OK																
# 14		 <p><b>Helical Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2023.02.03 Serial no: 14    No.: 20413-0003 Tester: DY NAM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (L/PM)</th> <th>Flow Act. (L/PM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf·m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2000.5</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>10.2</td> <td>95.00%</td> <td>95.9%</td> <td>7.8</td> <td>49.4</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	180.0	2000.5	25.2	10.7~16.4	10.2	95.00%	95.9%	7.8	49.4	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	180.0	2000.5	25.2	10.7~16.4	10.2	95.00%	95.9%	7.8	49.4	OK	OK	OK																
# 15		 <p><b>Helical Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2023.02.03 Serial no: 15    No.: 20413-0003 Tester: DY NAM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (L/PM)</th> <th>Flow Act. (L/PM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf·m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2000.1</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>10.1</td> <td>95.00%</td> <td>95.8%</td> <td>7.9</td> <td>51.0</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	180.0	2000.1	25.2	10.7~16.4	10.1	95.00%	95.8%	7.9	51.0	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	180.0	2000.1	25.2	10.7~16.4	10.1	95.00%	95.8%	7.9	51.0	OK	OK	OK																
# 16		 <p><b>Helical Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2023.02.03 Serial no: 16    No.: 20413-0003 Tester: DY NAM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (L/PM)</th> <th>Flow Act. (L/PM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf·m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2000.0</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>10.1</td> <td>95.00%</td> <td>95.6%</td> <td>7.8</td> <td>50.3</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	180.0	2000.0	25.2	10.7~16.4	10.1	95.00%	95.6%	7.8	50.3	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	180.0	2000.0	25.2	10.7~16.4	10.1	95.00%	95.6%	7.8	50.3	OK	OK	OK																
# 17		 <p><b>Helical Gear Pump Test Report</b></p> <p>Date: 2023.02.03 Serial no: 17    No.: 20413-0003 Tester: DY NAM</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/rev)</th> <th>Flow Spec. (L/PM)</th> <th>Flow Act. (L/PM)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf·m)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>180.0</td> <td>2109.0</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>10.0</td> <td>95.00%</td> <td>95.6%</td> <td>9.1</td> <td>51.4</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	180.0	2109.0	25.2	10.7~16.4	10.0	95.00%	95.6%	9.1	51.4	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/rev)	Flow Spec. (L/PM)	Flow Act. (L/PM)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf·m)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	180.0	2109.0	25.2	10.7~16.4	10.0	95.00%	95.6%	9.1	51.4	OK	OK	OK																

< 개발품 자체 성능 테스트 사진 및 그래프 >

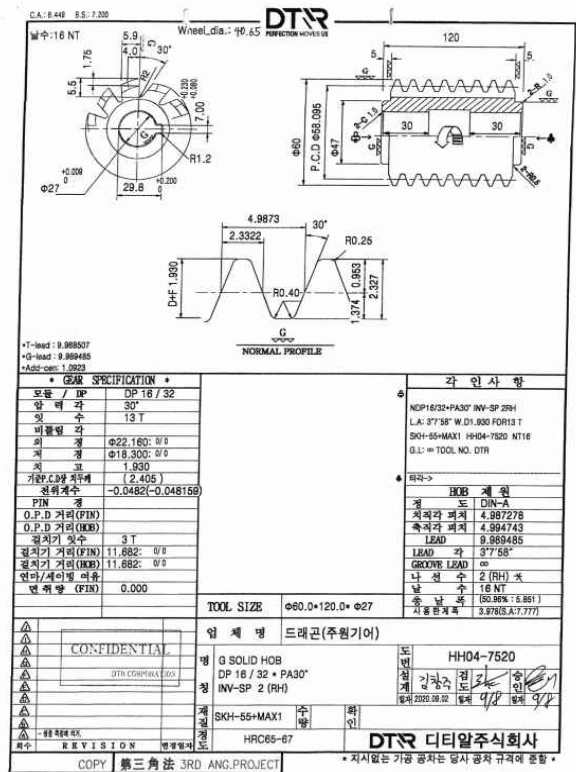
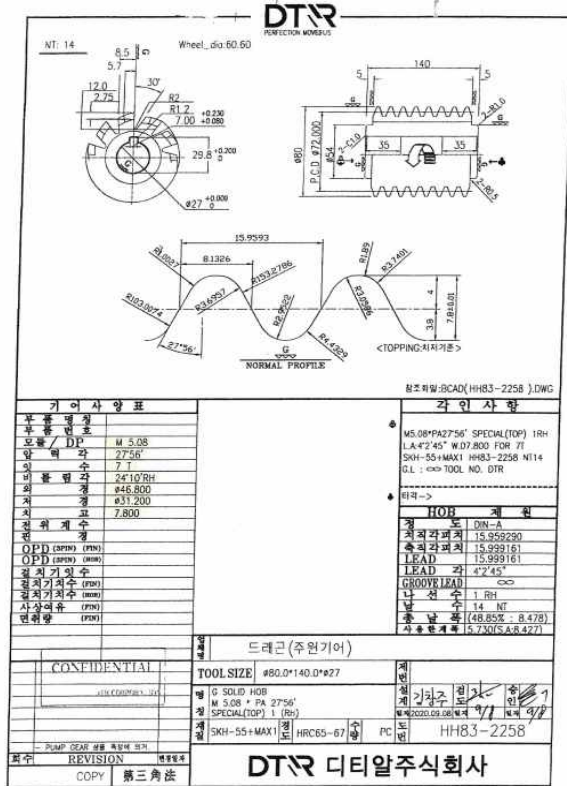
구분	시험 사진	시험 그래프																										
# 18		 <table border="1" data-bbox="933 235 1417 302"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/Rev)</th> <th>Flow Spec. (L/Min)</th> <th>Flow Act. (L/Min)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>150.0</td> <td>2199.7</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.0</td> <td>95.00%</td> <td>95.0%</td> <td>7.8</td> <td>52.7</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/Rev)	Flow Spec. (L/Min)	Flow Act. (L/Min)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	150.0	2199.7	25.2	10.7~16.4	53.0	95.00%	95.0%	7.8	52.7	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/Rev)	Flow Spec. (L/Min)	Flow Act. (L/Min)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	150.0	2199.7	25.2	10.7~16.4	53.0	95.00%	95.0%	7.8	52.7	OK	OK	OK																
# 19		 <table border="1" data-bbox="933 609 1417 676"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/Rev)</th> <th>Flow Spec. (L/Min)</th> <th>Flow Act. (L/Min)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>150.0</td> <td>2199.6</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.5</td> <td>95.00%</td> <td>96.5%</td> <td>8.5</td> <td>49.3</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/Rev)	Flow Spec. (L/Min)	Flow Act. (L/Min)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	150.0	2199.6	25.2	10.7~16.4	53.5	95.00%	96.5%	8.5	49.3	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/Rev)	Flow Spec. (L/Min)	Flow Act. (L/Min)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	150.0	2199.6	25.2	10.7~16.4	53.5	95.00%	96.5%	8.5	49.3	OK	OK	OK																
# 20		 <table border="1" data-bbox="933 983 1417 1050"> <thead> <tr> <th>Part</th> <th>Pressure (kgf/cm<sup>2</sup>)</th> <th>SRM</th> <th>Disp. (cc/Rev)</th> <th>Flow Spec. (L/Min)</th> <th>Flow Act. (L/Min)</th> <th>Eff. Spec. (%)</th> <th>Eff. Act. (%)</th> <th>Torque (kgf/cm)</th> <th>Temp. (°C)</th> <th>Vibration</th> <th>Noise</th> <th>Leak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Part1</td> <td>150.0</td> <td>2199.7</td> <td>25.2</td> <td>10.7~16.4</td> <td>53.4</td> <td>95.00%</td> <td>96.3%</td> <td>8.4</td> <td>49.2</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>	Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/Rev)	Flow Spec. (L/Min)	Flow Act. (L/Min)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak	Part1	150.0	2199.7	25.2	10.7~16.4	53.4	95.00%	96.3%	8.4	49.2	OK	OK	OK
Part	Pressure (kgf/cm <sup>2</sup> )	SRM	Disp. (cc/Rev)	Flow Spec. (L/Min)	Flow Act. (L/Min)	Eff. Spec. (%)	Eff. Act. (%)	Torque (kgf/cm)	Temp. (°C)	Vibration	Noise	Leak																
Part1	150.0	2199.7	25.2	10.7~16.4	53.4	95.00%	96.3%	8.4	49.2	OK	OK	OK																

< 개발품 자체 성능 테스트 사진 및 그래프 >

#### 4) 생산 공정 최적화 프로세스 정립

##### ① 헬리컬 기어펌프 전용 치구 설계 및 제작

- 설계된 헬리컬 기어의 스플라인 제작을 위해 전용 치형 및 스플라인부 공구를 설계 제작하여 헬리컬 기어의 가공을 수행하였음.



< 헬리컬 기어 가공 전용 치구 설계 및 제작 >

##### ② 공정 최적화 프로세스 정립

- 설계한 헬리컬 기어펌프에 대하여 시제품을 제작하였다. 제작된 제품에 대한 품질의 일관성 유지를 위해 표면처리, 열처리, 가공 방법 등을 정립한 별도의 제품검증표준서를 아래 그림과 같이 작성하였다. 그 외 품질 향상을 위하여 외주 가공 업체 간 품질 비교와 공정관리를 추가하여 균일한 품질을 확보하기 위해 노력하였음.
- (헬리컬 기어) 치형 셰이빙 후 표면 조도 확보를 위해 치연마를 하였으나, 조도 확보가 되지 않아 파우더 공정을 추가하여 표면 조도를 확보함.
- (기어 하우징) 알루미늄 소재가 연마 마그네틱에 부착이 되지 않아 콜렛 타입의 지그를 제작하여 마그네틱 테이블에 고정하여 제작함.
- (드라이베어링) 간극형상이 좁게 되어 케이스 압입 시 기어 끼임 현상이 발생함에 따라 간극 형성 압력 세팅 및 필리제이지(0.5mm) 검사 후 입고함.

	
<p>①소재입고</p>	<p>②선삭</p>
	
<p>③호빙+세이빙</p>	<p>④열처리(침탄)</p>
	
<p>⑤연삭</p>	<p>⑥치연마</p>
	
<p>⑦디버링</p>	<p>⑧슈퍼피니싱</p>
	
<p>⑨세척</p>	

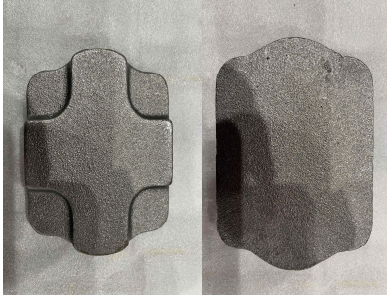
< 헬리컬 기어 가공 공정 >

	
<p>①소재입고</p>	<p>②면삭</p>
	
<p>③연마</p>	<p>④MCT+보링</p>
	
<p>⑤사상</p>	<p>⑥세척</p>

< 기어 하우징 가공 공정 >

	
<p>①소재입고</p>	<p>②면삭</p>
	
<p>③연마</p>	<p>④CNC</p>
	
<p>⑤MCT</p>	<p>⑥사상</p>
	
<p>⑦세척</p>	

< 프론트 커버 가공 공정 >



①소재입고



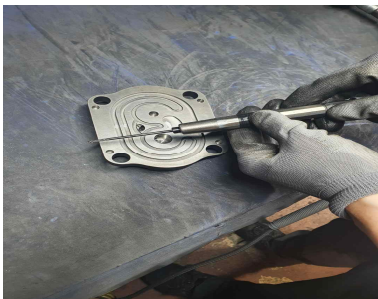
②면삭



③연마



④MCT



⑤사상



⑥세척

< 리어 커버 가공 공정 >





①소재



②롤링



③면취



④간극



⑤연마



⑥세척

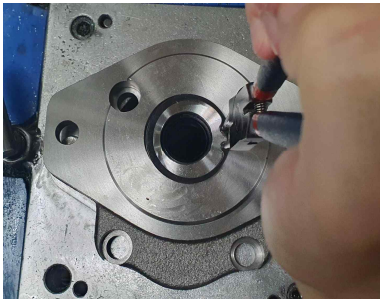
< 드라이 베어링 가공 공정 >



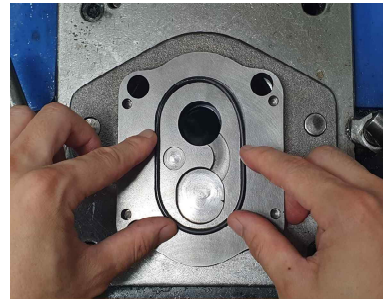
①드라이베어링+부쉬 블록 조립



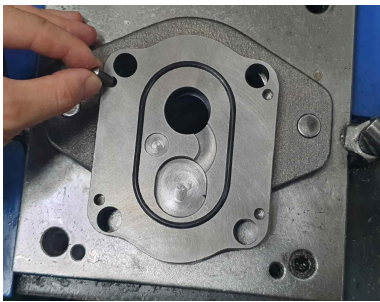
②Front Cover+Lip Seal 조립



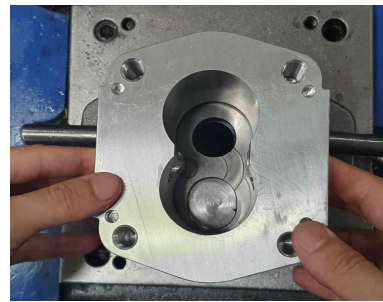
③Snap ring조립



④Seal 조립



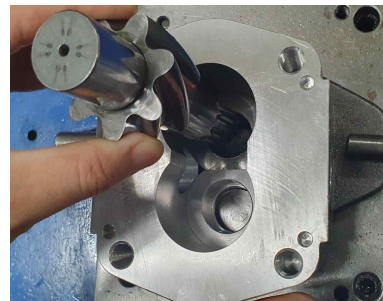
⑤Dowel-pin 조립



⑥Body 조립

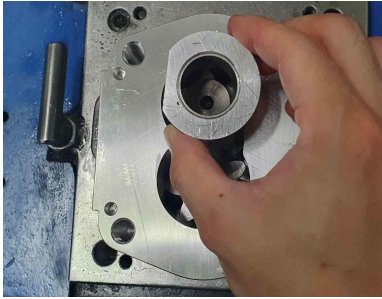
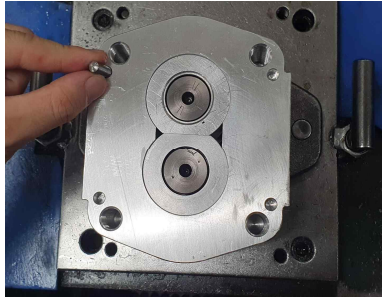
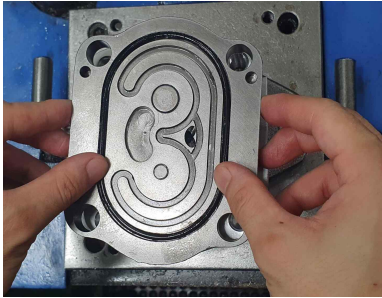
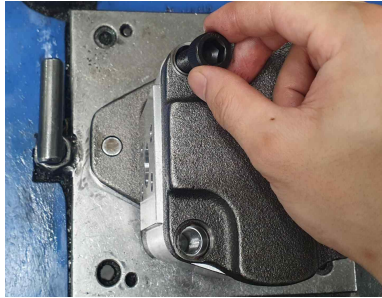



⑦부쉬 블록 조립



⑧Gear 조립

< 조립 공정 표준화 >

	
<p>⑨부쉬 블록 조립</p>	<p>⑩Dowel-pin 조립</p>
	
<p>⑪Rear Cover+Seal+Piston 조립</p>	<p>⑫Bolt 조립</p>
	
<p>⑬ 육안 검사</p>	

< 조립 공정 표준화 >

- 사업화 및 생산을 위해 다음 사항들을 준수함
  - iso it 공차를 적용
  - key part 드라이브기어와 드리븐기어축간거리는 5micron 이하 현압 맞춤
  - 기어의 표면조도는 0.2Ra, 저널부는 0.1Ra로 한다.
  - 기어의 정밀도는 KS B ISO 1328 3급 이하 수준으로 한다
  - key part 기어와 기어하우징 조립 공차는 10micron 이하 현압 맞춤
  - Cover와 추력상쇄 piston의 슬라이딩 공차는 8~10micron 으로 한다

## 2-2. 협동기관(건설기계부품연구원)

### 1) 기어펌프 주요 부품의 구조 강건성 분석

#### ○ 기어펌프 주요부품의 구조 강건성 분석

- 기어펌프 핵심 구성품 중 하나인 헬리컬 기어에 대해 구조 강도 평가를 진행함.
- 해석 기법은 정적 선형 해석으로 시간의 변화에 따라 하중의 변화가 크지 않는 조건에서 보수적으로 가정하여 대상 구조물이 외력을 받았을 시 발생하는 응력이나 변형을 평가하는 방법을 본 구조 해석에 사용함
- 가장 일반적이고 신속하게 구조 강건성을 평가할 때 사용하는 기법으로 구조 강도 평가 관점에서 헬리컬 기어는 작동 조건에 따라 재질이나 거동에 대한 비선형성이 매우 적기 때문에 하기의 implicit code를 사용함

#### < 구조 강도 해석 방법 >

	특 징
1	Large deformation and geometric non-linearities
2	Complex contact condition
3	Complex material behavior including material damage and failure
4	Nonlinear structural response

- 구조 해석의 경계조건으로 작용하는 외력을 본 해석에서는 다 물체 동역학 해석을 통해 계산하였음.
- 단품 레벨 해석에서 확인하기 어려운 시스템 레벨 영역의 결과들을 분석할 수 있는 장점이 있으며 대 변위를 갖는 운동하에서 조인트에 의해 연결된 부품의 거동, 즉 시간 변화에 따른 각 부품의 위치, 속도, 가속도, 조인트의 반력 등의 결과를 도출이 가능하기에 본 해석에서 동역학 모델링을 수행함

$$F = M\ddot{q} + \Phi_q^T \lambda - Q$$

$$\Phi = 0$$

여기서

$F$  = 운동방정식

$\Phi$  = 구속조건식

$M$  = 강체의 질량과 질량 관성 모멘트로 구성되어지는 행렬

$q$  = 일반좌표

$\lambda$  = 라그랑지 승수

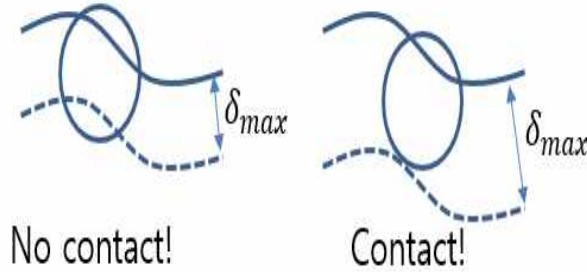
$Q$  = 힘

< 다물체 동역학 해석에 적용된 운동 방정식 >

- 주요 외력을 도출하기 위해 헬리컬 기어의 평균 회전 속도인 2,200rev/min을 고려하여 기어가 작동 조건하에 기어 면끼리 닿을 때의 접촉력을 산출하였으며 접촉력 도출 이론은 아래와 같음

$$\checkmark f = K\delta^n + c(\delta)\delta'$$

- $K$ =접촉강성계수
- $n$ =접촉력 지수
- $c(\delta)$ =접촉댐핑계수
- $\delta'$ =침투속도
- $\delta$ =침투량

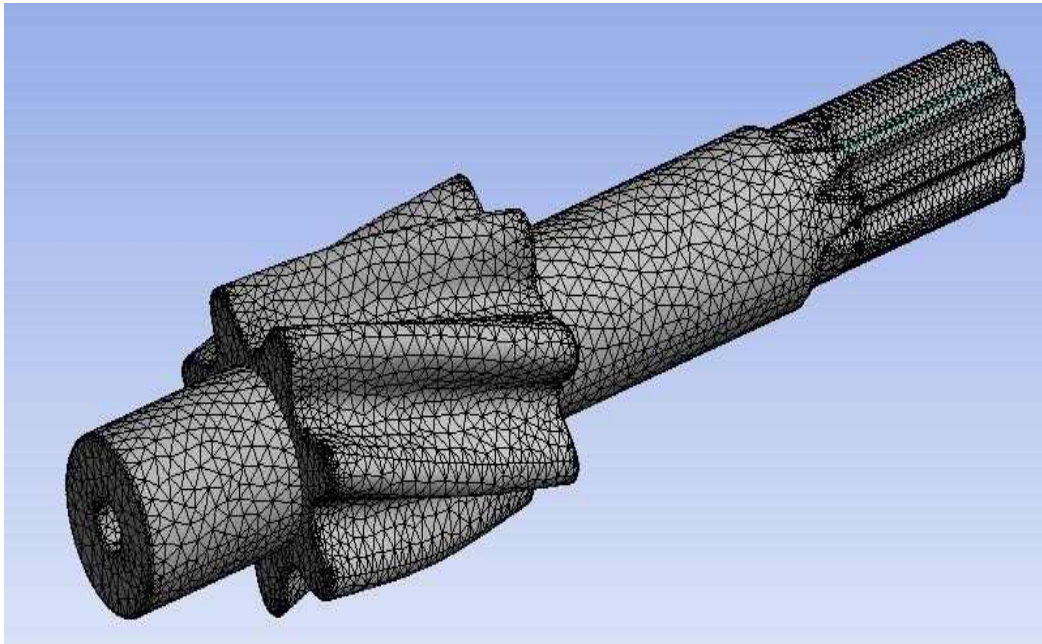


< 접촉 이론 >

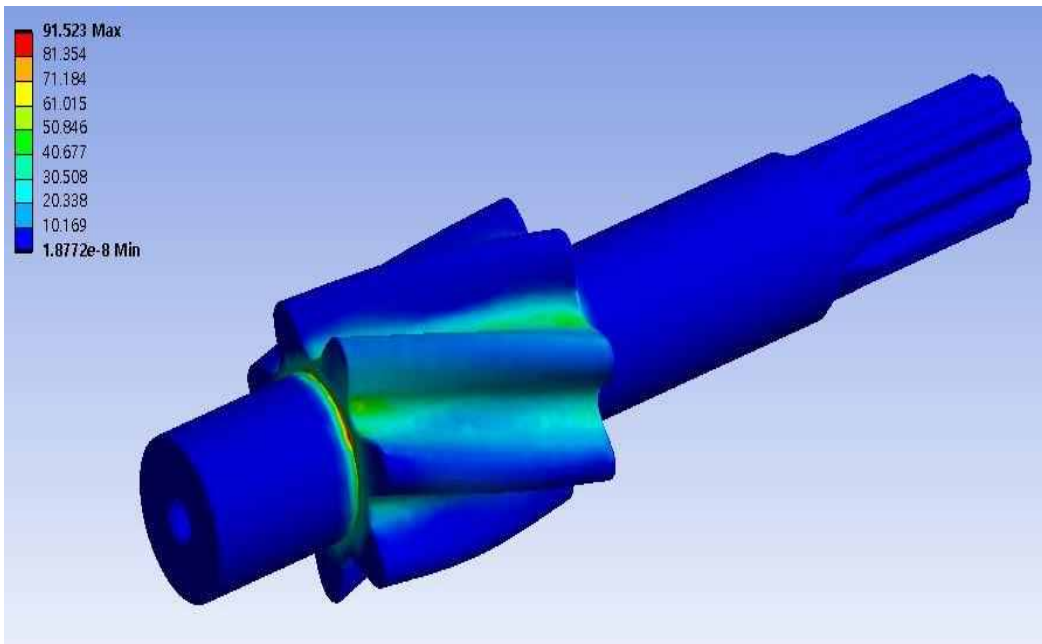
- 동역학 시스템 모델에서 계산된 최대 접촉력은 4,000N으로 계산됨
- 유한요소해석 기반의 헬리컬 기어 구조 강도 해석 수행해본 바 헬리컬 기어 이 뿌리 부근에서 평균적으로 40MPa 정도 발생하였으며 국부적으로 최대 응력은 125MPa으로 계산되었음
- 구조 해석을 통한 구조 안전성 분석 시 평가 기준을 정립하는 것이 매우 중요한데 일반적으로 구조 안전성 판단 시 주요 사용하는 것이 구조 안전율(Safety factor)인데 구조물의 안전율을 산출하는 방식은 여러 가지가 존재하는 데 일반적으로 재질의 강도와 해석으로부터 도출된 응력 값의 비를 이용함
- 재질의 항복 강도와 비교해본 바 안전율은 9.01 으로 매우 안전하게 설계된 것으로 판단함

<표> 안전 여유 (Margin of safety)

안전여유 값	물리적 의미
0	설계 하중에서 추가 하중이 발생하면 파손
+	설계 하중에서 추가 하중 어느 정도 증가한 이후에 파손
-	설계 하중에서 파손



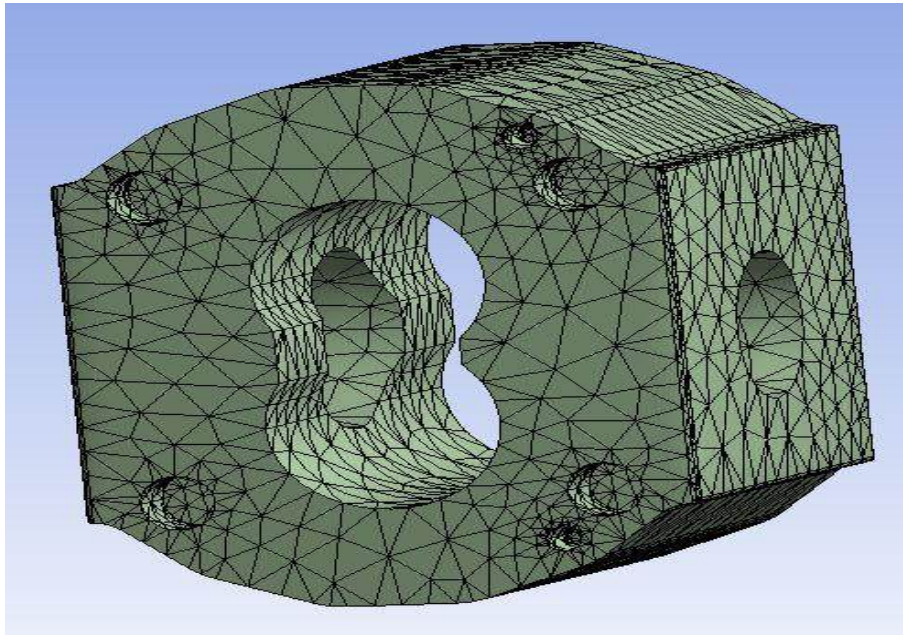
(a) 헬리컬 기어 유한요소 모델



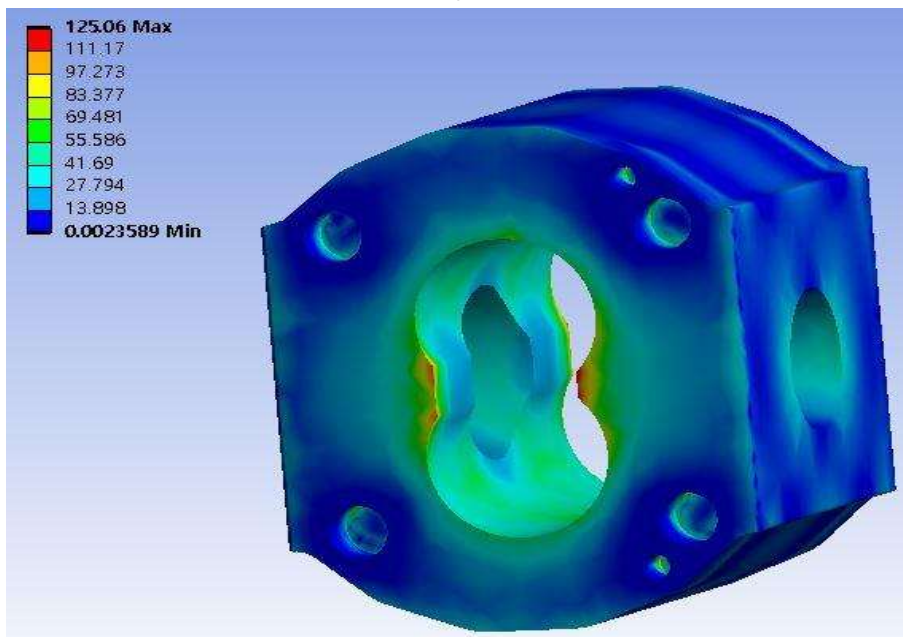
(b) 헬리컬 기어 주요 부 응력 분포

< 헬리컬 기어 구조 해석 결과 >

- 추가적으로 헬리컬 기어펌프의 최대 내부 압력 270bar를 외력으로 하우징 구조 강도 해석 수행 결과, 최대 응력은 125.6MPa으로 발생하였고 안전율은 2.07으로 계산되어 구조적으로 안전하다고 판단됨 (다이캐스팅용 알루미늄 합금 항복강도 260MPa 근방 기준)



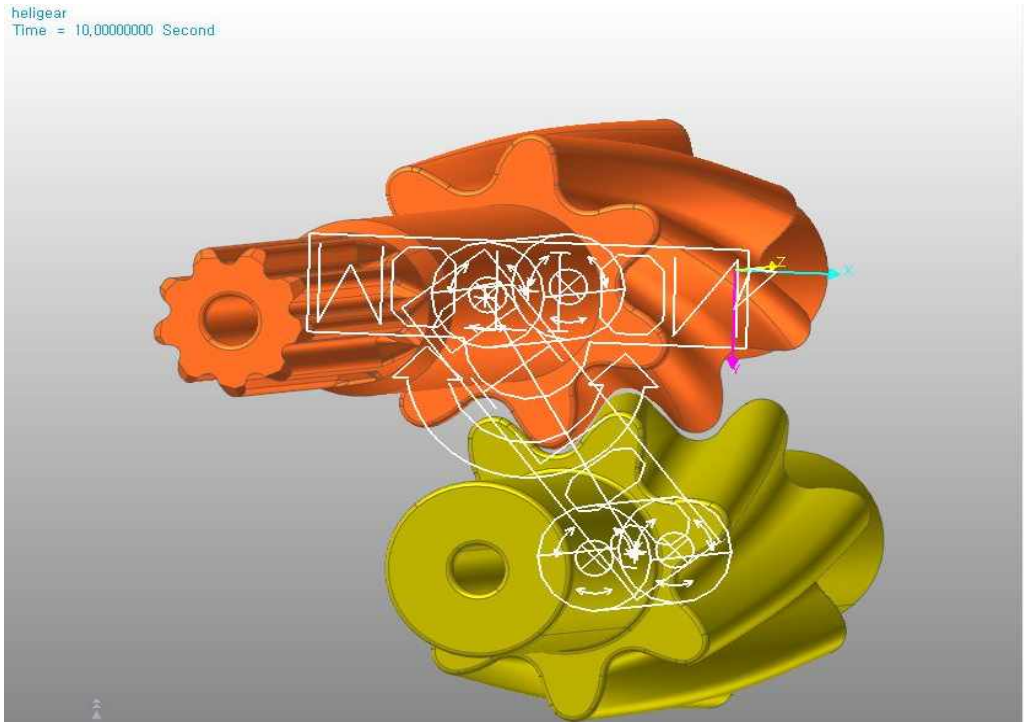
(a) 하우징 유한요소 모델



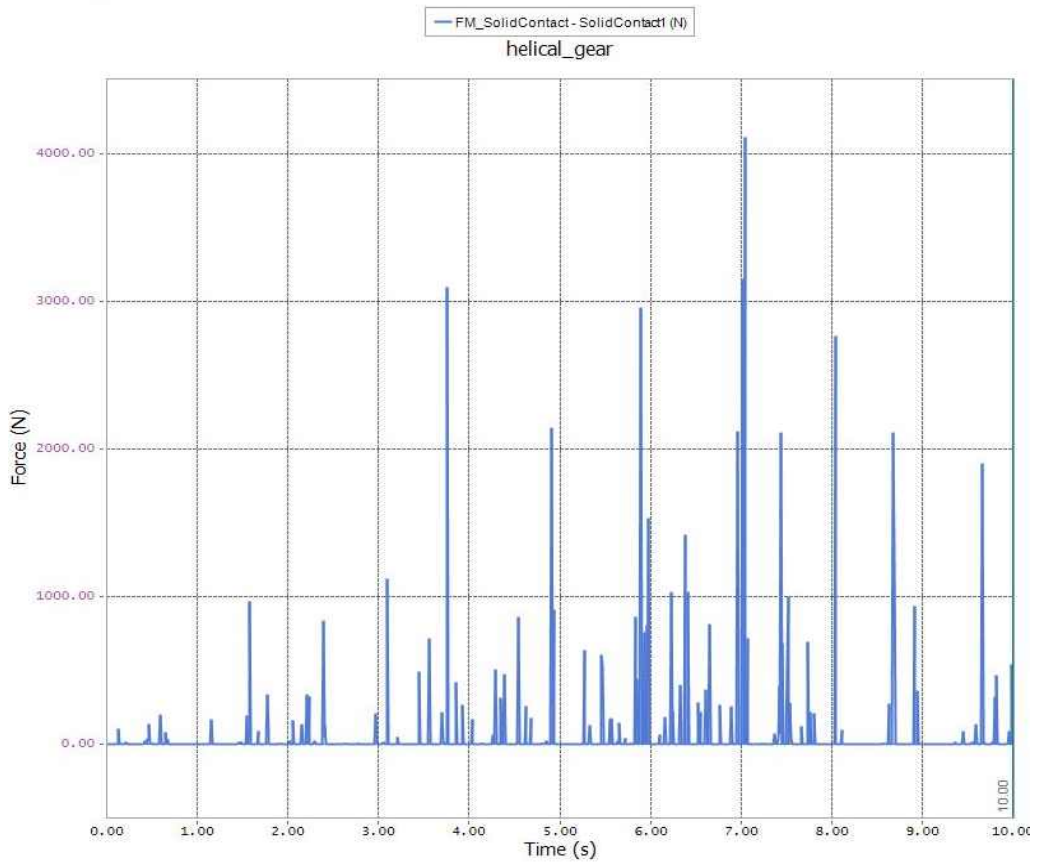
(b) 하우징 주요 부 응력 분포

< 하우징 구조 해석 결과 >

- 헬리컬 기어의 피로수명 평가를 위해 구동 기어의 작동 조건(평균 회전속도, 최대회전 속도)을 활용하여 주요 하중 이력 값과 재료 피로 특성을 기반으로 피로 수명을 분석해보았음
- 평균 회전속도 2,200rev/min, 최대 회전속도 3,000rev/min을 동역학 해석 조건으로 활용하여 헬리컬 기어에 작용하는 접촉력 이력을 도출함



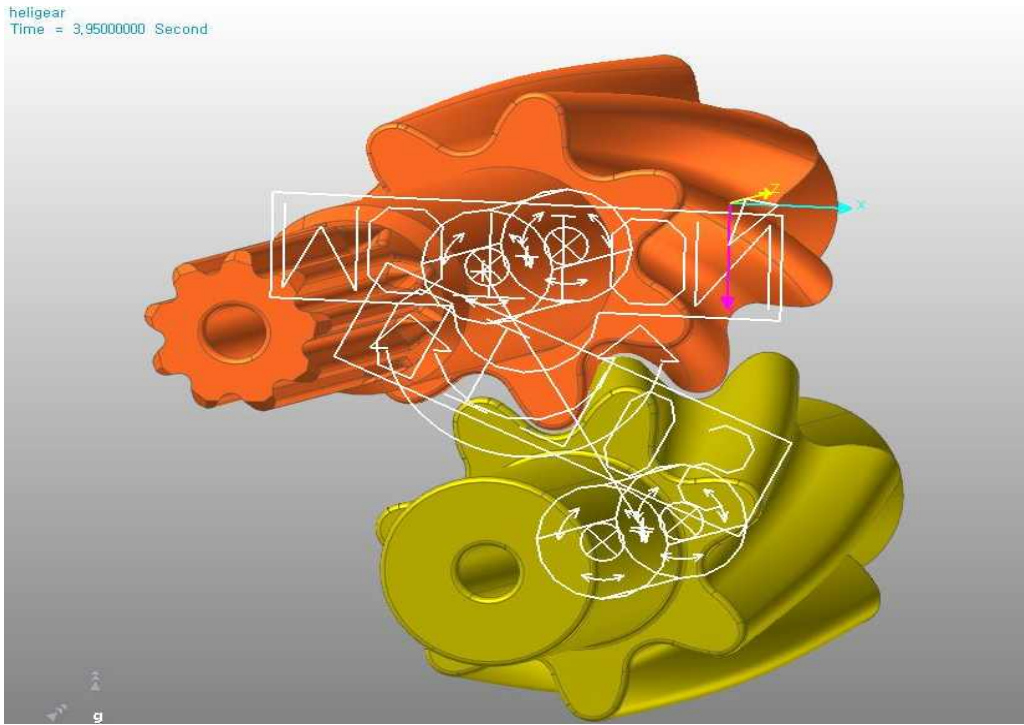
(a) 2,200rev/min 속도 일 때 기어 모델링



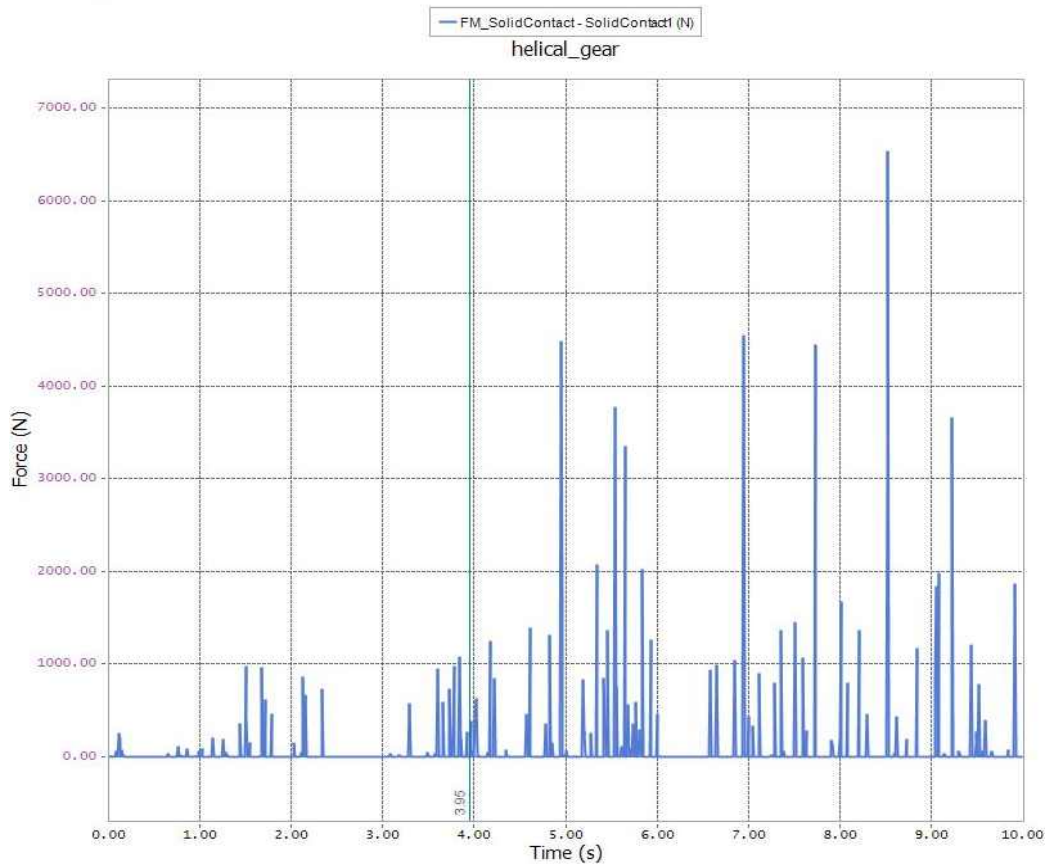
(b) 2,200ev/min 속도 일 때 기어 접촉력 시간 이력

< 헬리컬 기어 동역학 해석 결과 >





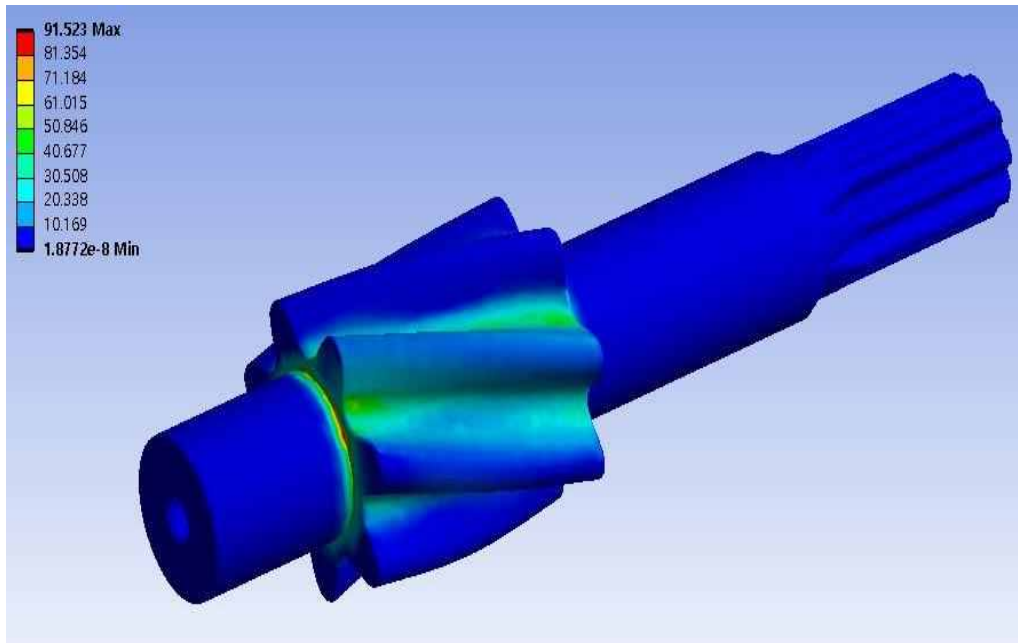
(a) 3,000rev/min 속도 일 때 기어 모델링



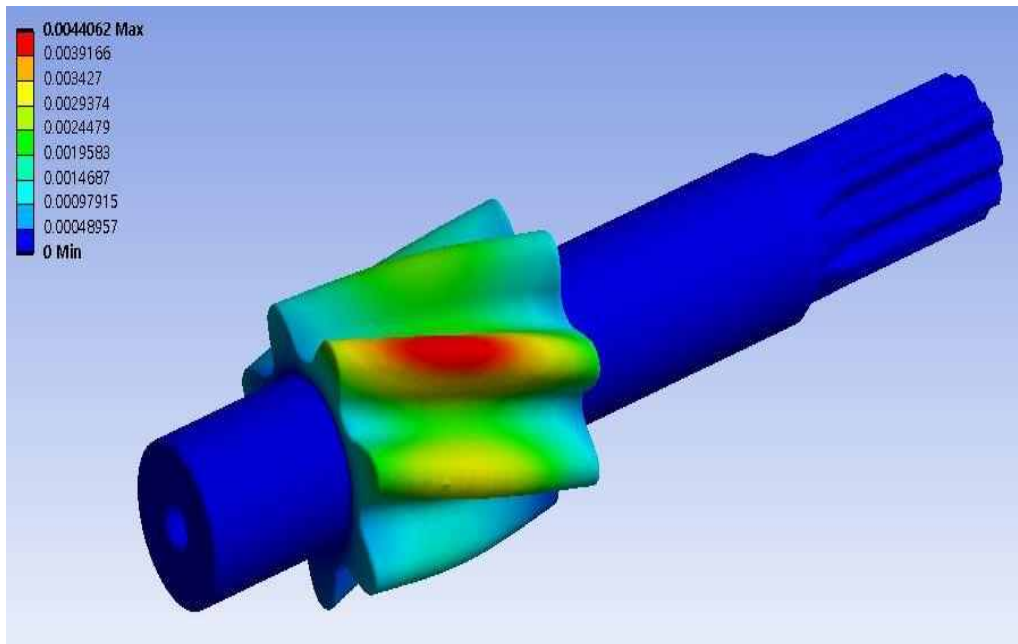
(b) 3,000ev/min 속도 일 때 기어 접촉력 시간 이력

< 헬리컬 기어 동역학 해석 결과 >

- 상기 해석에서 도출된 외력 값으로 구조해석을 진행하여 기어의 주요 회전속도 조건(작동 조건)에서 응력 변동 값을 계산한 결과 평균 응력은 91MPa 이고 최대 응력은 148MPa 으로 계산됨.

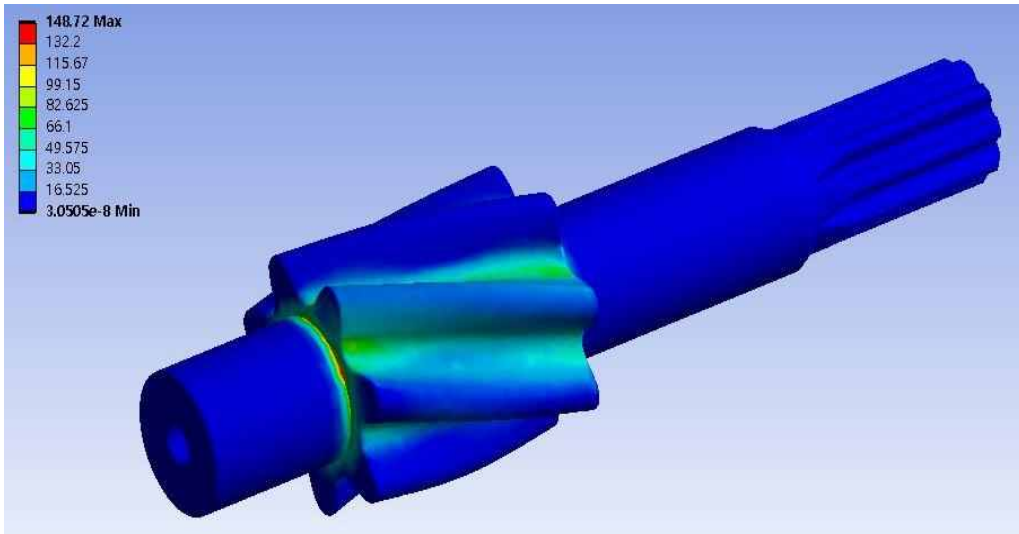


(a) 2,200rev/min 속도 시 발생한 접촉력을 적용(응력)

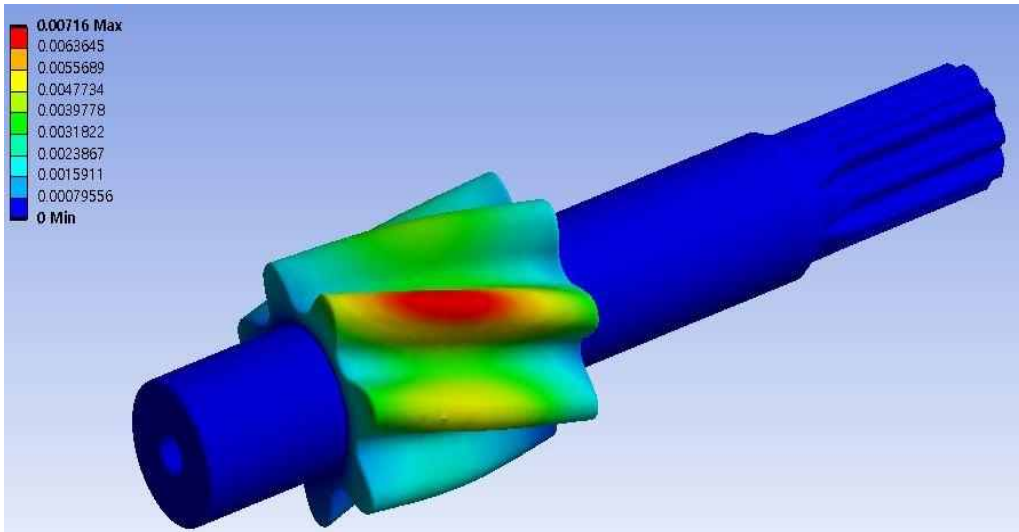


(b) 2,200rev/min 속도 시 발생한 접촉력을 적용(변형량)

< 헬리컬 기어 구조 해석 결과(응력 및 변형량) >



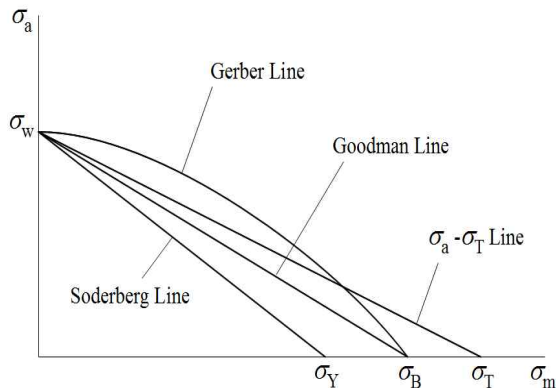
(a) 3,000rev/min 속도 시 발생한 접촉력을 적용(응력)



(b) 3,000rev/min 속도 시 발생한 접촉력을 적용(변형량)

< 헬리컬 기어 구조 해석 결과(응력 및 변형량) >

- SCM415 재료의 대표적 인장강도인 825MPa 값으로 피로 한도를 추정함( $S_e=0.5 \cdot S_u$ )
- 유한요소해석 결과 값들을 활용하여 Good Man 무한 수명 선도식으로 계산된 피로한도 값은 146.2MPa 으로, (안전율  $n=2$  기준) 해석 대상 기어 재료의 피로한도 값 412.5MPa 보다 작게 계산되어 무한 수명을 가진다고 판단할 수 있음



$$\frac{\sigma_m}{\sigma_b} + \frac{\sigma_a}{\sigma_w} = \frac{1}{n}, \text{ Goodman Line}$$

< 굿맨 피로 방정식 >

## 2) 기어 펌프의 내구시험을 위한 가속시험법 개발

### ① Field 부하 계측 기반 가속시험법 개발

- 가속시험법 개발을 위한 필드 부하 측정 및 분석 절차
  - 노지 및 포장 노면 등과 토사 상하차, 곡물 상하차 등 다양한 작동 조건에서 활용되며 부하를 받는 트랙터용 기어펌프의 좀 더 정확한 가속 시험 수행을 위하여 아래의 절차에 따라 부하 계측 및 가속 시험조건을 도출함.

Step 1 : 측정 대상품 선정

Step 2 : 작업모드 및 사용률(Usage rate) 결정

Step 3 : 측정 물리량 선정(측정 센서 및 측정 장비 선정)

Step 4 : 실차 사용 조건의 부하 데이터 계측

Step 5 : 실차 측정 부하 데이터 분석

Step 5-1 : 시험 모드별 측정 부하 데이터 분석

Step 5-2 : 시험 모드별 등가 부하(Equivalent Load) 도출








※ P : 피로압력, n : 가속지수, AF : 가속계수

### < 실차 데이터 측정 및 분석 방법 >

○ 트랙터 사용 조건을 고려한 기어펌프 부하 계측 표준 작업모드 도출

- 트랙터용 기어펌프는 주로 전방 작업기인 로더의 동작, 차량의 선회 시 조향 실린더에 동력 공급, 후단 작업기(쟁기, 로터리 등)의 상하 이동용 실린더의 동력 공급 시 부하가 발생함.
- 또한, 트랙터는 작업 부하에 따라 엔진부하가 가변되는 방식이 아닌, 사용자에 의하여 엔진 회전속도가 조절되는 특성에 따라, 엔진 부하에 의한 기어펌프의 부하가 다를 것으로 예상되어 농기계 제조사 및 실제 작업 현장 등을 조사하여 5가지의 대표 작업 모드와 작업 비율을 아래의 표와 같이 분류함.

< 기어펌프 부하 계측을 위한 트랙터의 표준작업 모드 및 작업비율 >

작업 모드	작업명	작업 설명	작업 사진	작업 비율(%)
1	로더 작업 (저부하)	엔진 RPM은 1,500으로 설정, 로더를 활용한 흙 또는 골재를 버킷 최대 굴삭 후 상차 및 하차를 수행 하는 작업모드		3
2	로더 작업 (중부하)	엔진 RPM은 2,000으로 설정, 로더를 활용한 흙 또는 골재를 버킷 최대 굴삭 후 상차 및 하차를 수행 하는 작업모드		2
3	로더 작업 (고부하)	엔진 RPM을 2,800으로 설정, 로더를 활용한 흙 또는 골재를 버킷 최대 굴삭 후 상차 및 하차를 수행 하는 작업모드		72
4	후단 작업기 동작	엔진 RPM은 2,800으로 설정 쟁기 또는 로터리 등 후단 작업기 동작을 위한 실린더를 조작하는 작업모드		13
5	주행	엔진 RPM은 2,800으로 설정, 차량 이동을 위해 직선 및 선회 주행을 실시하는 작업모드		10

○ 실사용 조건 실차 부하 측정 시험 수행

- 트랙터에는 메인펌프 조향용 펌프 각 1대씩 총 2대가 장착되었으나, 작업 모드 및 사용률을 고려하여 메인펌프의 Output Port에 유량 및 압력 센서를 설치하여 앞서 설정한 표준 작업 모드에서의 부하를 측정함.
- 헬리컬 기어펌프는 개발 일정 상, 실 장착이 어려워 기존 스퍼기어 방식의 메인펌프가 받는 부하량을 측정하였음.
- 또한, 원내 보유 장비의 후단 작업기 부재로 실제 작업 현장 협조를 통해 후단 작업기 실린더 동작 시 발생하는 압력 데이터를 확보함.

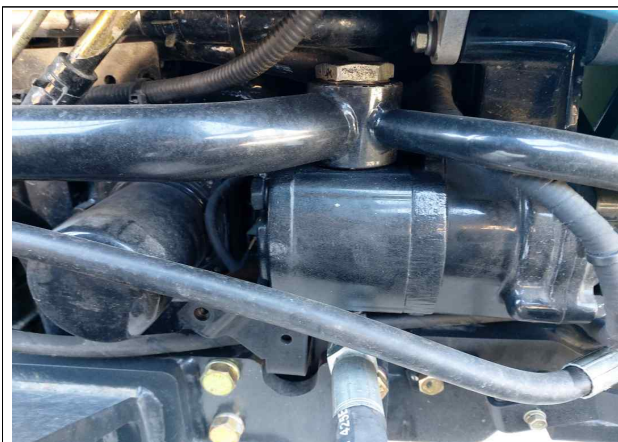


L社 트랙터 및 로더



K社 트랙터 및 로터리쟁기

< 실차 부하 측정 차량 >



로더 작업 세팅(L社 장비)



후단 작업기 세팅(K社 장비)

< 실차 부하 측정 센서 설치 위치 >

- 트랙터용 기어펌프의 부하 계측은 Field 환경을 재현/구성한 건설기계부품연구원 실차 시험장과 실제 작업장인 논 농사 부지에서 부하를 측정함.



< 실차 부하 측정 장소 >

- 표준 작업모드와 실제 사용 조건 부하 측정 결과 전방 작업기인 로더 작업 시 최대 189.7 bar, 36.3 l/min의 부하가 발생하였으며, 후방 작업기인 로터리쟁기 작업 시 최대 177.3 bar의 부하가 발생함을 확인하였음.

< 실차 부하 측정 결과 >

구 분		측정 결과			비고
작업모드	물리량	Max	Mean	Min	
로더작업 (저부하)	압력(bar)	175.3	51.1	14.4	3회 실시
	유량(l/min)	20.6	17.6	13.4	
로더작업 (중부하)	압력(bar)	179.3	60.5	15.1	3회 실시
	유량(l/min)	26.3	24.1	18.5	
로더작업 (고부하)	압력(bar)	189.7	73.3	16.1	3회 실시
	유량(l/min)	36.3	31.8	24.2	
후단 작업기 동작	압력(bar)	177.3	24.8	12.6	압력만 측정
주행	압력(bar)	130.8	17.4	12.4	직선, 선회 주행
	유량(l/min)	33.6	27.1	8.3	

< 실차 부하 측정 시험 결과 그래프 >

Mode	시험 그래프	
	압력	유량
로더작업 (저부하)		
로더작업 (중부하)		
로더작업 (고부하)		
후단 작업기 동작		<p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">(미계측)</p>
주행		



시험 수행 사진



< 로더 작업 주행 >



< 후단 작업기 동작 >



엔진 RPM  
(저부하)



엔진 RPM  
(중부하)

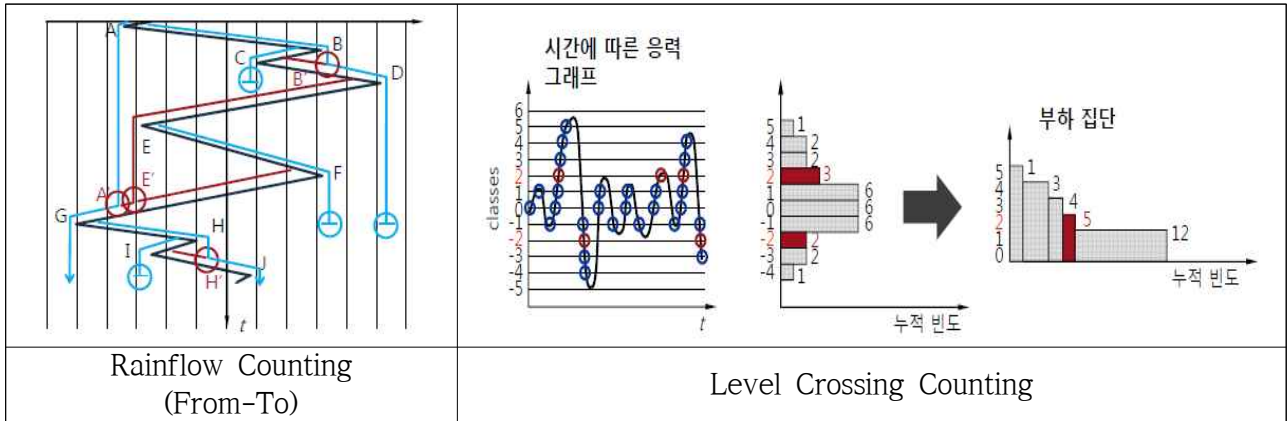


엔진 RPM  
(고부하)

< 기어펌프 실차 부하 계측 시험 사진 >

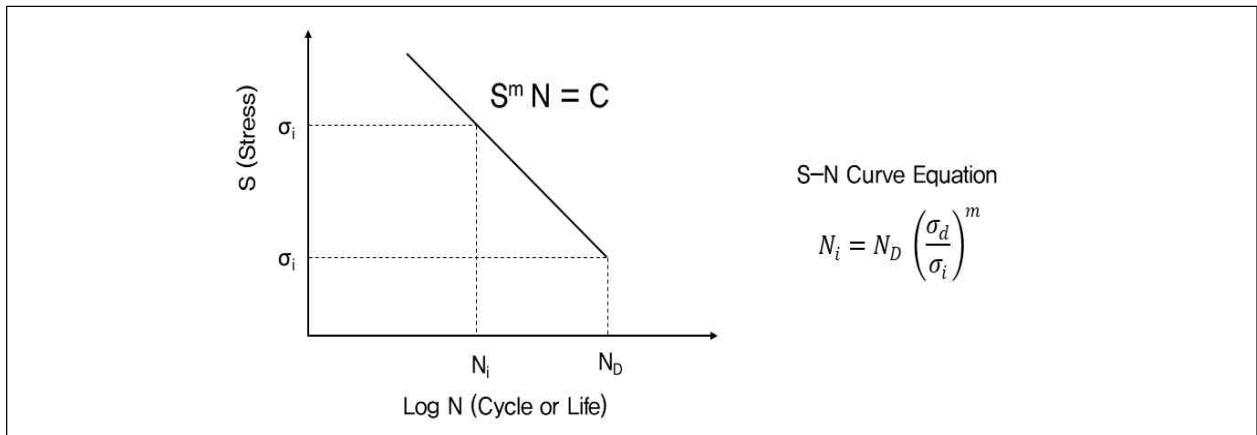
○ 실차 데이터 분석 기반 등가 부하 산출

- 실차 시험을 통해 측정한 데이터 중 토크 측정 데이터를 이용하여 작업모드 별 데미지 분석을 수행
- 실차 부하데이터 작업모드 별 등가 부하 분석 방법은 아래의 방법을 이용하여 분석하였음.
- 부하 이력 분석 : Rainflow Counting과 Level Crossing Counting 기법을 이용하여 분석함.



< Counting Method >

- 기어펌프의 내구수명 및 데미지 추정 방법 : S-N Curve 활용(m = 4.69)



< S-N Curve >

- 등가 부하 계산식(Equivalent Load ;  $S_{eq}$ )

$$S^m N = C \quad (C = \text{Constant})$$

$$S_{eq} = \left( \frac{\sum S_i^m N_i}{\sum N_i} \right)^{1/m}$$

여기에서  $S_i$  : 각각의 측정 부하(Load ; 압력 데이터)

$N_i$  : 각 부하에서의 사이클 또는 수명

$m$ : S-N Curve 기울기 또는 가속모델 지수

< 실차 부하 분석 결과 그래프 >

Mode	부하 이력 그래프	
	Rainflow Counting	Level crossing Counting
로더작업 (저부하)		
로더작업 (중부하)		
로더작업 (고부하)		
후단 작업기 동작		
주행		

- 작업 모드별 필드 부하 분석 결과, 각 작업 모드 별 증가되는 부하 압력과 작업률에 준하여 통합된 증가 부하 압력 조건인 127.9 bar를 도출함.
- Field 부하 사이클은 1 시간당 해당 작업을 반복했다는 가정 하에 산술적인 데미지로 환산하여 증가 데미지 및 부하를 산출함.

**< 실차 부하 측정 데이터 분석 결과 >**

시험 모드	Usage rate (%)	1 시간 당 부하 발생빈도 (Cycles)	모드별 Total Damage ( $D_T = \sum S_i^m N_i$ )	모드별 증가 부하 ( $S_{eq}$ , bar)
1 로더작업 (저부하)	3	3.9E+04	1.27E+14	106.5
2 로더작업 (중부하)	2	3.8E+04	1.98E+14	117.7
3 로더작업 (고부하)	72	5.0E+04	4.59E+14	133.1
4 후단 작업기 동작	13	6.3E+04	2.71E+14	113.2
5 주행	10	3.0E+04	3.21E+12	51.6
<b>실차 테스트 모드 통합</b>	<b>100</b>	<b>4.9E+04</b>	<b>3.7E+14</b>	<b>127.9</b>

※ 증가 부하 계산식

$$S_{eq} = \left( \frac{\sum S_i^m N_i}{\sum N_i} \right)^{(1/m)}$$

## ② 헬리컬기어펌프 고장분석

○ 기어 펌프의 고장 모드 도출

- 고장모드 및 메커니즘 분석(Failure Modes and Mechanisms Analysis)결과 구동, 종동 기어의 파손이 주요 고장모드로 분석됨.

< 헬리컬기어펌프 고장모드 분석 >


주요 구성품 (primary components)	기능 (function)	고장 모드 (failure modes)	고장 메커니즘 (failure mechanisms)	고장 원인 (failure causes)	고장 영향 (failure effects)		
					고장 발생 빈도	고장 심각도	치명도
케이스 및 구동축 커버	구동기어와 종동기어가 원활한 회전운동을 할 수 있는 공간으로 이를 통해 오일의 흡입과 토출을 수행한다.	기어의 회전에 따른 온도상승/고착	이물질 유입 또는 기어와의 윤활부족, 하우징 재질 열화	회전 불능, 유량 발생 불가, 모터 부하 증가	중	상	7
		누설/기어와 하우징 사이의 마멸에 의한 옆 간극 증대	이물질 유입 또는 기어 측면 윤활부족, 하우징 재질 열화	구동누설 유량저감	중	중	5
		회전토크증가/고착	기어의 높이불량, 이물 유입 또는 윤활 부족 하우징커버의 마찰력 증가	회전불능	중	중	5
		누설/하우징 커버마멸	커버 재질 열화	누설유량저감	중	중	5
구동기어	구동축과 연결되어 있으며 종동기어를 회전시켜 체적의 변화를 형성하는 역할을 한다.	압력, 유량저감	포트 내에 이물질 유입, 구동기어 재질의 열화에 의한 굽힘과 마멸에 의한 누설. 옆 간극으로 누설량 증가	누설	상	중	7
		기어면 설계 곡선불량	기어면의 설계 불량	구동기어 면의 접촉력 증대	상	중	9
		회전토크증가/기어 표면 굽힘, 소착	기어치수불량 → 윤활불량 이물질유입 재질 열화에 의한 소착, 마멸	오일 온도 상승에 의한 오일 열화	상	상	9
		실 접촉부 마멸	표면조도불량, 윤활 부족, 재료표면 경도불량	외부누설	상	중	7
		진동, 소음	축 조립 동심도 불량, 축 진직도 불량	부품 마모가속	중	하	3
종동기어	구동기어와 접촉하고 반대 방향으로 회전하면서 기어와 기어 사이에서 발생하는 체적의 변화를 가져오게 한다.	누설/구동기어와 피동기어사이에서 마멸발생.	기어 치수불량 → 윤활불량, 이물질유입, 재질 열화에 의한 소착, 마멸	구동누설 증대로 압력 및 유량 저감	중	중	5
		누설/기어와 하우징 및 하우징 커버 사이에서 마멸 발생	기어 치수불량 → 윤활불량, 이물질유입, 재질 열화에 의한 소착, 마멸	구동누설 증대로 압력 및 유량 저감	상	상	9
		회전토크 증가/기어 표면 파손, 소착	기어 치수불량 → 윤활불량, 이물질유입, 재질 열화에 의한 소착, 마멸	회전 불량 → 온도증가 및 응답특성 저하	상	상	9
축실링	축의 외경을 통해 외부로 누설되는 것을 방지한다.	축 실의 마멸	고무재질의 열화, 축의 표면조도불량, 윤활 부족	외부누설	상	중	7
베어링	축의 외력 및 압력에 의한 반경방향 부하와 원활한 회전이 되도록 하는 역할	오염 및 파손	이물질유입, 발열에 의한 열화 가속	오염 및 파손	중	중	5

### ③ 가속시험법 개발

#### ○ 가속 시험 설계

- 기어펌프의 정량적 목표인 신뢰수준 80%에서  $B_5$  수명 2,000시간을 보증하기 위한 내구 cycle 및 시험시간 산출을 목적으로 함
- 가속 수명시험시간 산출을 위한 정보는 수요기업인 완성차 제조사 L社와 협의 하에 표준모드 작업에 따른 실제측 등가 부하값과 기존 검증된 신뢰성평가기준(RS B 0063 「농기계용 기어펌프」)을 참조함
- ※ 신뢰성평가기준 “농기계용 기어펌프(RS B 0063)”의 적용범위 및 고장매커니즘이 동일하여 무고장시험시간 및 가속계수를 산출을 위한 수명분포(형상모수), 부하 작동압력 가속을 위한 지수값을 인용하여 적용

RS B 0063



**농기계용 기어펌프**

RS B 0063 : 2008

신뢰성전문위원회 심의  
2008년 4월 25일 개정  
지식경제부 기술표준원 발행

신뢰성평가기준      RS

**농기계용 기어펌프**      B 0063

Gear pumps for agricultural machinery

서론 규격을 적용하는데 있어서는 그 규격 안에 인용하고 있는 규격도 동시에 참조하여야 하며, 같은 종류의 규격이라면 규격 사이에 비교 검토가 필요한 경우도 많다. 이러한 기준들의 시험 특성을 이해함으로써 농기계용 기어펌프의 신뢰성을 높이기 위해 RS B 0063이 제정되었다.

1. 적용 범위 이 기준은 산업기계인 농기계에서 추진과 하중 감속 및 주요한 작동을 가능하게 하는 농기계용 기어펌프(이하 펌프라 한다.)의 성능 및 신뢰성 인증 시험방법에 대하여 규정한다. 본 기준에서 적용될 수 있는 시험 대상품의 범위는 표 1에 따른다.

항 목	범 위
형 식	정용량형
운용 환경	실외 사용(-33~50) C]
최대 압력	30 MPa 이하
최대 회전 속도	3 000 r/min 이하
배제 용적	(4~30) mL/r

RS B 0063 : 2008

4.4 수명 시험 농기계용 기어펌프의 수명분포는 분포조사에 의하면 형상모수( $\beta$ )가 3.0인 와이블 분포를 따른다. 농기계의 연간 평균 작업일은 46.2일(농업공학 연구소 조사자료)이다. 일일 8시간 작업기준으로 연간 369.6시간 작동하는 것으로 계산하여 5년 등가수명을 1 900시간으로 정하였다.

a) 무고장 시험 시간 산출 신뢰성 평가 기준에서 규정된 농기계용 기어펌프의 수명 1 900시간 ( $B_{10}$  수명)을 보장하기 위한, 무고장 할력 기준을 만족하는 시험 시간의 계산은 다음에 따른다.

- 수명 분포 : 형상모수( $\beta$ )가 3.0인 와이블(Weibull) 분포
- 보증 수명 :  $B_{10}$  수명 1 900시간
- 신뢰 수준 : 80 %

### <신뢰성평가기준-RS B 0063 「농기계용 기어펌프」 발췌>

#### 가. 무고장 수명 시험 시간 산출

- (수명분포) 기어펌프의 수명분포는 와이블 분포를 따르고, 주요 모수인 형상모수( $\beta$ )은 주 고장모드인 마모의 대표적인 값인 3.0을 적용함.
- ※참고문헌 : Heinz P. Bloch, Fred K. Geitner “Machinery Failure Analysis and Troubleshooting”, Gulf Publishing Company, 1997, Page 490~493
- (신뢰 수준) 건설기계 부품 수요기업 및 산업계에서 가장 많이 적용하고 있는 80 %를 적용함.
- (시료 수) 수명시험 시료는 성능을 만족한 샘플 중 무작위로 선정하여 2대를 선정하여 수명시험을 수행함.
- (무고장 시험시간 계산) 시험시간 동안 고장이 발생하지 않으면 합격하는 무고장 시험 시간 계산 방식 적용

$$t_n = B_{100p} \cdot \left[ \frac{\ln(1-CL)}{n \cdot \ln(1-p)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$= 2000 \cdot \left[ \frac{\ln(1-0.8)}{2 \cdot \ln(1-0.05)} \right]^{\frac{1}{3.0}} = 5006.77 \text{ 시간}$$

여기서,  $t_n$ : 무고장 시험 시간,  $B_{100p}$ : 보증 수명,  $CL$ : 신뢰수준(confidence level)  
 $n$ : 시험중인 전체아이템의 개수,  $p$ : 불신뢰도( $B_5$ 수명이면  $p=0.05$ )  
 $\beta$ : 형상 모수

#### 나. 가속 수명 시험

- 가속 수명시험을 위한 가속인자는 압력으로 선정하고, 주 고장 모드가 부하는 기어의 마모이므로 압력에 의한 가속 지수는 4.69로 설정한다.
- 사용 조건의 압력은 앞서 산출한 Field 등가 압력 12.8 MPa로 설정하였으며, , 가속시험 조건 압력은 정격 조건의 약 120%인 22.0 MPa의 압력 조건으로 시험을 수행함.
- (가속계수) 기어펌프의 가속모델은 역승 모델(Inverse Power Law Model) 적용

$$AF = \left( \frac{P_{test}}{P_{field}} \right)^m = \left( \frac{22.0 \text{ MPa}}{12.79 \text{ MPa}} \right)^{4.69} = 12.7$$

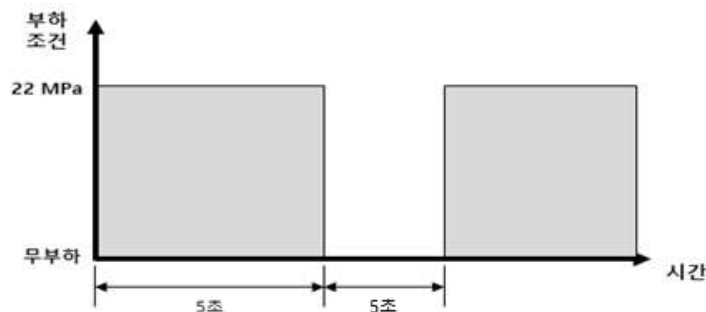
여기서,  $AF$ : 가속 계수,  $P_{test}$ : 사용 환경 등가 압력

$P_{field}$ : 실차 가속수명시험 조건 등가 압력,  $m$ : 가속모델 지수( $m= 4.69$ )

$$t_{na} = \frac{5006.77}{12.7} = 394 \approx 400 \text{ 시간}$$

#### 다. Bench Test 적용 시험 Code 개발

- 앞서 분석한 것과 같이, 기어펌프는 치형의 파손, 마모에 의한 고장이 주 고장모드 이므로, 압력에 의한 가속을 충격 조건 가속으로 설정함.
- 등가 데미지 계산식에 따라 계산 시 연속 부하가 데미지 관점에서 기어 축 및 치형 파손 및 마모에 영향이 더 클 것으로 예상되나, NSWC 등의 참고문헌을 활용하면 연속 구동 시 기어의 윤활이 형성되어 마모 및 파손이 이루어지지 못함에 따라 충격 조건을 최종 가속 조건으로 설정하여 내구시험을 수행함.



< 헬리컬기어펌프 벤치 시험코드 >

### 3) 기어펌프 성능, 내환경 및 내구시험

#### ① 시험평가 방법 정립

##### ○ 헬리컬 기어펌프 시험평가 방법 정립

- 헬리컬 방식의 기어펌프에 대해 KS, ISO, RS 등 국내외 시험 규격을 조사하여 시험 수행 방법을 표준화하여 시제품 및 개선품에 대한 평가 일관성을 유지할 수 있도록 함.

#### < 헬리컬 기어펌프 시험 인용 규격 및 주요 항목 >

구 분	내 용										
인용 규격	·성능 시험은 KS B 6307, KS B 6360 JIS B 8312, ISO 12334, SAE J 1927, NFPA T3.9.33, RS B 0063, RS-KORAS-KIMM-261 등의 규격 참조 ·내환경성 시험은 KS D 9502, ML-STD-810G 등의 규격과 수요기업(L社)의 요구 조건을 반영하여 진행 ·수명 시험은 ISO 12334, SAE J 745 등의 규격과, 실차 부하 측정 결과, 수요기업(L社)와 협의하여 적용										
주요 항목	<table border="0"> <tr> <td>① 효율시험(기계, 용적, 전)</td> <td>⑥ 소음 시험</td> </tr> <tr> <td>② 최대 압력 시험</td> <td>⑦ 고온 시험</td> </tr> <tr> <td>③ 최대 회전속도 시험</td> <td>⑧ 저온 시험</td> </tr> <tr> <td>④ 정격 유량 시험</td> <td>⑨ 진동 시험</td> </tr> <tr> <td>⑤ 압력 맥동 시험</td> <td>⑩ 수명 시험</td> </tr> </table>	① 효율시험(기계, 용적, 전)	⑥ 소음 시험	② 최대 압력 시험	⑦ 고온 시험	③ 최대 회전속도 시험	⑧ 저온 시험	④ 정격 유량 시험	⑨ 진동 시험	⑤ 압력 맥동 시험	⑩ 수명 시험
① 효율시험(기계, 용적, 전)	⑥ 소음 시험										
② 최대 압력 시험	⑦ 고온 시험										
③ 최대 회전속도 시험	⑧ 저온 시험										
④ 정격 유량 시험	⑨ 진동 시험										
⑤ 압력 맥동 시험	⑩ 수명 시험										

### 트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서



수 정 내 용			작성기관	건설기계부품연구원
Rev.	내 용	일 자		
2	신뢰수준 변경(70~80%)	2021.04.16.	작성자	신 술 기
			초안작성일자	2021. 03. 08.

#### 시 험 지 침 서

#### 트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

1. 적용 범위 본 시험 지침서는 트랙터에 적용되어 전, 후방 작업기 구동을 위해 유압에너지 공급 하는 메인 펌프에 대한 부품 단위 성능 및 질자 적용 시험 방법에 대하여 규정한다. 본 시험 지침서의 시험 대상품은 표 1에 따른다.

표 1 적용 범위

항 목	범 위
형 식	정용량형
운용 환경	실외 사용 [-33~50 °C]
배제 용적	25.4 cc/rev
최대 압력	27.00 MPa 이상
최대 속도	3 000 r/min 이상
적용 유체	내마모성 유압작동유 (ISO VG 32~46)

비 고 이 규격의 단위 환산 값들은 다음과 같다.

- 1 bar = 1.0×10<sup>5</sup> Pa = 1.0197 kgf/cm<sup>2</sup>
- 1 L/min = 16.67 cm<sup>3</sup>/s
- 1 kgf = 9.806 N

2. 인용 표준 다음에 나타내는 규격은 이 지침서에 인용되므로 이 지침서의 규정일 부분 구성한다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다.

- KS A 0006 시험 장소의 표준 상태
- KS B 6307 기어펌프 및 나사 펌프의 시험 및 검사 방법
- KS B 6341 유압용 기어펌프(보존 구멍 지름 10 - 50mm)
- KS B 6360 펌프의 소음테스트 측정방법
- RS B 0063 농기계용 기어펌프
- RS-KORAS-KIMM-261 산업용 고압 헬리컬 기어펌프
- IEC 60068-2-6 Environmental testing - Part2-6: test Fc: Vibration (sinusoidal)
- IEC 60721-3-3 Classification of environmental conditions - Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Section 3: Stationary use at weather protected locations
- ISO 1219-1 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams Part 1: Graphic symbols for conventional use and data-processing applications ISO 1219-2 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams
- ISO 3744 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane

#### < 헬리컬기어펌프 시험 지침서 >



트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

- ISO 4391 Hydraulic fluid power-pumps, motors and integral transmissions - Parameter definitions and letter symbols
- ISO 4412-1 Hydraulic fluid power - Test code for the determination of airborne noise levels - Part 1: Pumps
- ISO 5598 Fluid power systems and components - vocabulary
- ISO 12334 Aerospace - Hydraulic, pressure-compensated, variable delivery pumps - General requirements for 35 000 kPa systems
- ISO 17559 Hydraulic fluid power - Positive - displacement pumps, motors and integral transmissions - Methods of testing and presenting basic steady state performance
- JIS B 0125-1 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams - Part 1: Graphic symbols for conventional use and data processing applications
- JIS B 0125-2 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams Part 2: Circuit diagrams
- JIS B 0142 Glossary of terms for oil hydraulics and pneumatics
- JIS B 8312 Gear pumps and screw pumps - Hydraulic performance acceptance tests
- JIS B 8327 Testing methods for performance of pump, using model pump
- JIS B 8350 Methods of noise level measurement for oil hydraulic pumps and motors
- MIL-STD-810G Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests
- NFPA T3.9.33 Hydraulic fluid power - Pumps - Method of testing and presenting basic performance data for load sensing pumps
- SAE J 745 Hydraulic power pump test procedure
- SAE J 1927 Cumulative damage analysis for hydraulic hose assemblies

3. 용어의 정의 본 시험 절차에서 사용되는 주된 용어의 정의는 다음에 따른다.
- a) **배제용제** 1 회전 당 도출되는 유체의 부피
  - b) **이론 토출량** 배제용제와 회전수의 곱으로 나타내는 토출량
  - c) **정적 압력** 연속운전이 가능하며 최고 효율이 발휘되는 압력
  - d) **정적 회전수** 연속운전이 가능하며 최고 효율이 발휘되는 회전수
  - e) **최고 압력** 지침적으로 사용할 수 있는 최대압력
  - f) **최고 회전수** 지침적으로 사용할 수 있는 최대회전수
  - g) **속 동력** 펌프의 구동축을 회전하는 데에 필요한 입력동력
  - h) **유압동력** 작동유의 압력과 유량의 곱으로 나타낸 것
  - i) **백동** 펌프 운전 중에 토출압력과 토출량이 주기적으로 변동하고 진동과 소음이 발생하는 현상
  - j) **캐비테이션** 유체의 압력이 포화 증기압 이하로 내려가 내부에서 증발하여 기포가 생기는 것
  - k) **효율** 입력동력(속동력)과 출력동력(수동력)의 비(백분율)로 표현
  - l) **안정화 시간** 고온 시험, 저온 시험에서 시험 대상품이 시험 온도에 도달하여 안정화되는 시간
  - m) **속진 시간** 고온 시험, 저온 시험에서 시험 대상품이 시험 온도에 도달하는 시간을 단축시키기 위하여, 항온조 온도를 시험 온도보다 높거나 또는 낮은 온도로 설정하여 일정기간 동안 유지하는 시간
  - n) **속성 시간** 고온 시험, 저온 시험에서 시험 대상품의 표면 온도가 시험 온도에 도달하는 시간부터 시험 대상품의 내부 온도가 시험 온도에 도달할 때까지의 시간

2

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

4. 샘플링 방법 헬리컬 기어펌프의 성능, 내환경, 내구 시험에 필요한 시료는 제조공정을 대표 할 수 있는 최소의 개수로 한다.
- a) 모든 시험 시료는 개발중 중 제조사의 자체 성능 테스트를 통과한 시료에 대하여 시험 항목별 규정된 수만큼 임의 추출하여 사용
  - b) 성능/내구 시험 시료는 2개, 내환경 시험 시료 2개씩 시료수로 적용
  - c) 내구 시험 시료는 성능 시험을 완료한 제품을 이용하여 내구시험을 수행

5. 시험 평가 기준
- 5.1 성능 평가 기준 모든 시료는 기계효율, 유적 효율 시험을 실시하며, 기타 성능 시험의 시료는 2개로 하여 표 2의 평가 기준을 만족하여야 한다.

표 5 성능 시험의 평가 기준

시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 기준
기계효율	6.2.1	1) 정적압력(18.0 MPa)과 정적회전수(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정 2) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정	· 85 % 이상
유적효율	6.2.2	1) 정적압력과 정적회전수(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정 2) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정	· 95 % 이상
최대 압력	6.2.3	1) 정적회전속도(2,200 r/min)에서 토출부 무부하 상태로 펌프를 기동 2) 토출부의 부하압력을 최소 압력에서 최대 압력(27.0 MPa)까지 부하압력을 서서히 상승 3) 육안으로 외관손상 확인	· 27.0 MPa 이상 (270 bar)
최대 회전속도	6.2.4	1) 압력을 정적압력 조건으로 설정 2) 최대 회전속도까지 서서히 상승 3) 육안으로 외관손상 확인	· 3,000 r/min 이상
정적 유량	6.2.5	1) 토출부를 무부하 상태로 유지 2) 정적회전속도(2,200 r/min)에서 최소 10초이상 토출 유량 측정 후 평균 값을 계산	· 57.2±2 l/min 이상
압력 변동	6.2.6	1) 정적 압력(18.0 MPa) 및 정적 회전 속도(2,200 r/min)의 각각 50 %, 90 % 지점에서 측정	· ± 5 % 이하
소음	6.2.7	1) 정적압력(18.0 MPa), 정적회전속도(2,200 r/min)으로 펌프를 기동 2) 시험용에서부터 1m 거리, 측정방향 3포인트(전,좌,우)에서 각각 측정	· 65 dB 이하

3

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

- 5.2 내환경성 평가 기준 효율 시험을 통과한 시료 중 2개로 하여 표 3의 평가 기준을 만족하여야 한다.

표 2 내환경성 시험의 평가기준

시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 기준
고온	6.3.1	1) 시험 전 전효율 시험을 실시 2) 시험품을 항온조에 위치시킨 후 시험품의 표면온도 및 내부 온도를 95 °C 까지 도달 되도록 30분 이상 안정화 3) 이후 항온조의 온도를 90±2 °C로 조정후 30분 이상 유지 4) 시험 후 상온, 정적압력(18.0 MPa)과 정적회전수(2,200 r/min) 조건 전효율 시험을 실시하여 시험 전 전효율과 비교	· 외관 손상 없음 · 전효율 저하 5% 이내
저온	6.3.2	1) 시험 전 전효율 시험을 실시 2) 시험품을 항온조에 위치시킨 후 시험품의 표면온도 및 내부 온도를 -38 °C 까지 도달 되도록 30분 이상 안정화 3) 이후 항온조의 온도를 -33±2 °C로 조정후 30분 이상 유지 4) 시험 후 상온, 정적압력(18.0 MPa)과 정적회전수(2,200 r/min) 조건에서 전효율 시험을 실시하여 시험 전 전효율과 비교	· 외관 손상 없음 · 전효율 저하 5% 이내
진동 (운용가진)	6.3.3	1) 시험 전 육안검사를 실시 2) 시험 조건 - 주파수 범위 : 10-2,000 Hz - 파워스펙트럼밀도 : (0.0015-0.03) g <sup>2</sup> /Hz - 가진형태 : 불규칙 진동 - 진동 크기 값 : 3.03 g(rms) 3) 3축(X, Y, Z) 방향에 대해 각각 100분간 실시 4) 육안으로 외관 손상 확인	· 외관 손상 없음

- 5.3 수명 평가 기준 종합 성능 시험을 통과한 시료 2개를 400시간까지 가속 수명 시험하여 표 4의 평가기준을 만족하면, 신뢰수준 80 %에서 B<sub>5</sub> 2,000 시간을 보장한다.

표 3 수명 평가 기준

시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 기준
보통 수명 시험	6.4.1	a) 정적 회전속도, 무부하 조건에서 5초간 유지한 후 다음 부하 조건(22MPa)에서 5초간 유지 조건으로 400 시간 내구 시험 실시 b) 내구 시험 전과 완료 후 효율 시험을 실시	· 내/외관 손상 없음 · 전효율 저하 5% 이내

4

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

6. 시험 평가 방법

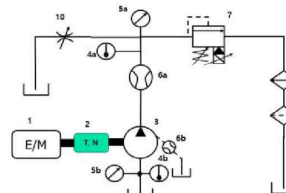
6.1 시험 환경 및 시험장 조건

- a) 별도의 시험장소의 조건이 평가되지 않는 한 KS A 0006의 상온·상습 상태에서 시험을 수행한다.
- 1) 상온 : (20±15) °C
- 2) 상습 : (65±20) %
- b) 시험 장치 성능 시험 및 내구시험 장비는 그림 2와 같이 구성한다.
- c) 시험의 측정 허용차는 다음에 따른다.

  - 압력 : ±0.2 % FS 이내
  - 유량 : ±1.0 % FS 이내
  - 온도 : 0.5 % FS 이내
  - 온도 : ±2.0 °C 이내
  - 회전속도 : ±2 r/min 이내

- d) 유압유의 사용 조건은 다음에 따른다.

  - 사용온도 : (-20°~100°) °C
  - 작동유체 : ISO VG 32 또는 ISO VG 46 상당
  - 작동유 온도 달리 규정하지 않는 한, 성능시험은 (55±5) °C에서 시험



- 1. 가변속 전기모터
- 2. 프로그 및 회전 속도 센서
- 3. 테스트 헬리컬 기어펌프
- 4. 온도센서 4b(Ts)
- 5. 압력센서 5a(Pout), 5b(Ps)
- 6. 유량계 6a(Qout), △(Q6b)
- 7. 전사비데리트로밸브
- 8. 오일 클러
- 9. 유압 릴리
- 10. 가변 스트로크 밸브

그림 2. 헬리컬 기어펌프 종합성능 기본 유압회로

5

< 헬리컬기어펌프 벤치 시험지침서(계속) >

6.2 성능 시험 방법

6.2.1 용적효율 시험

- a) 작동유의 온도는 (50±5) °C로 설정
- b) 압력 및 회전속도 조건을 변화시켜 그림 00과 같이 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전수(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정
- c) 수식 1을 이용하여 용적 효율을 계산
- d) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정

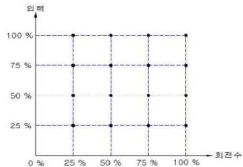


그림 3 효율 시험 지점(Point)

$$\text{기계효율 (\%)} = \frac{\text{배재용적(cc/rev)} \times \text{압력(MPa)}}{2\pi \times \text{입력토크(N \cdot m)}} \times 100$$

수식 1 용적효율 산출식

6.2.2 기계효율 시험

- a) 작동유의 온도는 (50±5) °C로 설정
- b) 압력 및 회전속도 조건을 변화시켜 그림 3과 같이 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전수(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정
- c) 수식 2를 이용하여 기계 효율을 계산
- d) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정

$$\text{용적효율 (\%)} = \frac{\text{도출유량(l/min)} \times 1000}{\text{배재용적(cc/rev)} \times \text{입력회전수(r/min)}} \times 100$$

수식 2 기계효율 산출식

6.2.3 전효율 시험

- a) 전효율 시험은 용적효율과 기계효율의 곱으로 표현되며, 수식 3에 의해 산출

$$\text{전효율 (\%)} = \frac{\text{용적효율 (\%)} \times \text{기계효율 (\%)}}{100}$$

수식 3 기계효율 산출식

6.2.4 최대 압력 시험

- a) 정격 회전속도(2,200 r/min)에서 도출부 무부하 상태로 펌프를 가동
- b) 도출부의 부하 압력을 최소 압력에서 최대 압력(27.0 MPa)까지 부하 압력을 서서히 상승
- c) 육안으로 외관손상 확인

6.2.5 최대 회전 속도 시험

- a) 압력을 정격 압력(18.0 MPa) 조건으로 설정
- b) 최대 회전 속도(3,000 r/min)까지 서서히 상승
- c) 육안으로 외관손상 확인

6.2.6 정격 유량 시험

- a) 도출부를 무부하 상태로 유지
- b) 정격 회전 속도(2,200 r/min)에서 최소 10초 이상 도출 유량 측정 후 평균 값을 계산
- c) 육안으로 외관손상 확인

6.2.7 압력 변동 시험

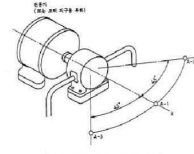
- a) 정격 압력(18.0 MPa) 및 정격 회전 속도(2,200 r/min)의 각각 50%, 90% 지점에서 측정
- b) 수식 3을 이용하여 변동율을 계산

$$P_p = \frac{\text{최대도출압력} - \text{최소도출압력}}{\text{설정압력}} \times 100(\%)$$

수식 4 압력 변동율 산출식

6.2.8 소음 시험

- a) 정격 압력(18.0 MPa) 및 정격 회전 속도(2,200 r/min) 조건으로 펌프를 가동
- b) 그림 4와 같이 시험실에서부터 1m거리, 측정방향 3포인드에서 각각 소음을 측정



A-1, A-2, A-3: 측정 위치  
그림 4 소음 측정 위치

6.3 내환경성 시험 방법

6.3.1 고온 시험

- a) 상온에서 사전시험으로서 육안 검사 및 6.2.3의 전효율 시험을 실시한다.
- b) 시험품을 항온조에 위치시킨 후 시험품의 표면온도 및 내부 온도를 95 °C까지 도달 되도록 30분 이상 안정화

- c) 이후 항온조의 온도를 (90±2) °C로 조정후 2시간 동안 유지
- d) 시험 후 (25±3) °C의 상온으로 4시간 이상 안정화
- e) 이후 정격 압력 (18.0 MPa)과 정격 회전수(2,200 r/min) 조건에서 전효율 시험을 실시

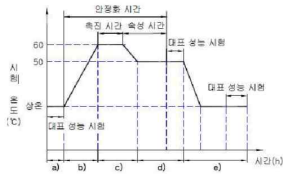


그림 5 고온 시험 주기 및 절차

6.3.2 저온 시험

- a) 상온에서 사전시험으로서 육안 검사 및 6.2.3의 전효율 시험을 실시한다.
- b) 시험품을 항온조에 위치시킨 후 시험품의 표면온도 및 내부 온도를 -38 °C까지 도달 되도록 30분 이상 안정화
- c) 이후 항온조의 온도를 (33±2) °C로 조정후 2시간 동안 유지
- d) 시험 후 (25±3) °C의 상온으로 4시간 이상 안정화
- e) 이후 정격 압력 (18.0 MPa)과 정격 회전수(2,200 r/min) 조건에서 전효율 시험을 실시

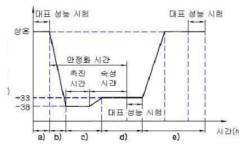


그림 6 저온 시험 주기 및 절차

6.3.3 진동 시험

- a) 시험품을 육안검사 하여 이상유무를 확인한다.
- b) 시험 대상품을 실제 사용 조건 또는 이와 동등한 조건으로 장착한다.
- c) (10~2,000) Hz의 주파수 범위와 (0.0015~0.03) g²/Hz의 파워 스펙트럼 밀도 범위에서 불규칙 진동(random vibration) 시험을 실시한다. 절점(break points)은 표 4와 같다.

표 4 온율 가진 시험 절점(break points)

주파수 Hz	파워 스펙트럼 밀도 g²/Hz
10	0.03
50	0.03
2,000	0.0015

rms = 3.03 g

6.4 수명 시험 방법

- a) 시험 시료는 2개로 하여 신뢰수준 80%에 B₂, 2,000 시간 수명을 확인하기 위하여, 무고장 할 것 기준으로 400시간 가속 수명 시험을 실시한다.
- b) 2개의 내구 시험 시료에 대해 그림 7의 무 부하조건(5초) 및 부하조건(5초)을 1사이클로 하여 400시간 총시험시간을 수행한다.
- c) 충격 시험부하는 수명 시험의 가속을 위하여 22 MPa로 설정
- d) 성능 열화를 확인하기 위해서 내구 시험 전과 완료 후 전효율 시험을 실시

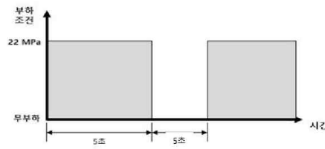


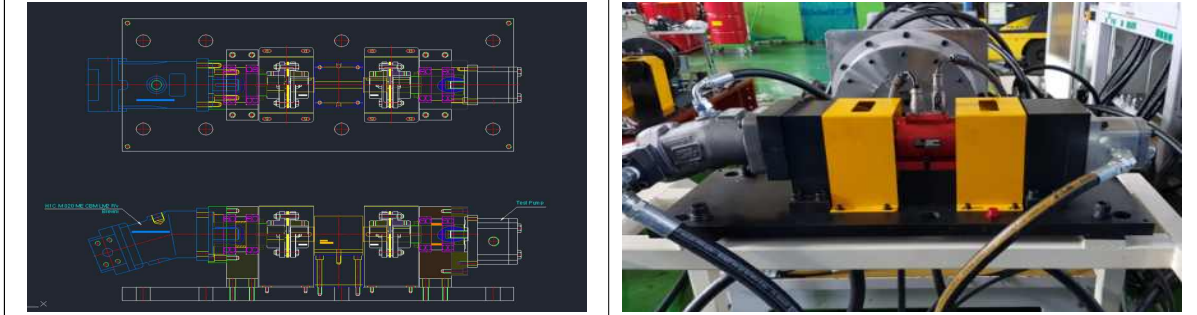
그림 7 가속 수명 시험방법(400시간)

## ② 전용 JIG&Fixture 설계 및 제작

### ○ 헬리컬 기어펌프 전용 JIG&Fixture 설계

#### - 성능 시험용 JIG&Fixture 설계

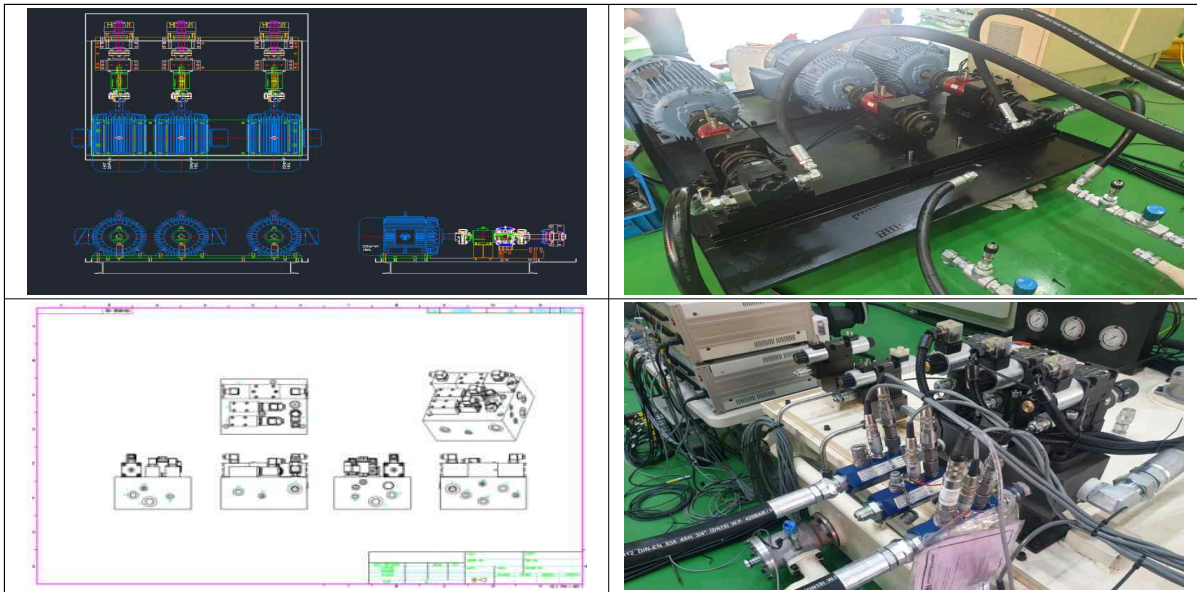
- 장비 소음에 의한 소음 측정 영향 최소화 등을 고려하여 유압식 부하체 등을 포함한 TEST Base 설계 및 제작함.



< 성능 시험용 JIG 도면 및 사진 >

#### - 내구 시험용 JIG&Fixture 및 제어 블록 설계

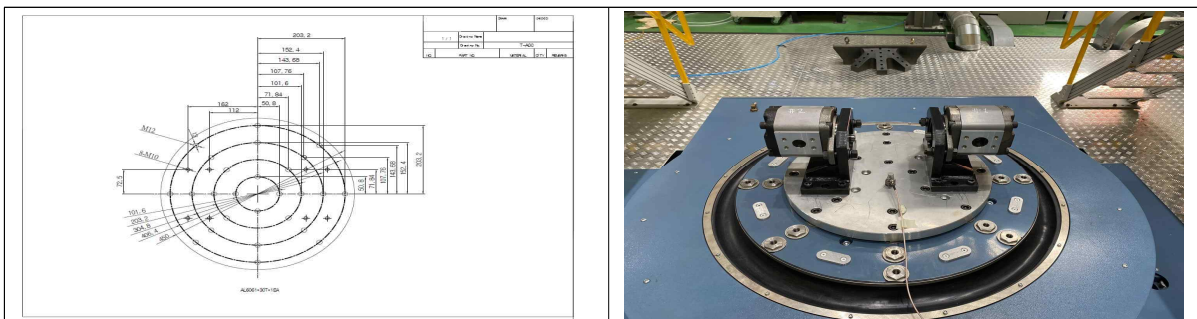
- 기보유 시험장비 적용을 위한 Mounting JIG 수정 및 규격에서 제시한 유압 회로도를 참고하여 제어 밸브 및 블록을 설계, 제작함.



< 내구 시험용 JIG 도면 및 사진 >

#### - 진동 시험용 JIG&Fixture 설계 및 제작

- 시료 2대 동시 및 공진 최소화를 위한 알루미늄 베이스 JIG 설계 및 제작함.



< 진동 시험용 JIG 도면 및 사진 >

### ③ 개발품 성능 및 보증수명 시험 수행

○ 성능 및 내구시험 진행

가. 성능 목표 대비 달성 결과

- 개발된 헬리컬 기어펌프 4대(2대 성능/내구, 2대 내환경)에 대하여 한국생상기술연구원(이하 KITECH) 임회하에 건설기계부품연구원(군산)에서 실시함.
- 시험 수행은 앞서 정립한 시험지침서에 따라 시험을 실시하였으며, 주요 성능지표에 대한 개발 기술 목표를 모두 만족함.

주요 성능지표	단위	개발목표	측정시료 구분	측정결과		만족여부
1. 기계 효율	%	85 % 이상	#1	87.6		달성
			#2	88.6		
2. 용적효율	%	95 % 이상	#1	95.9		달성
			#2	95.8		
3. 최대 압력	bar	270 이상 (27.0 MPa)	#1	27.1		달성
			#2	27.3		
4. 최대 회전속도	r/min	3,000 이상	#1	3007		달성
			#2	3008		
5. 정격유량	l/min	57.2±2	#1	56.4		달성
			#2	56.2		
6. 압력맥동	%	± 5 이하	#1	50% 구간	0.22	달성
				90% 구간	0.19	
			#2	50% 구간	0.33	
				90% 구간	0.19	
7. 고온시험	℃	90	#3	효율저하	0.1	달성
				외관손상	없음	
			#4	효율저하	0.2	
				외관손상	없음	
8. 저온시험	℃	-33	#3	효율저하	0.2	달성
				외관손상	없음	
			#4	효율저하	0.2	
				외관손상	없음	
9. 진동 시험	-	외관 손상 없음	#3	크랙 및 파손 없음		달성
			#4	크랙 및 파손 없음		
10. 소음 시험	dB	65 이하	#1	후방	64.1	달성
				좌측	62.6	
				우측	64.9	
			#2	후방	63.0	
				좌측	62.8	
우측	63.7					
11. 보증수명	시간	2,000 이상	#1	효율저하	1.1 %	달성
				외관손상	없음	
			#2	효율저하	1.4 %	
				외관손상	없음	

나. 성능 시험 활용 장비

- 건설기계부품연구원에서 보유한 유압펌프 신뢰성 시험평가 설비 외 3종을 이용하여 성능 및 내구 시험을 수행함.

(가) 유압펌프 신뢰성 시험평가 설비

No	구분	시험장비 사양
1	Operating test pressure	Max. 35.0 MPa
2	Test flow rate	Max. 500 l/min
3	Speed control range	0 r/min ~ 3,000 r/min
4	Operating temperature	-20 °C ~ 80 °C

※ 유압펌프 신뢰성 시험평가 설비의 센서류는 교정일자 만료로 소급성을 확인할 수 없음

(나) 항온항습챔버

No	구분	시험장비 사양
1	온도	-50 ~ 150°C
2	습도	20 ~ 98% R.H
3	내부규격	1200[W] x 1400[D] x 1400[H] mm

(다) 200kN급 전기식 가진기

No	구분	시험장비 사양
1	Max. Payload	1,800 kg 이상
2	Random Force	22,000 kgf
3	Freq. Range	2 ~ 2,500 Hz
4	Table Size	Vertical : 1.5(W)×1.5(D) m Horizontal : 1.5(W)×1.8(D) m

(라)소음계

No	구분	시험장비 사양
1	측정 범위	20 ~ 140 dB
2	마이크로폰	Class 1급
3	옥타브 필터	1:1 - 31.5 Hz ~ 16kHz 1:3 - 6.33 Hz ~ 20 kHz



< 유압펌프 신뢰성시험평가 설비 >



< 항온항습챔버 >



< 200kN급 전기식 가진기 >



< 소음계 >

다. 성능/내구 시험 평가 수행 결과

(가) 기계 효율 시험

- 용적 효율 시험 결과 압력 100%, 회전속도 75% 구간인 180 bar, 1,650 r/min 구간에서 87.6%, 88.6%의 효율 값을 확인하여 두 시료 모두 정량 목표 달성을 확인함.

< 헬리컬기어펌프 기계효율 시험 수행 결과 >

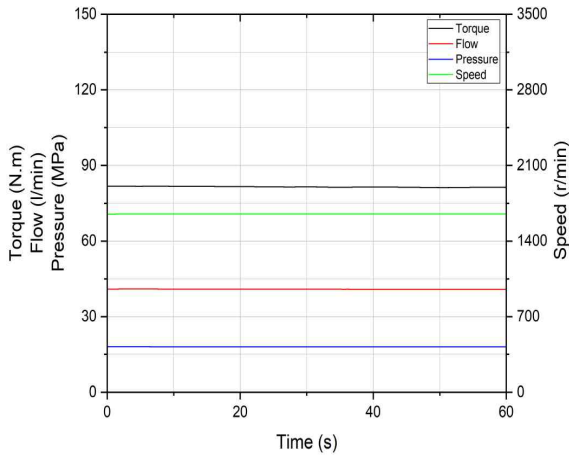
구간		시료 구분	측정 결과				
압력 (bar)	회전속도 (l/min)		토크 kgf.m	회전속도 r/min	유량 l/min	압력 bar	기계효율 %
180	2200	#1	8.4	2202.7	53.6	180.1	86.4
		#2	8.5	2202.2	54.0	180.5	85.9
	1650	#1	8.3	1651.2	39.5	180.2	87.6
		#2	8.2	1649.5	40.0	180.3	88.8
	1100	#1	8.3	1097.7	25.8	180.7	87.6
		#2	8.3	1096.6	25.7	180.1	87.4
	550	#1	8.6	549.8	10.7	180.4	85.2
		#2	8.6	549.2	10.7	180.7	85.4
135	2200	#1	6.7	2215.3	53.5	135.6	81.4
		#2	6.7	2213.1	53.4	135.7	81.7
	1650	#1	6.4	1650.9	38.5	133.4	83.7
		#2	6.5	1649.4	40.1	133.7	83.7
	1100	#1	6.6	1099.9	24.5	134.9	82.4
		#2	6.6	1098.7	25.4	135.1	82.6
	550	#1	6.8	550.0	10.8	135.8	81.4
		#2	6.8	549.8	10.8	136.4	81.5
90	2200	#1	4.6	2204.9	52.9	90.2	79.3
		#2	4.6	2202.9	52.9	90.3	79.5
	1650	#1	4.4	1652.4	39.4	91.0	82.9
		#2	4.4	1650.8	39.8	91.2	83.1
	1100	#1	4.4	1102.6	25.6	90.4	83.9
		#2	4.4	1101.3	25.6	90.7	84.1
	550	#1	4.6	552.0	11.8	90.1	79.8
		#2	4.6	550.6	11.8	90.3	80.0
45	2200	#1	2.6	2204.3	53.6	45.5	70.7
		#2	2.6	2199.1	53.5	45.5	70.7
	1650	#1	2.5	1652.8	39.8	45.6	74.3
		#2	2.5	1651.9	39.7	45.7	74.5
	1100	#1	2.3	1100.5	26.7	45.0	77.8
		#2	2.3	1099.4	26.7	45.2	78.1
	550	#1	2.2	549.5	12.6	45.6	82.6
		#2	2.2	549.0	12.6	45.7	82.8

(나) 용적 효율 시험

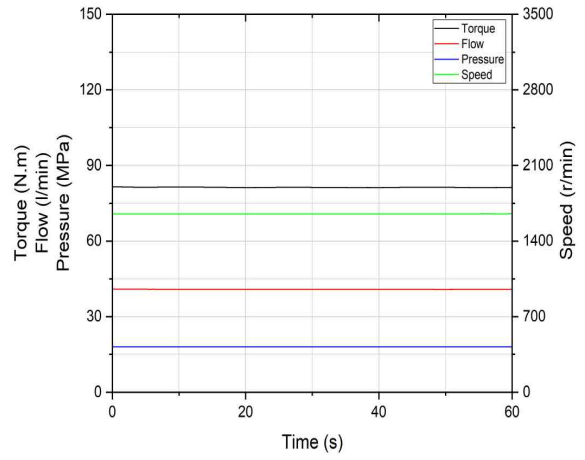
- 용적 효율 시험 결과 압력, 회전속도 100 % 구간인 180 bar, 2,200 r/min 구간에서 95.9%, 95.8%의 효율 값을 확인하여 두 시료 모두 정량 목표 달성을 확인함.

< 헬리컬기어펌프 용적효율 시험 수행 결과 >

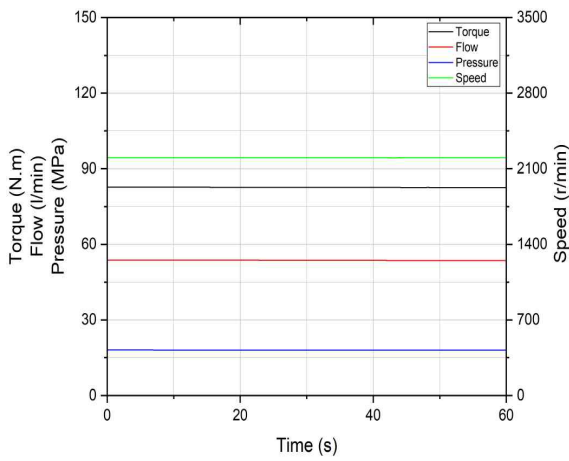
구간		시료 구분	측정 결과				
압력	회전속도		토크	회전속도	유량	압력	용적효율
(bar)	(l/min)		kgf.m	r/min	l/min	bar	%
180	2200	#1	8.4	2202.7	53.6	180.1	95.9
		#2	8.4	2202.2	53.5	180.2	95.8
	1650	#1	8.3	1651.2	39.5	180.2	95.7
		#2	8.2	1649.5	40.0	180.3	95.5
	1100	#1	8.3	1097.7	25.8	180.7	92.4
		#2	8.3	1096.6	25.7	180.1	92.4
	550	#1	8.6	549.8	10.7	180.4	76.9
		#2	8.6	549.2	10.7	180.7	76.7
135	2200	#1	6.7	2215.3	53.5	135.6	95.0
		#2	6.7	2213.1	53.4	135.7	95.0
	1650	#1	6.4	1650.9	38.5	133.4	91.9
		#2	6.5	1649.4	40.1	133.7	95.6
	1100	#1	6.6	1099.9	24.5	134.9	87.7
		#2	6.6	1098.7	25.4	135.1	91.2
	550	#1	6.8	550.0	10.8	135.8	77.2
		#2	6.8	549.8	10.8	136.4	77.1
90	2200	#1	4.6	2204.9	52.9	90.2	94.4
		#2	4.6	2202.9	52.9	90.3	94.6
	1650	#1	4.4	1652.4	39.4	91.0	93.9
		#2	4.4	1650.8	39.8	91.2	95.0
	1100	#1	4.4	1102.6	25.6	90.4	91.4
		#2	4.4	1101.3	25.6	90.7	91.5
	550	#1	4.6	552.0	11.8	90.1	84.0
		#2	4.6	550.6	11.8	90.3	84.2
45	2200	#1	2.6	2204.3	53.6	45.5	95.7
		#2	2.6	2199.1	53.5	45.5	95.7
	1650	#1	2.5	1652.8	39.8	45.6	94.8
		#2	2.5	1651.9	39.7	45.7	94.6
	1100	#1	2.3	1100.5	26.7	45.0	95.4
		#2	2.3	1099.4	26.7	45.2	95.5
	550	#1	2.2	549.5	12.6	45.6	90.4
		#2	2.2	549.0	12.6	45.7	90.4



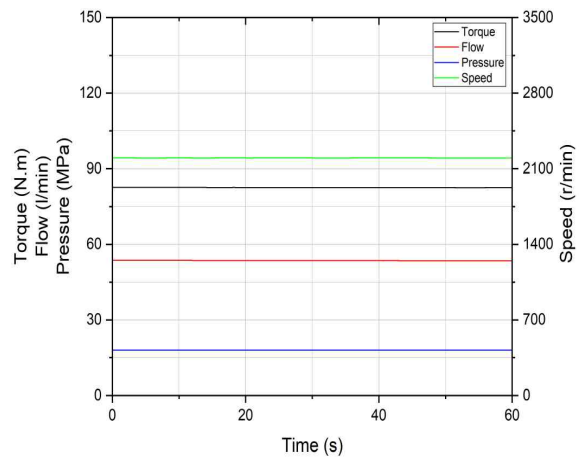
[#1 기계 효율 시험그래프]



[#2 기계 효율 시험그래프]



[#1 용적 효율 시험그래프]



[#2 용적 효율 시험그래프]



[#1 용적 효율 시험 사진]



[#2 용적 효율 시험 사진]

< 헬리컬기어펌프 기계, 용적 효율 시험 수행 결과 그래프 및 사진 >

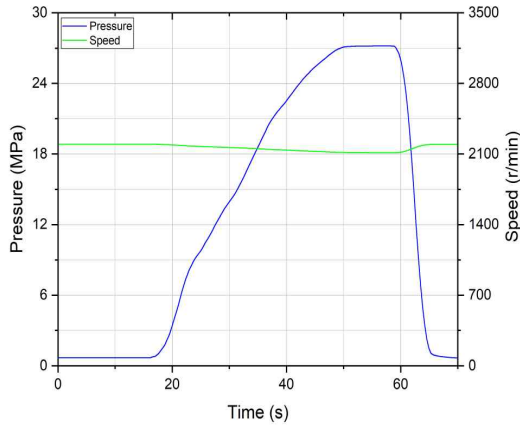


(다) 최대 압력

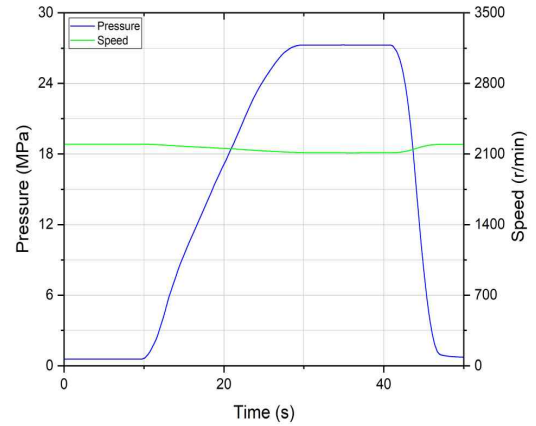
- 정격 회전속도에서 최대 압력 측정 결과 두 시료 모두 271 bar, 273 bar로 정량 목표 달성을 확인하였으며, 시험 종료 후 육안검사 실시 결과 특이 사항 없음을 확인함.

< 최대 압력 시험 수행 결과 >

구 분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	시험 결과	비 고
# 1	2,112	27.1	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-
# 2	2,110	27.3	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-



[#1 최대 압력 시험그래프]



[#2 최대 압력 시험그래프]



[#1 최대 압력 시험 사진]



[#2 최대 압력 시험 사진]

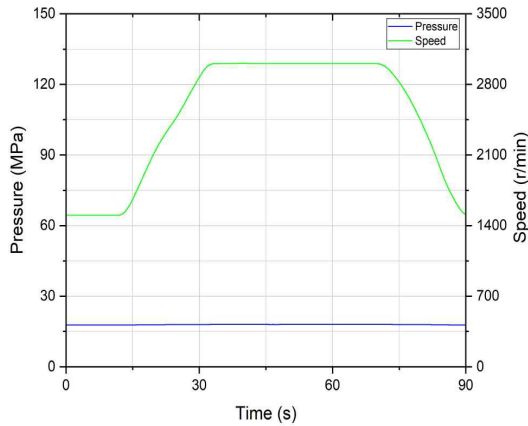
< 최대 압력 시험 수행 결과 그래프 및 사진 >

(라) 최대 회전속도

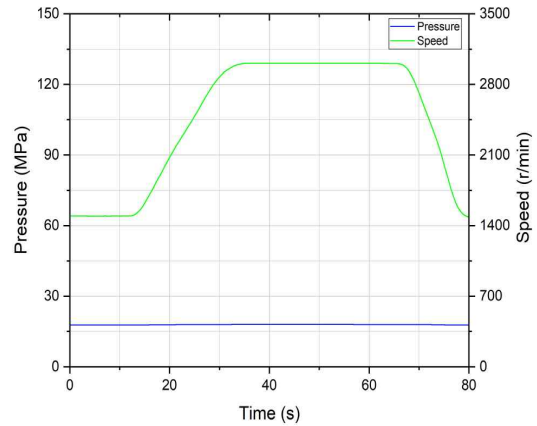
- 정격압력 조건에서 최대 회전 속도 측정 결과 두 시료 모두 3,007 r/min, 3,008 r/min정량 목표 달성을 확인하였으며, 시험 종료 후 육안검사 실시 결과 특이 사항 없음을 확인함.

< 최대 회전속도 시험 수행 결과 >

구 분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	시험 결과	비 고
# 1	3,007	17.9	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-
# 2	3,008	17.9	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-



[#1 최대 회전속도 시험그래프]



[#2 최대 회전속도 시험그래프]



[#1 최대 회전속도 시험그래프]



[#2 최대 회전속도 시험사진]

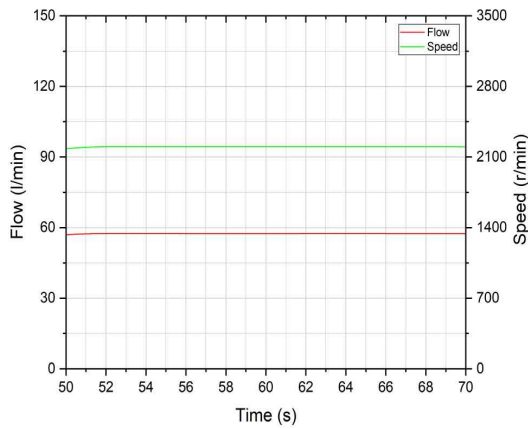
< 최대 회전속도 시험 수행 결과 그래프 및 사진 >

(마) 정격유량

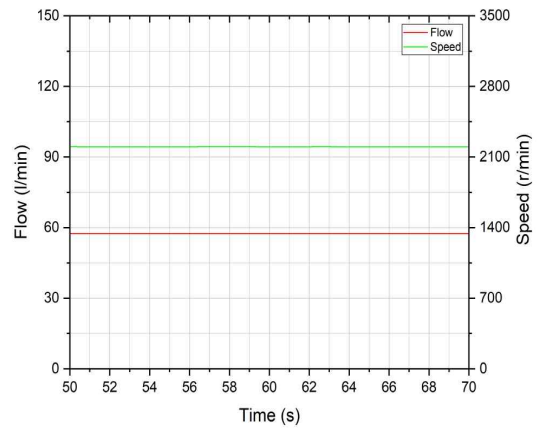
- 정격 유량 측정 결과 두 시료 모두 56.4 l/min, 56.2 l/min 으로 측정되어, 정량 목표 달성을 확인함.

< 정격 유량 시험 수행 결과 >

구 분	회전수 (r/min)	유량 (l/min)	비 고
# 1	2,201	56.4	-
# 2	2,202	56.2	-



[#1 정격유량 시험그래프]



[#2 정격유량 시험그래프]



[정격유량 시험사진]

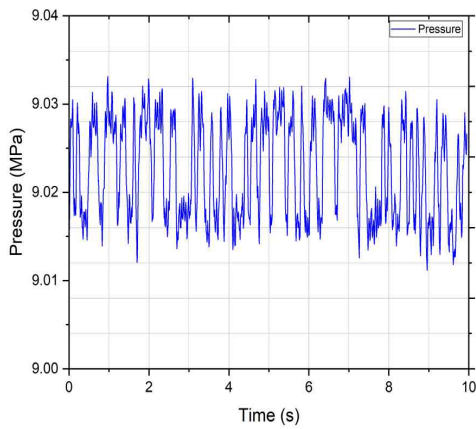
< 정격 유량 시험 수행 결과 그래프 및 사진 >

(바) 압력 맥동

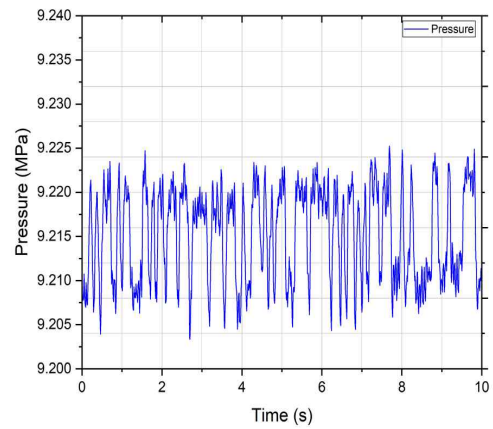
- 압력 맥동은 50 %, 90% 두 구간에서 측정하였으며, 시험 결과 두 시료 모두 0.5 % 이하의 맥동률이 산출되어, 정량 목표 달성을 확인함.

< 압력 맥동 시험 수행 결과 >

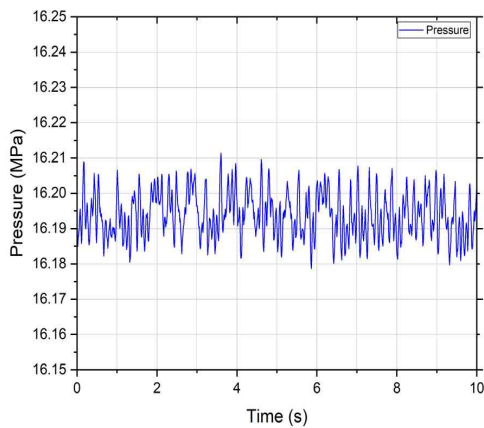
구 분	압력 최대 (MPa)	압력 최소 (MPa)	설정 압력 (MPa)	압력 맥동 (%)	비 고
# 1	9.03	9.01	9.0	0.22	-
	16.21	16.18	16.2	0.19	
# 2	9.23	9.20	9.2	0.33	-
	16.20	16.17	16.2	0.19	



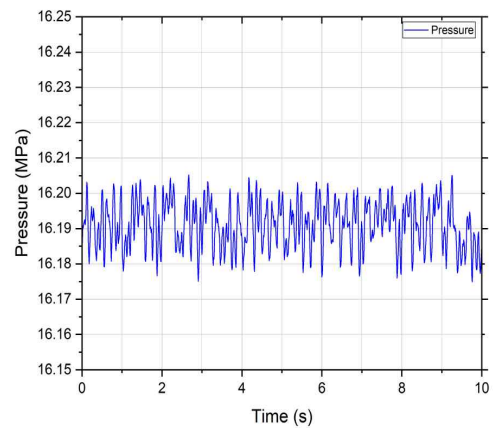
[#1 압력맥동 시험그래프(정격 50%)]



[#2 압력맥동 시험그래프(정격 50%)]



[#1 압력맥동 시험그래프(정격 90%)]



[#2 압력맥동 시험그래프(정격 90%)]

< 압력 맥동 시험 수행 결과 그래프 >

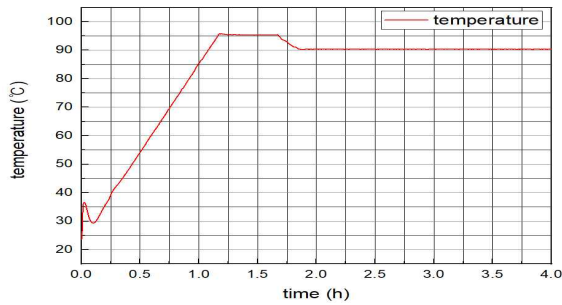
(사) 고온 시험

- 고온 시험은 90도 조건에서 2시간 동안 시험을 실시하였으며, 압력/회전속도 100% 구간에서 시험 전/후 전효율 측정 결과 0.2% 이하의 효율 저감을 확인하여 정량 목표 달성을 확인함.

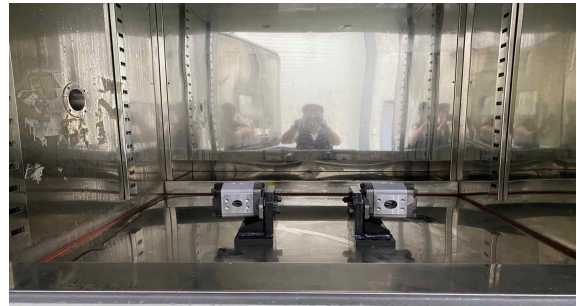
< 고온 시험 수행 결과 >

구 분	시험온도 (°C)	시험 시간 (hr)
# 3	90	2
# 4		

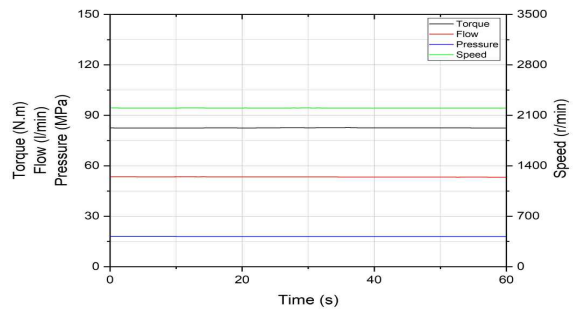
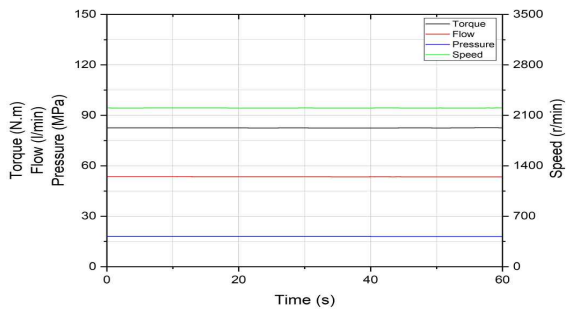
구분	시료구분	전효율 측정 결과						
		토크 kgf.m	회전속도 r/min	유량 l/min	압력 bar	기계효율 %	용적효율 %	전효율 %
#3	시험 전	8.4	2202.2	53.4	179.7	86.3	95.5	82.4
	시험 후	8.4	2201.6	53.3	179.6	86.3	95.4	82.6
#4	시험 전	8.4	2202.4	53.1	179.3	86.2	95.0	81.9
	시험 후	8.4	2199.9	53.0	179.3	86.2	94.8	81.7
변동 저하								0.1
								0.2



[#3, #4 고온시험 그래프]

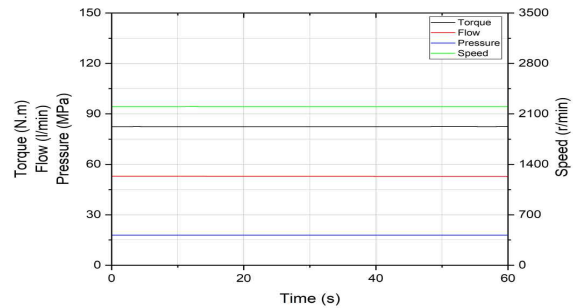
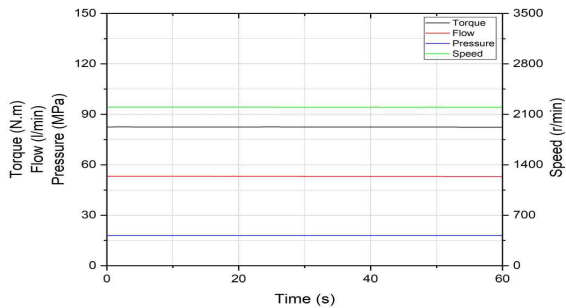


[#3, #4 고온시험 사진]



[#3 시험 전 효율시험 그래프]

[#3 시험 후 효율시험 그래프]



[#4 시험 전 효율시험 그래프]

[#4 시험 후 효율시험 그래프]

< 고온 시험 수행 결과 사진 및 그래프 >

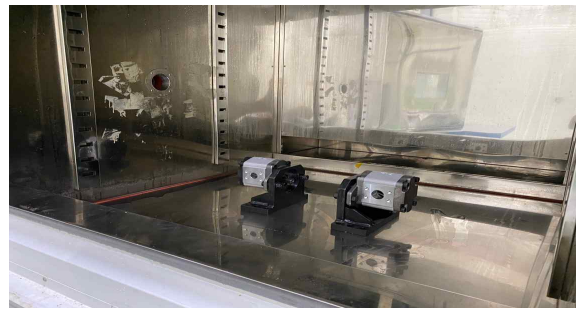
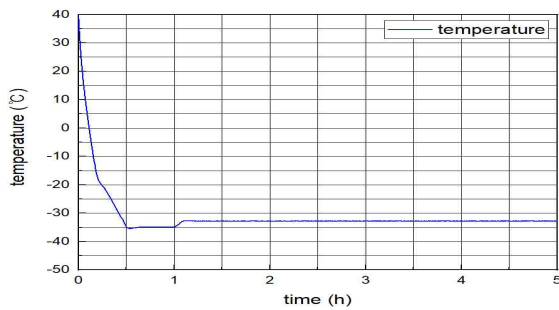
(아) 저온 시험

- 저온 시험은 -33도 조건에서 4시간 동안 시험을 실시하였으며, 압력/회전속도 100% 구간에서 시험 전/후 전효율 측정 결과 0.2% 이하의 효율 저감을 확인하여 정량 목표 달성을 확인함.

< 저온 시험 수행 결과 >

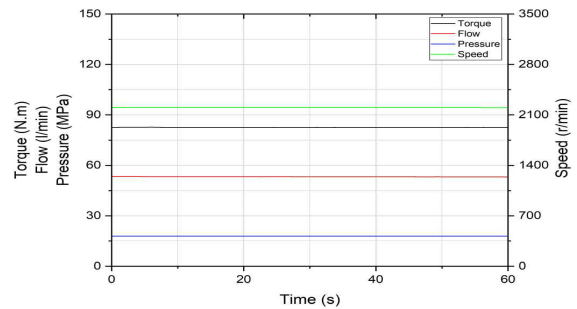
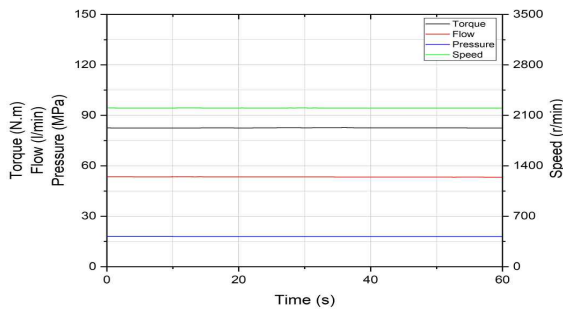
구 분	시험온도 (°C)	시험 시간 (hr)
# 3	-33	4
# 4		

시료 구분	시험구분	전효율 측정 결과						
		토크 kgf.m	회전속도 r/min	유량 l/min	압력 bar	기계효율 %	용적효율 %	전효율 %
#3	시험 전	8.4	2201.6	53.3	179.6	86.3	95.4	82.3
	시험 후	8.4	2201.0	53.2	179.4	86.2	95.2	82.1
#4	시험 전	8.4	2199.9	53.0	179.3	86.2	94.8	81.7
	시험 후	8.4	2199.6	52.8	179.2	86.2	94.6	81.5
효율 저하								0.2
								0.2



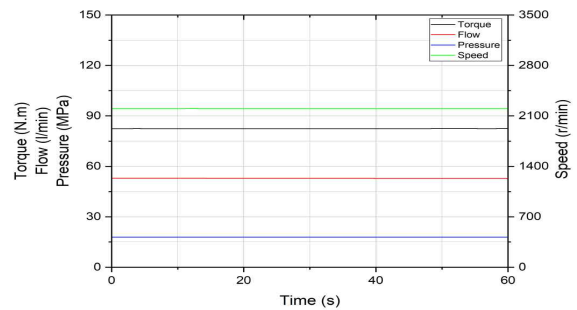
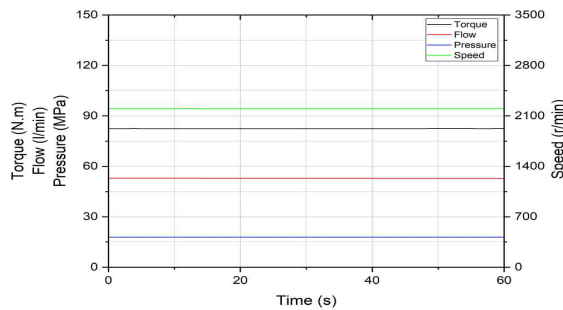
[#3, #4 저온시험]

[#3, #4 저온시험 사진]



[#3 시험 전 효율시험 그래프]

[#3 시험 후 효율시험 그래프]



[#4 시험 전 효율시험 그래프]

[#4 시험 후 효율시험 그래프]

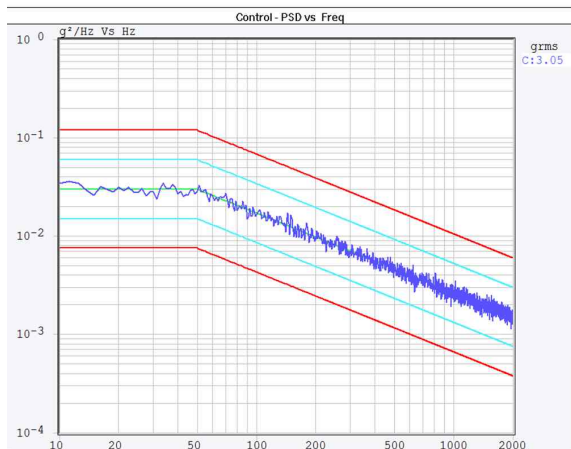
< 저온 시험 수행 결과 사진 및 그래프 >

(자) 진동 시험

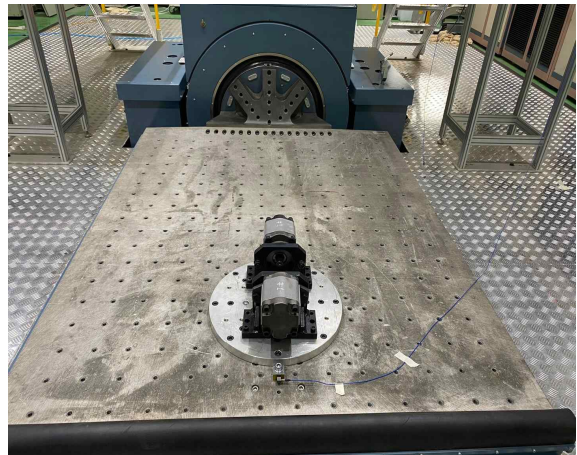
- 진동 시험은 수요기업의 요청에 따라 MIL-STD에서 제시한 운용가진 시험(3.03g, 2,000Hz)조건에서 수행하였으며, 시험 종료 후 육안 검사 결과 특이사항 없어, 정량 목표 달성을 확인함.

< 진동 시험 수행 결과 >

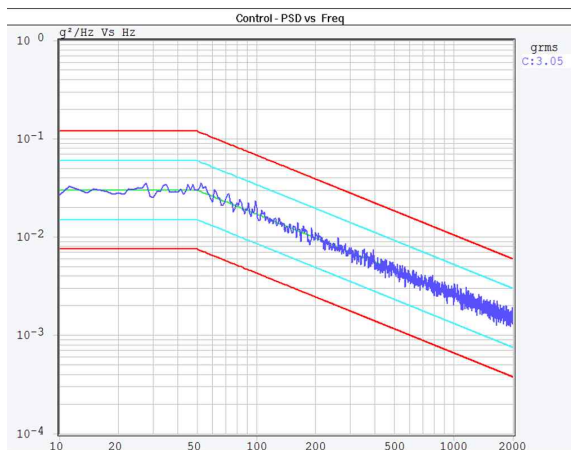
구 분	시험 방향	시험 시간 (min)	PSD (g <sup>2</sup> /Hz)	시험 결과	비 고
# 3	X 축	100	3.05	크랙 및 파손 없음	-
	Y 축		3.05	크랙 및 파손 없음	
	Z 축		3.06	크랙 및 파손 없음	
# 4	X 축	100	3.05	크랙 및 파손 없음	-
	Y 축		3.05	크랙 및 파손 없음	
	Z 축		3.06	크랙 및 파손 없음	



[#3, #4 진동시험 X방향 시험 그래프]



[#3, #4 진동시험 X방향 시험 사진]

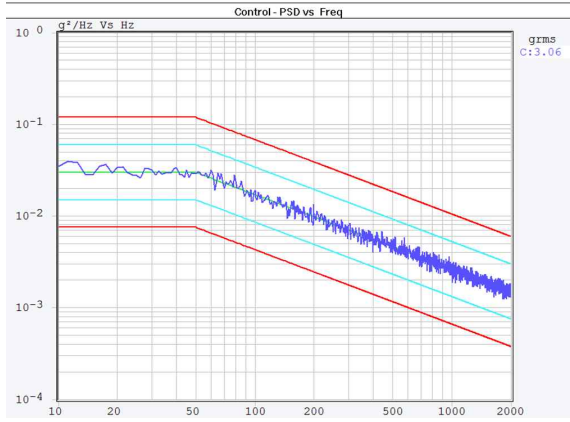


[#3, #4 진동시험 Y방향 시험 그래프]

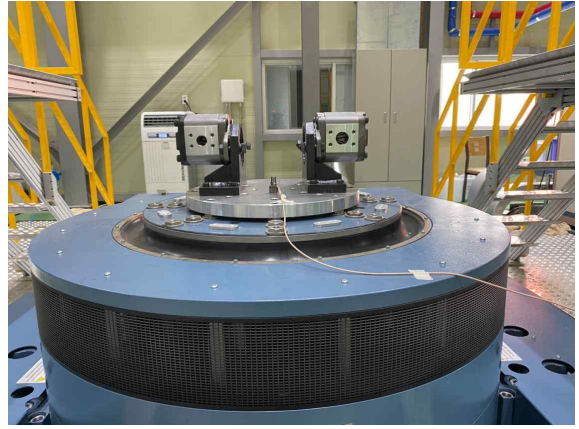


[#3, #4 진동시험 Y방향 시험 사진]

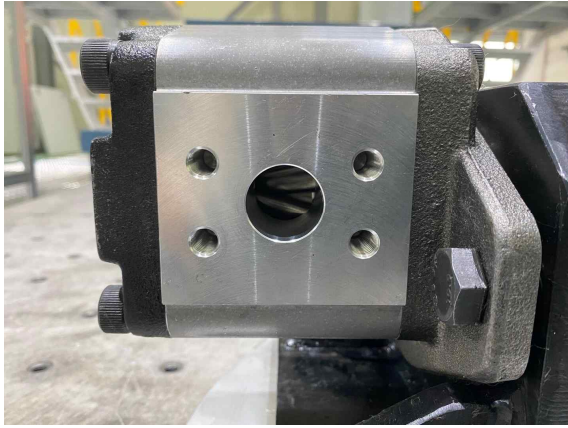
< 진동 시험 수행 결과 그래프 및 사진 >



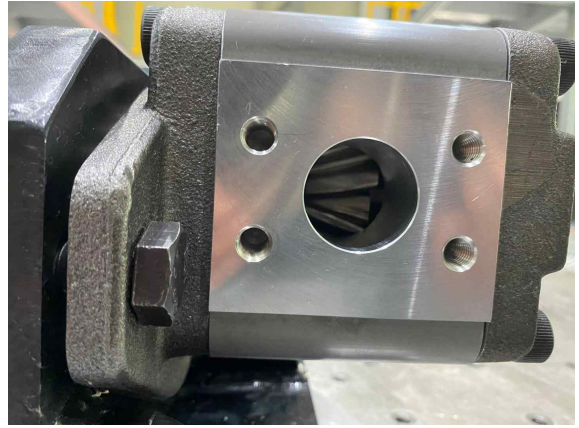
[#3, #4 진동시험 Z방향 시험 그래프]



[#3, #4 진동시험 Z방향 시험 사진]



[#3 시험 종료 후 육안 검사(내부)]



[#4 시험 종료 후 육안 검사(내부)]



[#3 시험 종료 후 육안 검사(외부)]



[#4 시험 종료 후 육안 검사(외부)]

< 진동 시험 수행 결과 그래프 및 사진 >



(차) 소음 시험

- 소음 시험은 KS 규격 등에서 제시한 3포인트에서 두 시료 모두 평균 64 dB이하로 측정되어 정량 목표를 달성을 확인함.

< 소음 시험 수행 결과 >

구 분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	소음레벨 (dB)		비 고
# 1	2,201	18.0	후방	64.1	-
			좌측	62.6	
			우측	64.9	
# 2	2,199	17.9	후방	63.0	-
			좌측	62.8	
			우측	63.7	



[#1 소음 시험 사진]



[#1 소음 측정 결과(후방)]



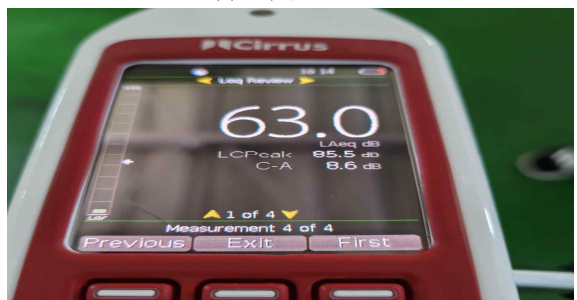
[#1 소음 측정 결과(좌측)]



[#1 소음 측정 결과(우측)]



[#2 소음 시험 사진]



[#2 소음 측정 결과(후방)]



[#2 소음 측정 결과(좌측)]



[#2 소음 측정 결과(우측)]

< 소음 시험 수행 결과 사진 >

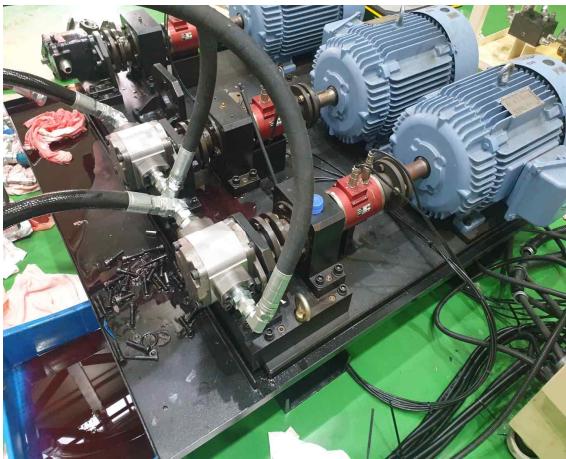
(타) 보증수명 시험

- 보증수명시험은 앞서 설계한 가속시험조건에 따라 B<sub>5</sub> 2,000시간 보증을 위해 400시간동안 연속 수행되었으며, 시험 종료 후 육안검사 및 전효율 측정 결과 파손 및 효율 저하 2% 이하로 정량 목표 달성을 확인함.

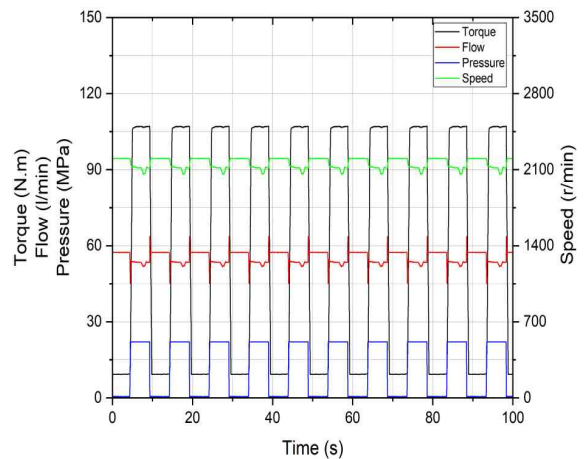
< 보증 수명 시험 수행 결과 >

구 분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	시험시간 (h)	시험결과	비 고
				육안검사	
# 1	2,200	22.0	400	외관손상 없음	-
# 2				외관손상 없음	-

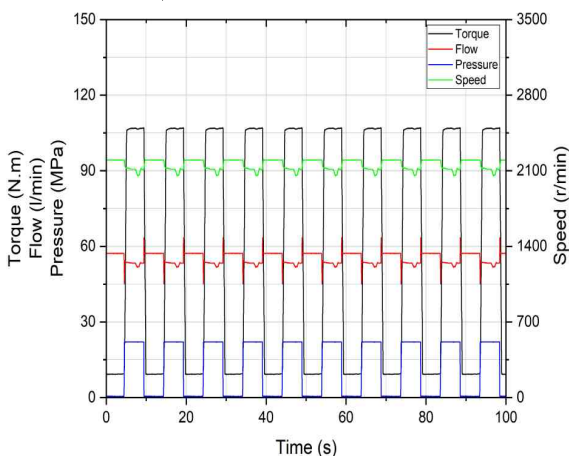
시료 구분	시험구분	전효율 측정 결과						
		토크	회전속도	유량	압력	기계효율	용적효율	전효율
		kgf.m	r/min	l/min	bar	%	%	%
#1	시험 전	8.4	2202.7	53.6	180.1	86.4	95.9	82.8
	시험 후	8.4	2196.7	53.0	179.0	86.0	95.0	81.7
#2	시험 전	8.5	2200.2	53.5	180.2	86.5	95.8	82.9
	시험 후	8.5	2196.0	52.9	179.5	85.9	94.8	81.5
효율저하								1.1
								1.4



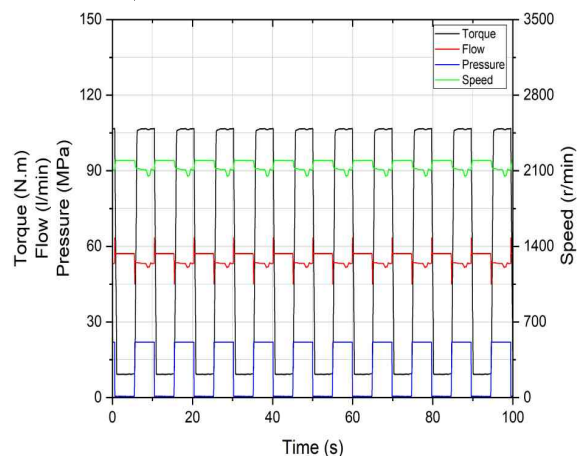
[#1, 2 보증수명 시험 사진]



[#1, 2 보증수명 시험 파형(초기)]

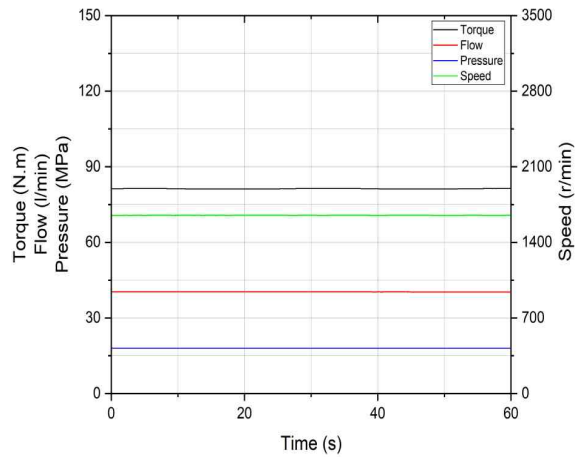
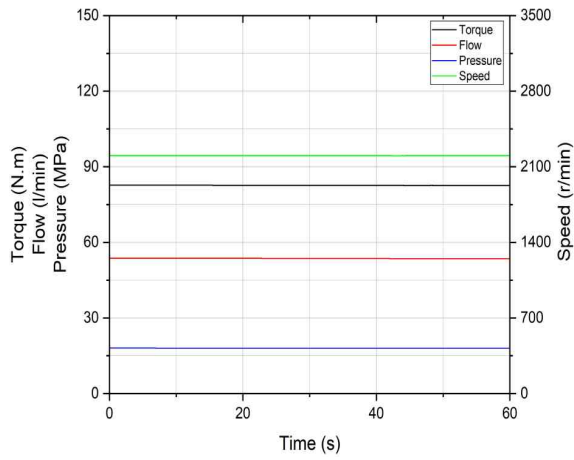


[#1, 2 보증수명 시험 파형(250시간 가동 후)]



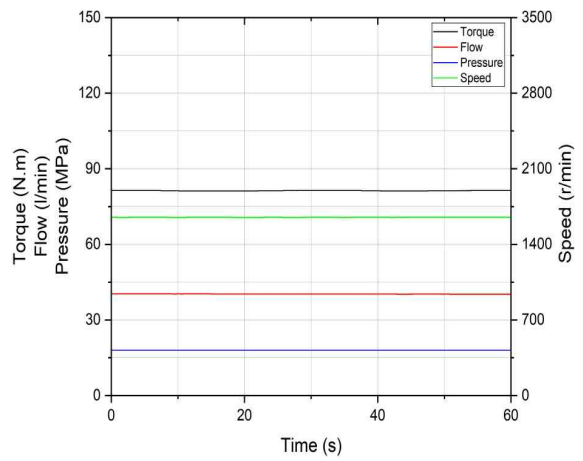
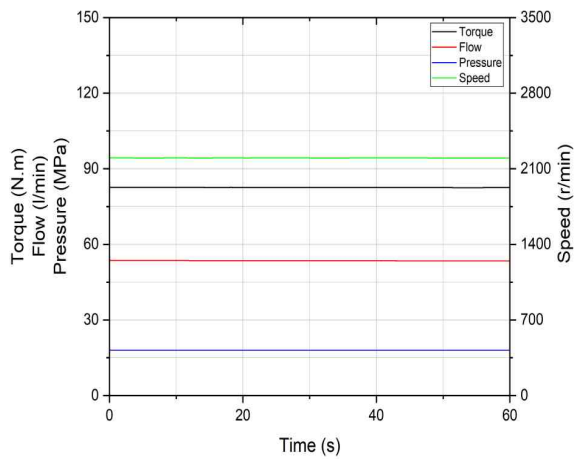
[#1, 2 보증수명 시험 파형(400시간 가동 후)]

< 보증 수명 시험 수행 결과 사진 및 그래프 >



[#1 보증수명 전 효율 시험 그래프]

[#1 보증수명 후 효율 시험 그래프]



[#2 보증수명 전 효율 시험 그래프]

[#2 보증수명 후 효율 시험 그래프]



[#1 보증 시험 후 육안 검사(내부)]

[#2 보증 시험 후 육안 검사(외부)]

< 보증 수명 시험 수행 결과 사진 및 그래프(계속) >

## 2-3. 위탁기관(부경대학교 산학협력단)

### 1) 이중원호 헬리컬 기어 치형 설계

- 헬리컬 기어 치형 사양
  - 기어의 모듈( $m$ ) : 3.9571 [mm]
  - 기어 잇수( $N$ ) : 7개
  - 압력각( $\alpha$ ) : 28.5 [deg]
  - 기어 폭( $H$ ) : 35.4 [mm]
  - 헬리컬 각도( $\beta$ ): 22.6 [deg]
- 헬리컬 기어 치형 설계를 위한 기초 방정식
  - 기어의 모듈  $m$

$$m = \frac{D}{N} \dots\dots\dots (2-1)$$

여기서,  $D$  : 피치원 지름,  $N$  : 기어 잇수

- 이끝(이뿌리) 원호 반지름  $\rho_r$

$$\rho_r = r \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\pi}{2N} \dots\dots\dots (2-2)$$

여기서,  $r$  : 피치원 반지름,  $\alpha$  : 압력각

- 베이스 피치원 반지름  $r_b$

$$r_b = r \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (2-3)$$

- 천이 곡선(인벌류트 곡선) 매개변수  $F$

$$F = \tan \alpha - \alpha + \frac{\pi}{2N} \dots\dots\dots (2-4)$$

- 천이 곡선(인벌류트 곡선)  $f(\theta)$

$$f(\theta) = r_b \begin{bmatrix} \cos(\theta - F) & -\sin(\theta - F) \\ \sin(\theta - F) & \cos(\theta - F) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2-5)$$

- 이중원호 기어 치형의 2D 설계절차
  - 기어를 설계시에 기본적으로 피치원을 중심으로 하며 피치원의 지름은 식 (2-1)을 통해 모듈값과 설계하고자 하는 기어의 잇수를 통해 계산

- 기어의 이끝과 이뿌리가 되는 원호는 그 중심이 피치원 위에 있는 것으로 함
- 이때 원호의 반지름은 식 (2-2)에 의해 계산될 수 있으며, 각 원호의 중심과 피치원의 중심을 잇는 직선 간의 각도는  $2\pi/2N$  [rad]임.
- 이중 원호 헬리컬 기어의 설계에서 이끝 원호와 이뿌리 원호를 연결하는 곡선을 천이 곡선이라 하며 천이 곡선으로는 직선, 사인 함수, 코사인 함수, 인벌류트 곡선 등을 선택할 수 있으나, 본 연구에서는 인벌류트 곡선을 천이 곡선으로 선정함.
- 인벌류트 곡선은 식 (2-5)를 통해 구함.
- 천이 곡선이 이끝 원호 및 이뿌리 원호와 만나는 점을 각각 점 B와 점 C라고 한다면 점 B와 점 C의 좌표 특성을 결정할 수 있는 각도 값은 다음과 같음.

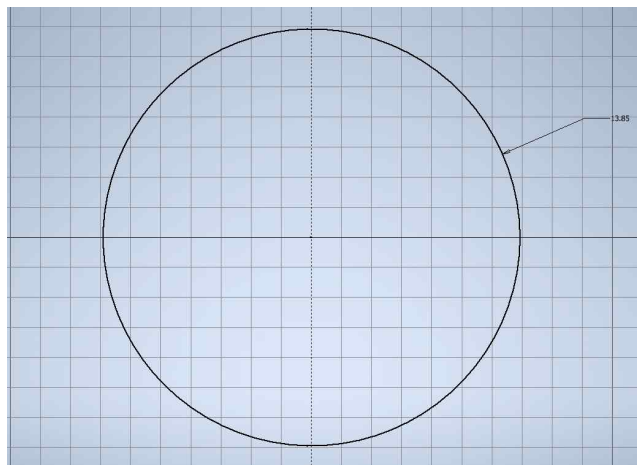
$$\theta_B = \tan\alpha + \frac{\pi}{2N} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$\theta_C = \tan\alpha - \frac{\pi}{2N} \dots\dots\dots (2-7)$$

- 식 (2-6)과 식 (2-7)에서 구한 각도  $\theta_B$ 와  $\theta_C$ 를 식 (2-5)에 대입함으로써 점 B와 C의 좌표를 구할 수 있음.

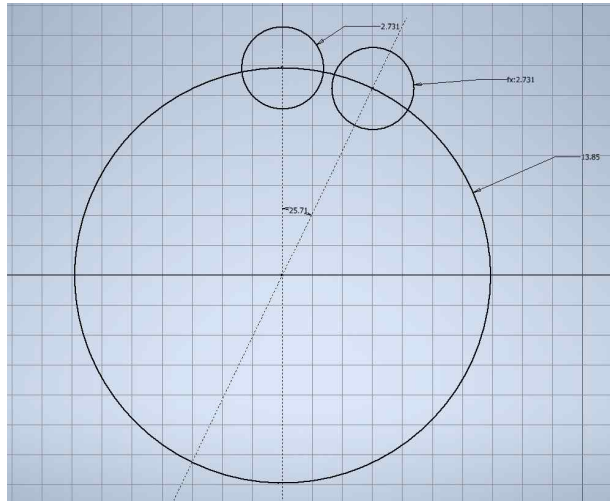
○ CAD를 이용한 이중원호 기어 치형의 2D 형상화

- 본 연구개발에서는 기어 치형의 2D 도면 작성을 위해 AUTOCAD社의 INVENTOR를 사용하였으며 그 절차는 다음과 같음.
  - X-Y 평면에 반지름이 13.85 [mm]인 피치원을 작도



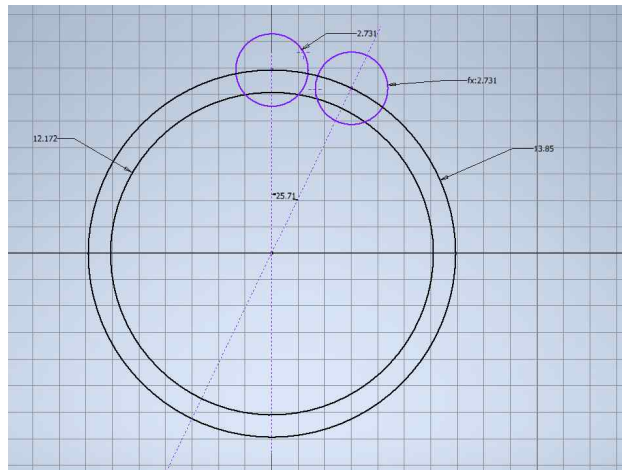
<반지름이 13.85 [mm]인 피치원>

- 기어의 이끝과 이뿌리가 될 원호를 작도하기 피치원상에 원호의 중심을 지정하고 위해 식 2-2를 통해 구한 반지름이 2.7313 [mm]인 원을 작도하며, 이때 원의 중심과 피치원의 중심을 잇는 직선 간의 각도는 25.71 [deg]임.



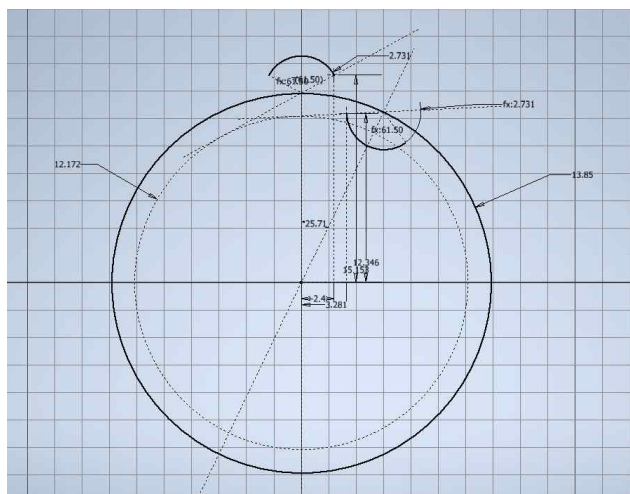
<반지름이 2.7313 [mm]인 원 (원호로 편집하기 전 원으로 설계)>

- 식 (2-3)을 통해 구한 베이스 피치원 반지름 12.1716 [mm]을 가지는 원을 작도함



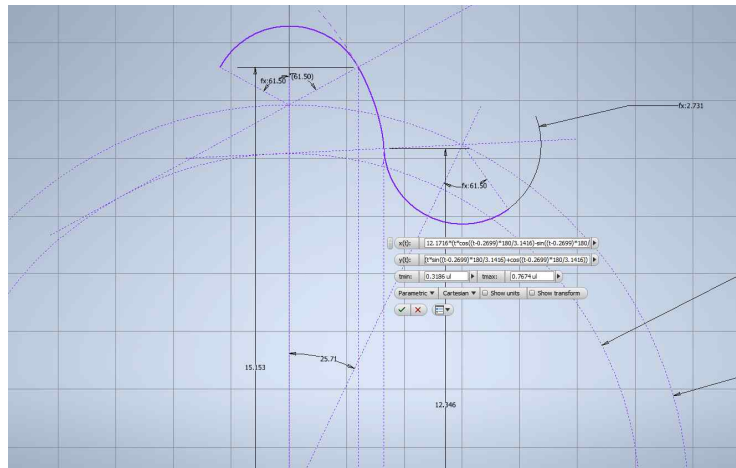
<반지름이 12.1716 [mm]인 베이스 피치원>

- 식 (2-6)과 식 (2-7)을 통해 구한 값을 식 2-5에 대입하여 점 B와 점 C의 좌표를 구하고, 이를 통해 이중 원호 헬리컬 기어의 이끝과 이뿌리가 될 원호를 작도



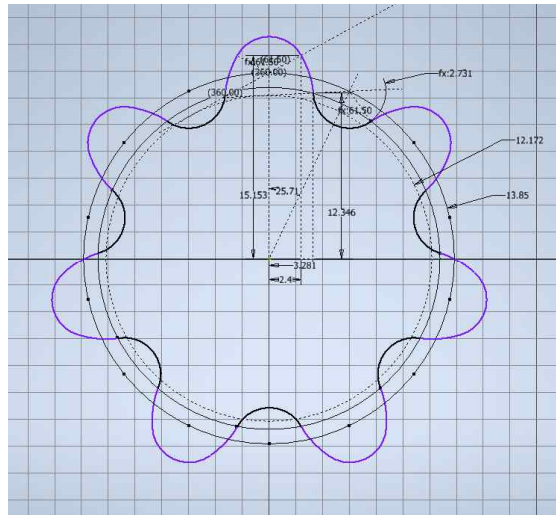
<점 B와 점 C를 기준으로 생성된 원호>

- 식 (2-5)에서 구한 인벌류트 곡선은 점 B와 점 C를 지나는 곡선이며 계산된 좌표값 대신 수식형태의 함수 곡선을 이용하여 작도함으로써 발생할 수 있는 반올림 오차에 대한 불균일을 최소화함.



<함수 곡선을 이용한 인벌류트 곡선 작도>

- 전술한 방법을 반복하여 기어의 잇수가 7개가 되도록 하여 2D 도형의 전체 기어 치형 설계를 마무리함.

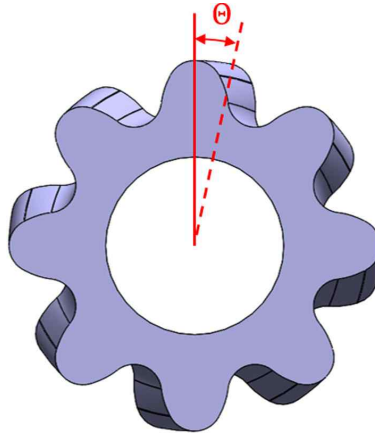


<이중 원호 작도>

○ CAD를 이용한 이중 원호 헬리컬 기어의 3D 형상화

- Inventor에서는 돌출(extrude) 툴을 사용하여 2D 형상을 3D 형상으로 생성할 수 있는 기능을 제공하나 해당 기능은 X-Y평면에 수직한 방향으로만 3D 도형을 생성할 수 있으므로 나선형 모양을 생성을 위해 스윕(sweep) 툴을 사용하여 다음과 같은 절차를 통해 헬리컬 기어 형상을 생성함.
- X-Z 평면에 기어 폭인 35.4 [mm] 길이의 직선이 피치원의 중심을 지나도록 작도하며 작도된 직선은 스윕 툴에서의 길(path)이 되며, 이 직선의 방향으로 2D 형상이 3D 도형상으로 생성되는 기준이 됨.
- 길에 따라 생성되는 3D 도형에 비틀림 각도를 인가하여 헬리컬 기어로 만들 수 있으며 스윕 툴의 특성값 입력 중에서 비틀림 각도를 선택하여 입력

- 헬리컬 기어의 설계 사양에서 헬릭스(helix) 각도는 22.6 [deg]이나, Inventor에서 제공하는 스윙 톨의 비틀림 각도는 특정 이에 대한 전면과 후면의 비틀림 정도를 의미하며 이 값을 전체 헬리컬 회전 각도(total helix rotation angle)  $\Theta$  라고 정의



<전체 헬리컬 회전 각도  $\Theta$ >

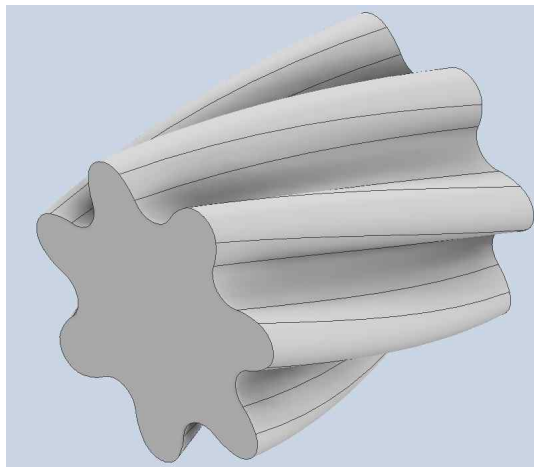
- 전체 헬리컬 회전 각도  $\Theta$ 와 축직각 모듈(transverse module)  $m_t$ 는 각각 다음과 같이 구할 수 있음

$$\Theta = \frac{H \cdot \tan \beta}{N \cdot m_t \cdot \pi} \cdot 2\pi \dots\dots\dots (2-8)$$

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} \dots\dots\dots (2-9)$$

여기서  $m_n$ 은 치직각 모듈을 의미함

- 식 (2-9)를 통해 구한 축직각 모듈값  $m_t$ 와 헬리컬 각도  $\beta$ 를 식 (2-8)에 대입하여 전체 헬리컬 회전 각도를 구함
- 스윙 톨의 비틀림 각도에 전체 헬리컬 회전 각도를 입력하여 헬리컬 각도( $\beta$ )가 22.6 [deg]인 헬리컬 기어의 3D 도형을 만들 수 있음



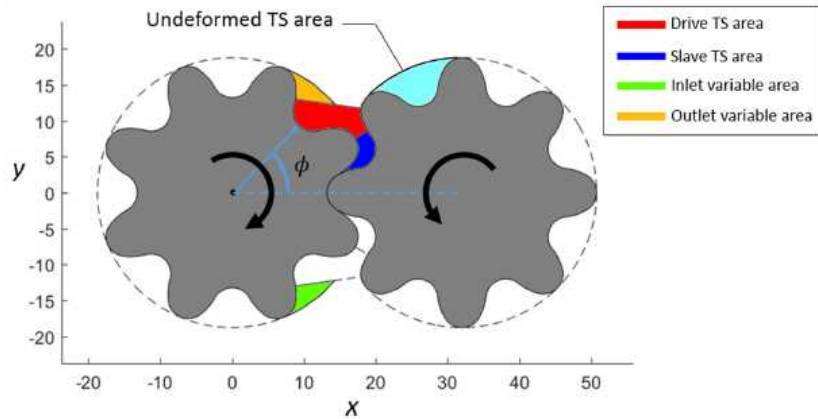
<이중 원호 헬리컬 기어의 3D 형상>



## 2) 이중원호 헬리컬 기어 펌프의 시뮬레이션 모델

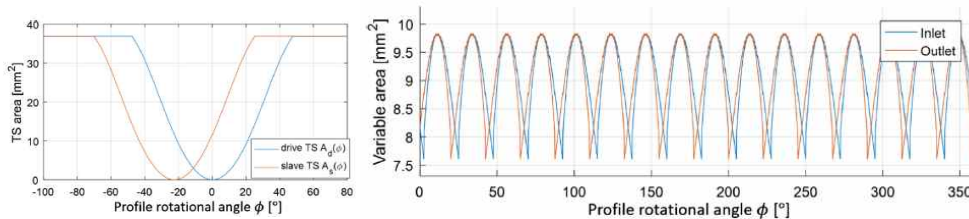
○ 행정 체임버(DC, displacement chamber)에 대한 기하학적 모델

- 집중 파라미터 시스템 시뮬레이션 모델 개발을 위해 기존의 스퍼기어 펌프에서 횡방향 공간분할과 유사하게 횡방향 및 축방향 공간분할을 통한 헬리컬 기어펌프에서 DC의 기하학적 모델을 도출
- 기어의 특정 맞물림 위치에 대해 다음 그림과 같이 정의된 공간분할 및 검사면적(control area)을 도입



<기어 공간분할 및 검사면적>

- 구동(drive) 기어는 시계 방향으로 회전하고 종동(slave) 기어는 반시계 방향으로 회전
- x축은 두 개의 기어 센터를 연결하고 유체는 y+ 방향의 출구로 토출되고 y- 방향(입구)에서 흡입
- 치 공간(TS)이 일정하다가 맞물림 영역에 접근하면 변형(감소 후 증가)되고 물림 영역에서 멀어지면 일정하여 전체 기어에서 TS가 일정한 영역과 가변 영역(입구 및 출구 근처)으로 분류되며 가변 영역은 입구 또는 출구 부분에서 변수로 고려됨
- TS 단면적의 주기는  $2\pi$ 이고 가변 영역의 주기는  $2\pi/N$ 임



<치 회전각도에 따른 TS 단면적과 가변영역 면적>

- TS 단면적의 최소값은 0이므로 DC 데드볼륨(펌핑되지 않는 체적)이 없어 갇힌 유체가 없으므로 결과적으로 폐입 현상(trapped volume)이 없음
- 헬리컬 기어의 치 공간 체적은 비틀린 형태이고 전체 헬리컬 회전 각도  $\Theta$ 가 일정하므로 맞물림 위치에서 치 회전 각도( $d\phi$ )와 축방향 위치( $z$ )는 다음과 같이 선형의 관계가 있으며 DC 체적  $V$ 는 다음과 같음

$$dz = \frac{H}{\Theta} \cdot d\phi \dots\dots\dots (2-10)$$

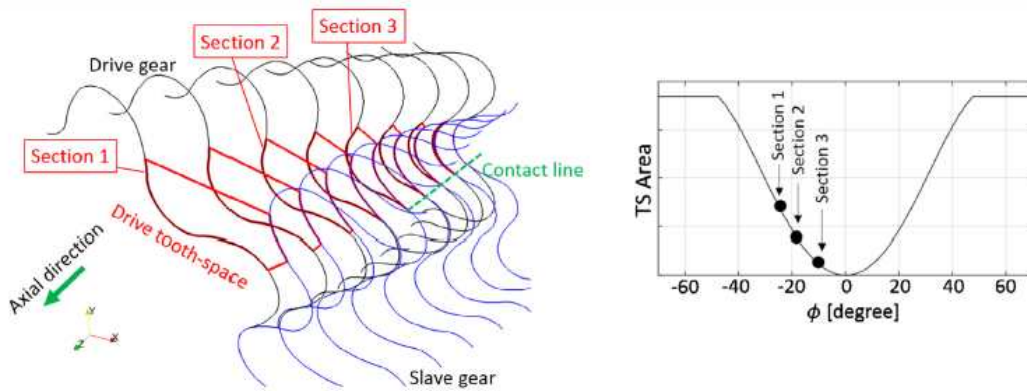
$$V = \int_{z_1}^{z_2} A dz = \frac{H}{\Theta} \int_{\phi_1}^{\phi_2} A(\phi') d\phi' \dots\dots\dots (2-11)$$

여기서,  $z_1$ 과  $z_2$ 는 적분을 위한 하부 및 상부 축방향 위치이며  $\phi_1$ 과  $\phi_2$ 는 면적곡선에서 치형 각도를 각각 나타내며  $A(\phi)$ 는 TS 면적 또는 가변 면적을 나타내는 곡선의 함수를 의미함

- 중간 횡단면은 기어의 기준 회전각이므로 적분 구간은 다음과 같음

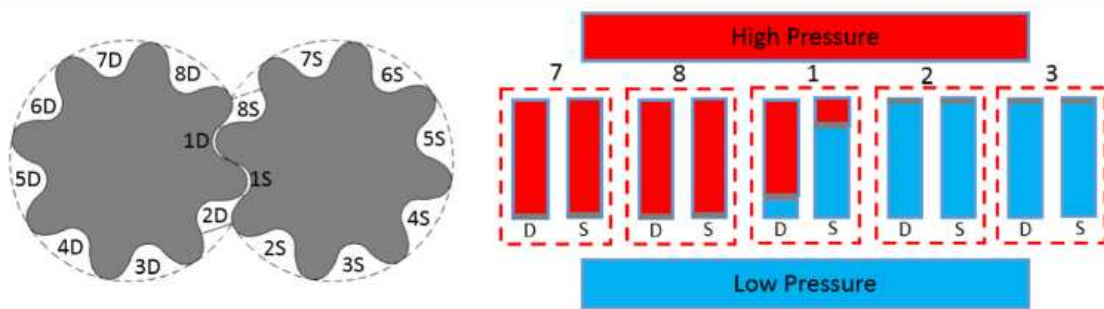
$$\phi_1 = \phi + \Theta \left( \frac{1}{2} - \frac{z_1}{H} \right) \dots\dots\dots (2-12)$$

$$\phi_2 = \phi + \Theta \left( \frac{z_2}{H} - \frac{1}{2} \right)$$



<축방향 위치에 따른 TS 단면적>

- DC를 상부 체임버와 하부 체임버로 분할하고 상단 DC(체적 감소)가 펌프 출구(고압)에 연결되고 하단 DC(체적 증가)가 펌프 흡입구(저압)에 연결
- 실린더의 피스톤이 상부 체임버와 하부 체임버를 분리하는 경계로 간주할 수 있으며 피스톤의 위치(또는 치 회전각)에 따라 상부 체임버와 하부 체임버의 체적이 변화하며 기어 회전각이 0이면 TSV(total cylinder volume)가 최소 체적을 갖는 위치(기어 치공간의 밀봉표면(피스톤)이 중앙단면에 위치, 즉 피스톤이 중앙단면에 위치)에 존재

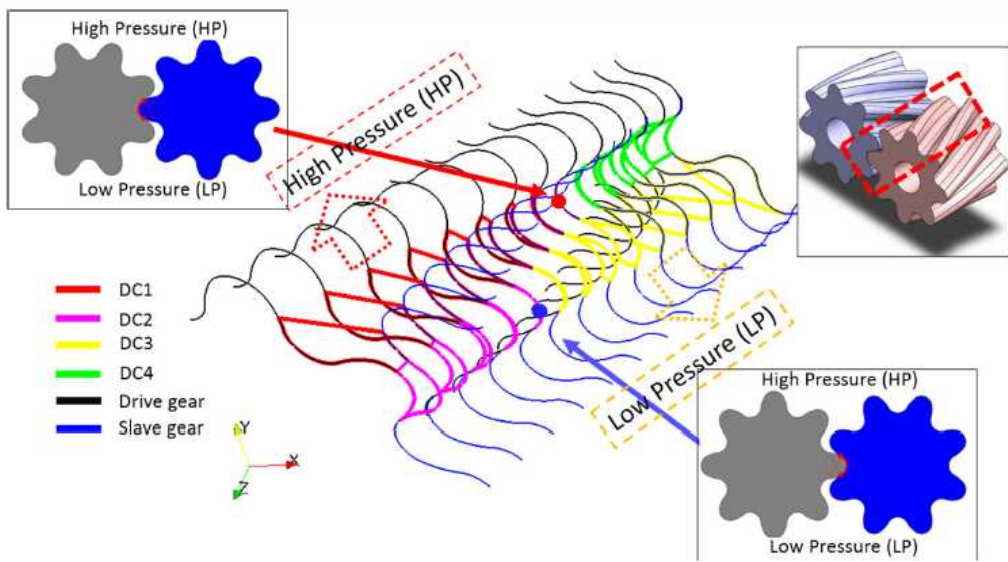


<치 공간 분포 및 압력>

- 밀봉표면의 위치를 구동기어의 경우  $z = Z'_d > 0$ , 종동기어의 경우  $z = Z'_s < H$ 라고 하면 구동기어 및 종동기어의 DC는 다음과 같이 계산

$$V_1 = \int_{Z'_d}^H A_d(z) dz, \quad V_3 = \int_0^{Z'_d} A_d(z) dz, \quad \dots \quad (2-13)$$

$$V_2 = \int_{Z'_s}^H A_s(z) dz, \quad V_4 = \int_0^{Z'_s} A_d(z) dz,$$



<헬리컬 기어의 행정 체임버>

- 밀봉표면에 의해 검사 체적이 분리되지 않으므로 입출구부의 가변 체적은 바닥면에서 윗면까지의 가변 면적을 바탕으로 다음과 같이 계산

$$V_{var,in} = \int_0^H A_{var,in}(z) dz, \quad V_{var,out} = \int_0^H A_{var,out}(z) dz \quad \dots \quad (2-14)$$

- 입출구 체임버의 총 체적은 일정 체적과 가변 체적의 합으로 계산됨

$$V_{in} = V_{const,in} + V_{var,in} \quad \dots \quad (2-15)$$

$$V_{out} = V_{const,out} + V_{var,out}$$

○ 기구학적 유량 계산

- 전술한 DC 정의를 기반으로 DC의 순간 체적을 이용하여 헬리컬 기어펌프의 기구학적 유량을 치공간 면적곡선의 적분을 이용하여 식 (2-16)으로 계산

$$\dot{V}_{out} = \sum_{i=1}^{N_1} \dot{V}_i + \sum_{j=1}^{N_2} \dot{V}_j + \sum_{k=1}^{N_3} \dot{V}_k + \sum_{l=1}^{N_4} \dot{V}_l + \dot{V}_{var,out} \quad \dots \quad (2-16)$$

$$\dot{V}_{in} = \sum_{i=1}^{N-N_1} \dot{V}_i + \sum_{j=1}^{N-N_2} \dot{V}_j + \sum_{k=1}^{N-N_3} \dot{V}_k + \sum_{l=1}^{N-N_4} \dot{V}_l + \dot{V}_{var,in}$$

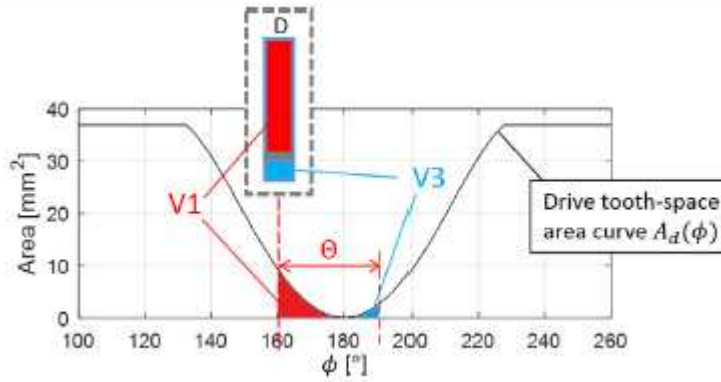
여기서  $V_1, V_2, V_3, V_4$  와  $i, j, k, l$ 은 다음과 같음

$$\dot{V}_i < 0 \text{ for } 1 \leq i \leq N_1 \text{ and } \dot{V}_i \geq 0 \text{ for } N_1+1 \leq i \leq N \quad \dots \quad (2-21)$$

$$\dot{V}_j < 0 \text{ for } 1 \leq j \leq N_2 \text{ and } \dot{V}_j \geq 0 \text{ for } N_2+1 \leq j \leq N$$

$$\dot{V}_k < 0 \text{ for } 1 \leq k \leq N_3 \text{ and } \dot{V}_k \geq 0 \text{ for } N_3+1 \leq k \leq N$$

$$\dot{V}_l < 0 \text{ for } 1 \leq l \leq N_4 \text{ and } \dot{V}_l \geq 0 \text{ for } N_4+1 \leq l \leq N$$



<치공간 면적곡선을 이용한 DC>

- 전체 헬리컬 회전각도  $\Theta = 2\pi/N$  인 경우

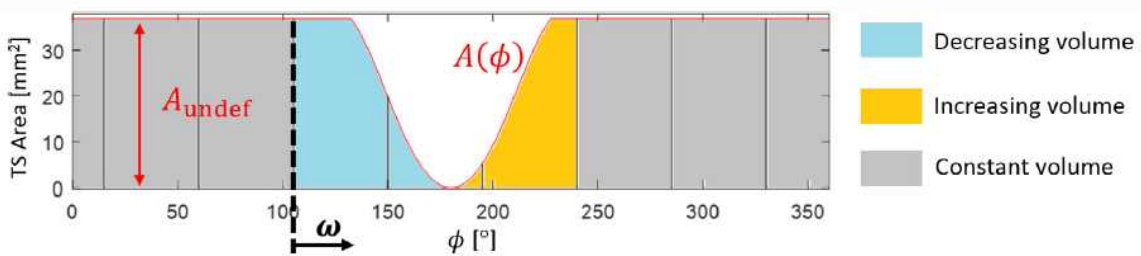
- 입구 및 출구의 가변체적도 동일(가변면적 동일)하고 헬리컬 기어펌프의 기구학적 유량은 DC의 체적변화로만 단순화하여 고려 가능

$$\int_{\phi}^{\phi+2\pi/N} V_{\text{var}}(\phi') d\phi' = \text{const} \quad \text{for} \quad V_{\text{var}}(\phi) = V_{\text{var}}(\phi + 2\pi/N) \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \frac{d}{dt} \left( \frac{H}{\Theta} \int_{\phi_{\text{ref}}}^{\phi_{\text{ref}}+2\pi/N} A(\phi) d(\phi) \right) \quad \dots\dots\dots (2-23) \\ &= \frac{HN}{2\pi} \frac{d}{dt} \left( \int_{\phi_{\text{ref}}}^{\phi_{\text{ref}}+2\pi/N} A(\phi) d(\phi) \right) \\ &= \frac{HN}{2\pi} \left[ \int_{\phi_{\text{ref}}}^{\phi_{\text{ref}}+2\pi/N} \frac{dA(\phi)}{dt} d(\phi) + A(\phi_{\text{ref}}+2\pi/N) \frac{d}{dt}(\phi_{\text{ref}}+2\pi/N) - A(\phi_{\text{ref}}) \frac{d}{dt} \phi_{\text{ref}} \right] \end{aligned}$$

- 헬리컬 기어펌프의 기구학적 토출 유량은 일정(즉, 기구학적 유량 맥동이 없음)

$$\dot{V}_{\text{out}} = \dot{V}_{\text{out},d} + \dot{V}_{\text{out},s} = \frac{N\omega}{2\pi} V_{\text{undef}} + \frac{N\omega}{2\pi} V_{\text{undef}} = \frac{N\omega}{\pi} V_{\text{undef}} \quad \dots\dots\dots (2-24)$$

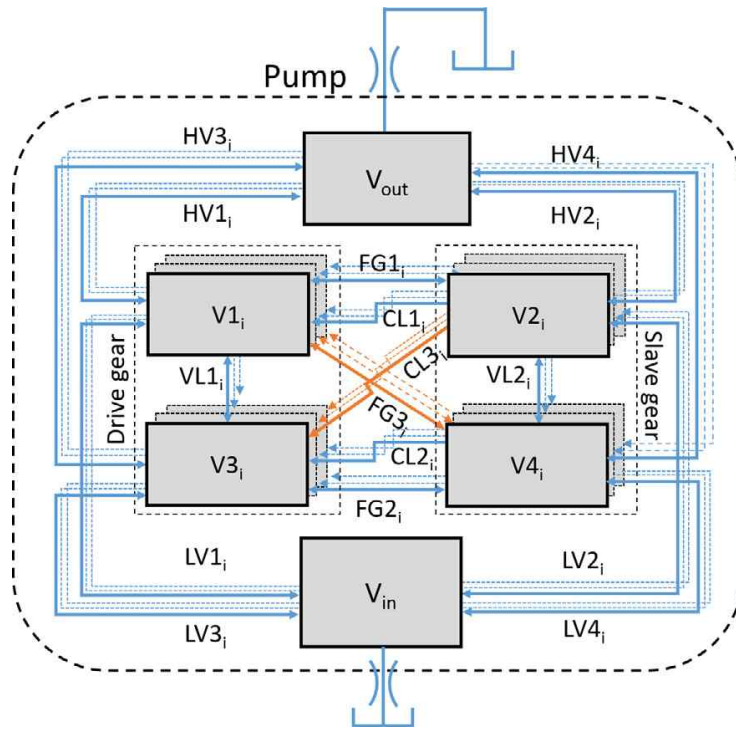


< $\Theta = 2\pi/N$ 인 경우의 TS 면적>

○ 유체 동역학 모델링

- 지배방정식

- 집중 파라미터 모델의 검사 체적은 DC의 정의를 기반으로 생성하며 각 TSV에는 2개의 DC가 있으므로  $N$ 개의 치를 가지는 기어는  $2N$ 개의 DC가 존재



<DC 노드와 유체 동역학적 연결>

- 상부 그림에서  $V_1$ 과  $V_3$ 는 각각 구동기어의 상부 및 하부 DC 클러스터를 의미하며  $V_2$ 와  $V_4$ 는 각각 종동기어의 상부 및 하부 DC 클러스터를 의미하며 각각의 클러스터는  $N$ 개의 하위 DC를 가지며  $V_{in}$ 과  $V_{out}$ 은 오리피스로 표시된 입출구 포트와 연결되는 단일 체임버로 구성된 입구 및 출구 체임버임

- 각각의 DC 내부의 압력변화는 다음과 같이 정의됨

$$\frac{dp}{dt} = \frac{K}{V} \left[ \sum_i Q_i - \dot{V} \right] \dots\dots\dots (2-25)$$

- DC 노드(그림에서 각각의 블록)간의 유체 동적 연결(유체 교환)은 난류 오리피스 방정식을 적용

$$Q = c_q \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2|\Delta p|}{\rho}} \dots\dots\dots (2-26)$$

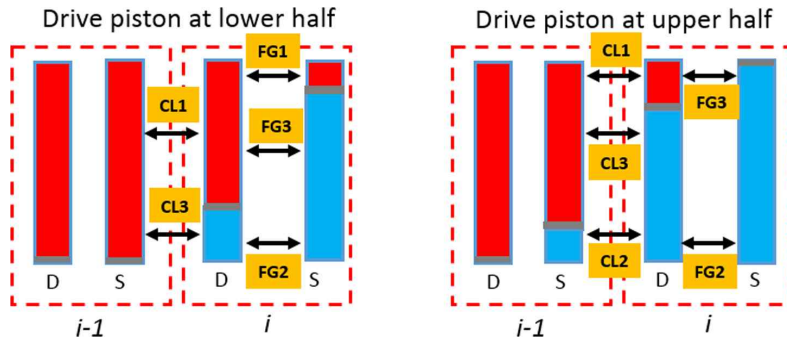
- DC 노드간의 누설은 평판에서의 층류 유량방정식을 적용

$$Q = \left[ -\frac{h^3}{12\mu} \frac{\Delta p}{L} + \frac{u_s}{2} \right] b \dots\dots\dots (2-27)$$

여기서,  $h$ ,  $L$ 과  $b$ 는 각각 누설 간극의 높이, 길이 그리고 너비를 나타내고,  $u_s$ 는 벽면에서의 유체의 유동방향 전단 속도를 의미함

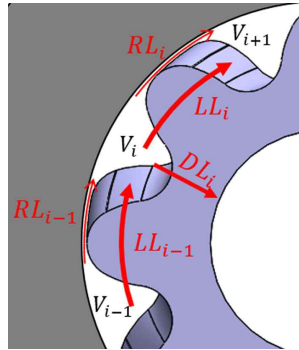
- 유체 동역학적 연결

- $V_1 \sim V_4$ 는  $LV1, LV2, LV3, LV4$ 를 통해 입구 체임버와 연결되며 각각  $HV1, HV2, HV3, HV4$ 를 통해 출구 체임버로 연결됨
- 구동 기어 DC와 종동 기어 DC 간의 연결은  $FG$ 와  $CL$ 로 표기하고  $FG$ 는 백래시를 통한 유동을 나타내고  $CL$ 은 2개의 맞물림 기어 사이 간격을 통과하는 유동을 의미함.
- $VL$ 은 각 상부 DC와 해당 하부 DC 사이의 밀봉 표면을 통한 축 방향 누설을 의미



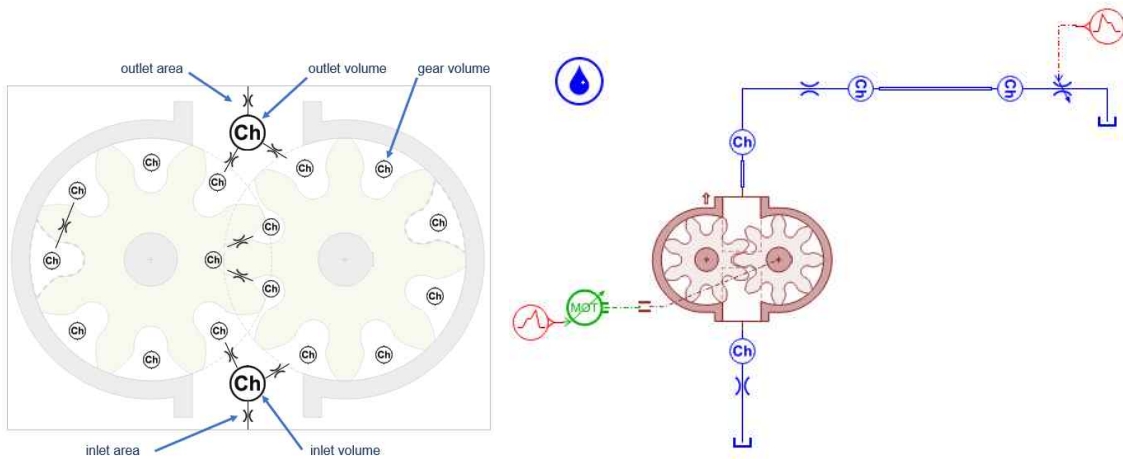
<피스톤-실린더로 묘사한 FG 와 CL 연결>

- 하부 그림에 나타난 반경 방향, 측면 및 저널 베어링부의 누설에서 측면과 저널 베어링에 서는 매우 얇은 간극으로 누설이 발생되므로 층류로 고려하고 반경 방향 누설의 간극은 축소-확대 채널 형상이므로 층류 또는 난류로 고려함

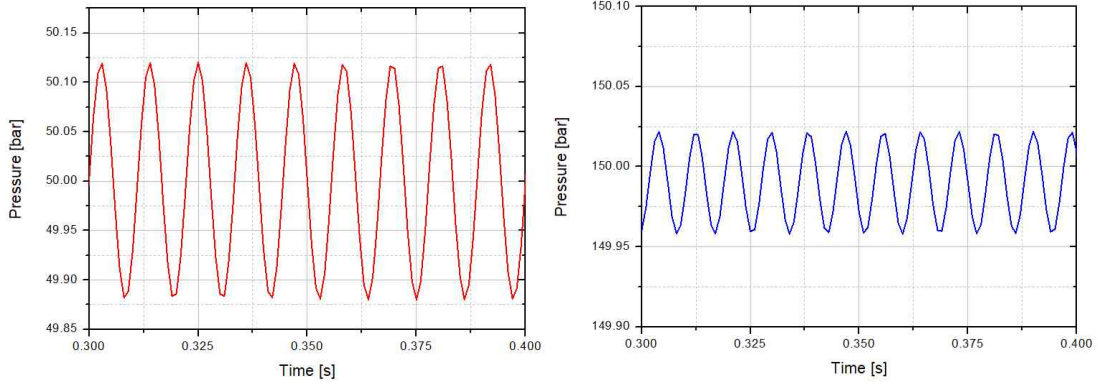


<반경, 측면 및 저널 베어링부의 누설>

- Amesim 기반 기어펌프 집중파라미터 시스템의 압력맥동 시뮬레이션
  - 전술한 모델을 바탕으로 범용 유압시뮬레이션 S/W인 Amesim을 이용하였고 기어 치형의 3차원 형상(CAD 파일)기반으로 DC 체임버 반영이 가능한 기어펌프 submodel을 이용하여 시뮬레이션을 수행



<Amesim 기반 기어펌프 집중파라미터 시스템 모델>

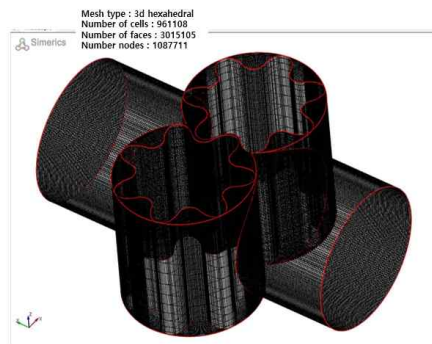


<압력 맥동 시뮬레이션 결과(좌 :1000rpm 50bar, 우 : 500rpm 150bar) >

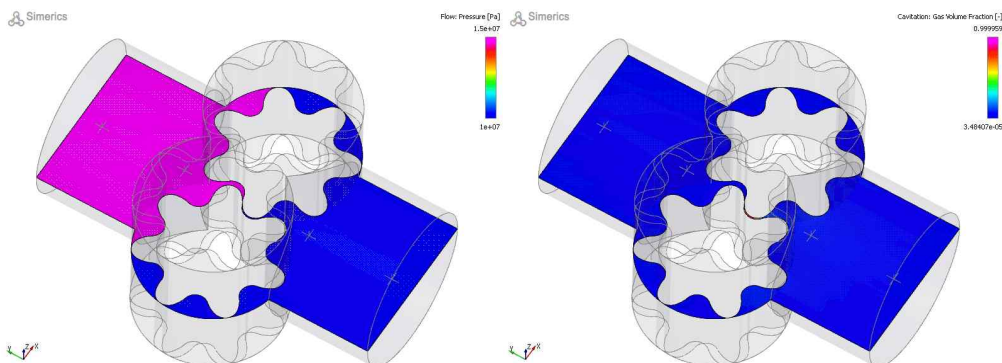
- 시뮬레이션 수행결과, 구동기어 회전속도 1000rpm, 부하압력 50bar에서는 압력 맥동의 진폭이 최대 0.13bar 정도로 나타났고 구동기어 회전속도 500rpm, 부하압력 150bar에서는 압력맥동의 진폭이 최대 0.34bar 정도로 나타나 기존 기어펌프 대비 맥동이 대폭 감소한 것으로 사료됨

○ CFD 기반 기어펌프 분포파라미터 시스템의 압력맥동 시뮬레이션

- 전술한 기어 펌프 3차원 형상(CAD 파일)기반으로 용적형 펌프 전산유동해석 S/W인 SimericsMP+(Pumplinx)을 이용하여 시뮬레이션을 수행



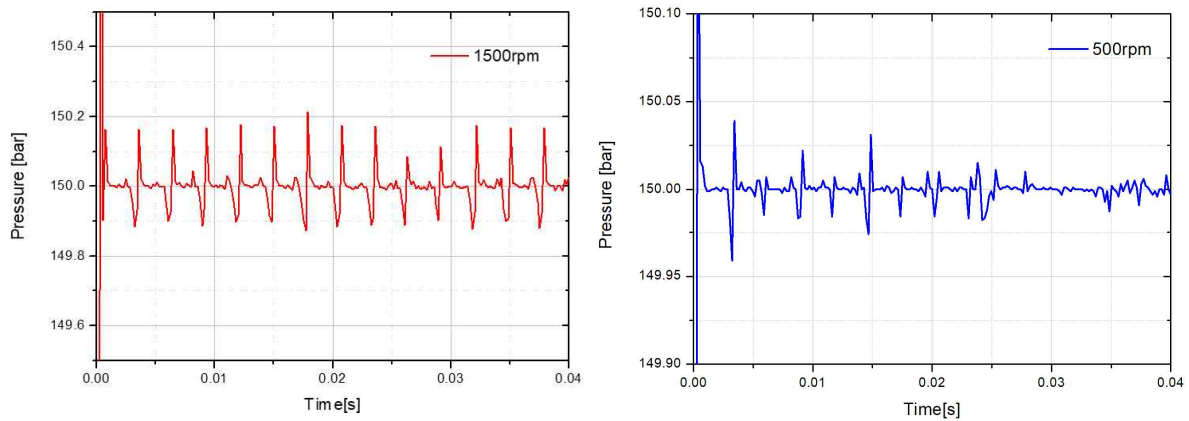
<헬리컬 기어펌프의 CFD 전처리(mesh)>



<헬리컬 기어펌프의 CFD 후처리(좌: 압력분포, 우: 캐비테이션) 결과>

- CFD 전처리 과정(mesh)을 통해 유동영역을 지정하고 지정된 유동영역에 3d hexahedral 형상의 mesh를 생성(cell 961108개, node 108711개)하였음

- 지배방정식으로 난류유동  $k-\epsilon$  모델과 캐비테이션 모델 constant gass mass fraction 모델을 이용하고 경계조건(입구압력, 출구압력)과 회전속도를 입력하여 시뮬레이션을 수행하였음



<압력 맥동 시뮬레이션 결과(좌 :1500rpm 150bar, 우 : 500rpm 150bar)>

- 시뮬레이션 수행결과, 구동기어 회전속도 1500rpm, 부하압력 150bar에서는 압력 맥동의 진폭이 최대 0.21bar정도로 나타났고 구동기어 회전속도 500rpm, 부하압력 150bar에서는 압력맥동의 진폭이 최대 0.04bar 정도로 나타났음
- CFD 해석을 통한 분포파라미터 시뮬레이션 결과와 Amesim 기반 집중파라미터 시스템 시뮬레이션 결과의 비교를 통해 회전속도와 부하압력 증가에 따라 압력 맥동의 진폭이 증가하는 유사한 경향성이 확인됨



### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 3-1. 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

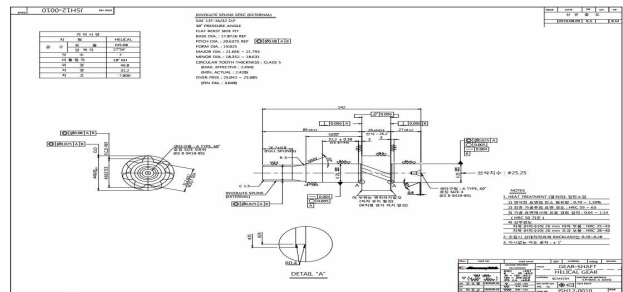
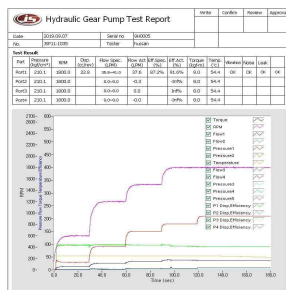
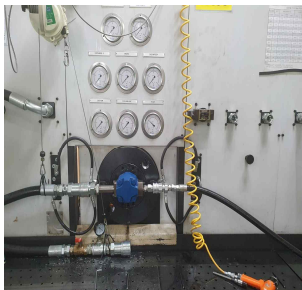
- 타켓 대상 트랙터의 운용 조건에 따른 개발품 성능 확보
  - 기존대비 동등이상의 성능 유지와 소음저감 효과 20% 이상에 대한 수요처 요구 만족

#### < 타켓 적용 트랙터 사양에 따른 기존 제품과 개발품의 성능 비교 >

타켓 대상 트랙터 사양 및 사용조건		비교대상 비교항목	기존 적용 기어펌프	개발 기어펌프	비고
용도	실내 하우스 전용	방식	스퍼기어	<b>헬리컬기어</b>	-
마력	35~50 HP급	소음 레벨	80~92 dB	<b>65 dB 이하</b>	소음저감 20% 이상 (실내 하우스 전용)
전장	3.2~3.6 m	배제용적	<b>메인 16cc</b> 조향 10cc	<b>단품 25cc</b>	2단 펌프를 1개로 대체 (주행+작업기 모드에 따라 필요유량 제공)
전폭	1.35~1.8 m	회전속도	2,500 rpm	<b>3,000 rpm</b>	
높이	2.26~2.8 m	용적효율	90% 이상	<b>95% 이상</b>	기어치형 개선 (2점 직선접촉 → 1점 연속접촉)
중량	1,300~2,100 kg	최대작동 압력	260 bar	<b>270 bar</b>	부하 작동성 향상
작업유량	29.6~34.6 L/min	보증수명	5년(B <sub>10</sub> 2,000hr)	<b>5년(B<sub>5</sub> 2,000hr)</b>	내구 신뢰성 향상 (보증수명 동일조건에서 고장을 감소)
작업 부하압력	최대 200 bar 이하	작동유 오염도	이물질 민감	이물질 둔감	
엔진 정격속도	2,600 r/min	양산성	<b>가공 쉬움</b>	가공 어려움	
대상 트랙터 사진		가격 경쟁력	<b>메인: 7만원(16cc)</b> 조향: 6만원(10cc)	<b>단품: 10만원(25cc)</b> (메인 15cc+조향10cc 펌프조합)	양산 공정개선을 통한 가격 경쟁력 확보 가능
		대상품 사진			공간 최소화 설계 가능 (제품 크기 최소화)

##### ○ 1점 연속 접촉식 헬리컬 기어 설계 기술 확보

- 전산 해석(구조강도, 유압시스템)과 선진사 벤치마킹에 기반하여 헬리컬 기어 최적 설계 기술을 확보함.

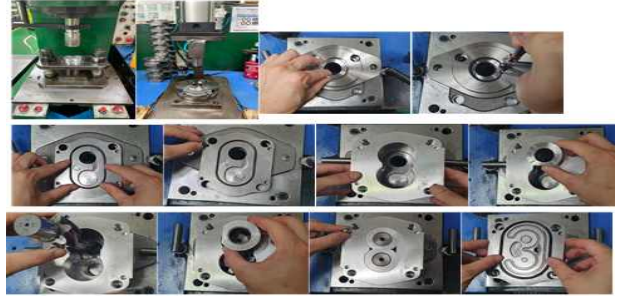
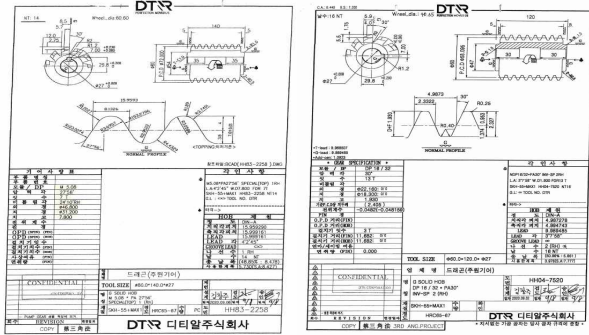


< 선진사 제품 성능 테스트 >

< 헬리컬 기어 설계 >

○ 헬리컬 기어펌프 제조 공정 최적화 프로세스 정립

- 헬리컬 기어 절삭 공정, 열처리 공정의 가공 공정과 조립 공정에 대한 절차서 작성 등 공정 최적화를 통해 개발품의 양산 성능을 확보함.

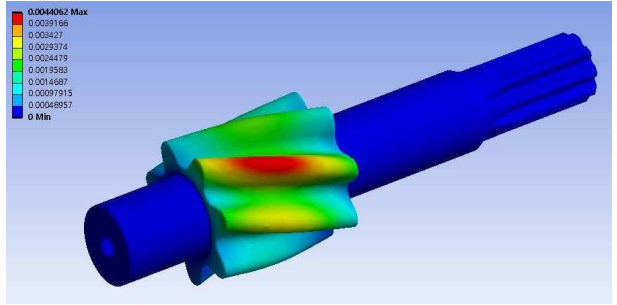
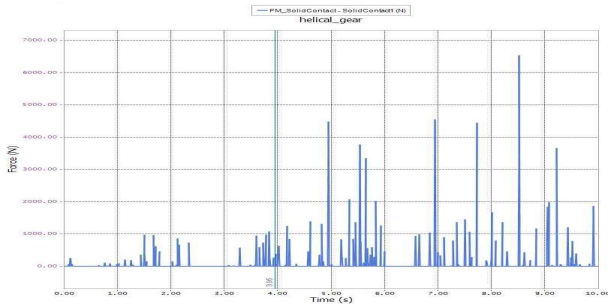


< 헬리컬 기어 전용 치구 설계/제작 >

< 개발품 품질 검사 프로세스 정립 >

○ 구조 강도 해석 기반 소재 및 안전성 평가 기술 확보

- 동해석 기반 접촉이력 분석을 통해 헬리컬 기어 치형 및 Shaft 구조 안전성 검증과 수명 예측 결과를 설계 최적화에 활용함.



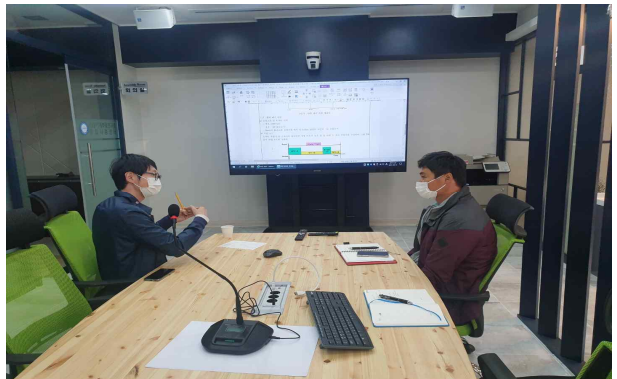
< 동해석 기반 접촉 이력 분석 >

< 접촉 이력 기반 치형 피로 강도 해석 >

○ 트랙터 Field 실효하 측정 기반 시험 코드 설계 및 시험평가 방법 정립

- 트랙터 적용 Field 및 PG 기반 실 사용 부하 기반의 가속 시험 설계 기술 확보
- 완성차 제조사(L社)와의 협업을 통해 즉시 납품 가능 수준의 수명 시험 코드 개발 등 양산성능 평가를 위한 시험방법 정립에 활용함.

<p><b>표준 작업모드 도출</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>트랙터 기어펌프</li> <li>표준작업모드(예시)</li> <li>작업모드</li> <li>조종모드</li> <li>표준작업모드 도출</li> <li>주행</li> </ul>	<p><b>실차 부하 측정 시스템 구성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>실차 측정 부하(압력, 유량, 온도)</li> </ul>	<p><b>CUP 데이터 측정</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>표준작업모드에서의 압력 측정</li> </ul>
<p><b>신뢰성 보증 시험 설계</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>보증 수명 시험시간 계산</li> <li>수명분포: Weibull 분포(β)</li> <li>보증수명(B<sub>10</sub> life): 2,000시간</li> <li>신뢰수준(CL): 80 %</li> <li>시료수(n): 1개</li> </ul> $t_s = \left( B_{obs} \left[ \frac{\ln(1 - CL)}{n \ln(1 - D)} \right] \right)^{1/\beta} / AF$	<p><b>가속 모델결정 및 가속계수 산출</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>가속 인자: 압력</li> <li>가속 모델: 역승 모델</li> <li>가속 계수</li> </ul> $AF = \left( \frac{P_{test}}{P_{field}} \right)^n$	<p><b>Duty Cycle 도출</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>CUP 데이터 분석 결과</li> <li>등가 압력</li> <li>등가 유량</li> </ul>

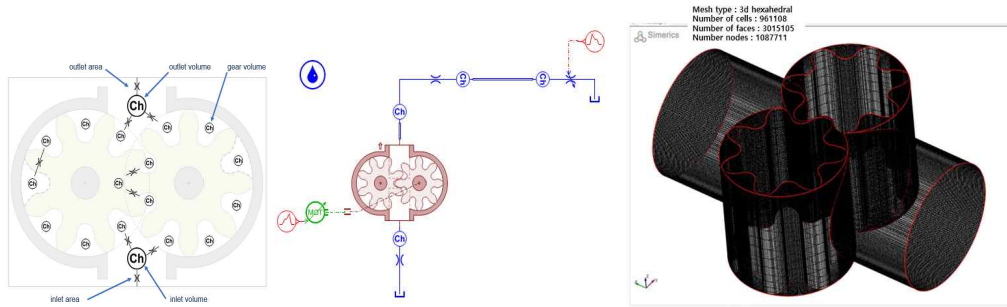


< Field 부하 기반 시험 코드 개발 절차 >

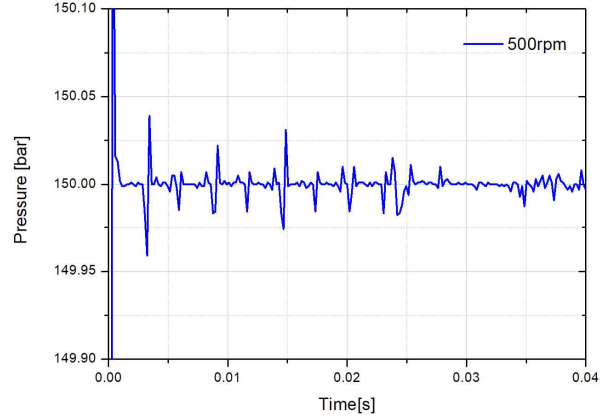
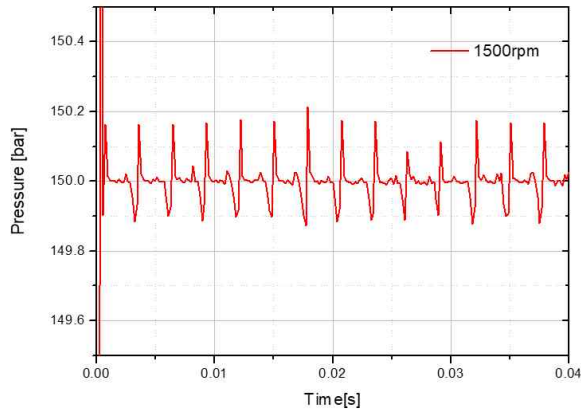
< 수요기업(L社)과 협업 기반 시험방법 정립 >

○ 유압 해석프로그램 기반 맥동 최적화 기술 확보

- AMESim(집중파라미터시스템)과 SimericsMP+(전산유동해석, 분포파라미터시스템)을 이용한 맥동 시뮬레이션을 수행하여, 맥동 저감 최적 설계에 활용함.



<AMESim 및 SimericsMP+ 시뮬레이션 모델>



<압력 맥동 시뮬레이션 결과(좌 :1500rpm 150bar, 우 : 500rpm 150bar)>

(2) 정량적 연구개발성과

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치	연구 결과	목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준			
1	기계효율	%	일본/KAYABA	100	85	85 이상	88.1	선진사 성능 수준 참조
2	용적효율	%	스웨덴/Volvo	100	85	95 이상	95.8	
3	최대압력	bar	일본/KAYABA	100	90	270 이상	272	
4	최대 회전속도	r/min	일본/KAYABA	100	85	3,000 이상	3,007	
5	정격유량	l/min	일본/KAYABA	100	85	57.2±2	56.3	
6	압력맥동	%	일본/KAYABA	100	80	±5 이하	0.2	
7	고온시험	℃	-	-	-	90	90 (효율저하 0.2%)	
8	저온시험	℃	-	-	-	-33	-33 (효율저하 0.2%)	
9	진동시험	-	-	-	-	외관손상 없음	외관손상 없음	
10	소음시험	dB	-	-	90	65	63	
11	보증수명	시간	-	-	-	2,000 이상	500시간 (가속수명조건, 효율저하 1.3%)	수요처 요구수준

### (3) 세부 정량적 연구개발성과

#### [과학적 성과]

##### 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021년도 대한기계학회 신뢰성부문 춘계학술대회	신슬기	2021. 04. 29.	제주 오리엔탈 호텔2층 (제주 제주시)	대한민국
2	2021년도 한국동력기계공학회 춘계학술대회	박민규(지상원)	2021. 06. 10.	스탠포드 호텔앤리조트 (경남 통영시)	대한민국

##### 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2021년	시험 성적서	2021. 05. 07.	C21N900113-01-01-(00-00)

#### [기술적 성과]

##### 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	지식재산권	KR	(주)진서정 밀	2021.04. .26	10-2021 -005396 7	1-1-202 1-04885 56-92				100	

##### ○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

#### [경제적 성과]

##### 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

##### 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

##### 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발	국내	헬리컬 기어펌프	농업용 트랙터 메인펌프	진성정밀	-	-	-	-
2	자기실시	기존 공정 개선	국내	기어펌프	농기계 Cooling용	진성정밀	460,151	220,192	2020	20

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
기어 펌프	2020	460,151	220,192	708,969	간접매출
합계		460,151	220,192	708,969	

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		헬리컬 기어펌프			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(천원)	15,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		0	300,000	500,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	2	4
국외			1	2	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		- Helical pump에 전자제어밸브가 부착된 Ass'y 개발 - 양방향 회전 Helical pump 개발 - 축력보상 방법이 Piston+Oil Groove 타입의 Helical pump개발			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		0	1,000,000	2,000,000	
	수출	0	500,000	1,000,000	

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	헬리컬 기어펌프	진성정밀	1	0	1
합계			1	0	1

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	6
		생산인력	24
	개발 후	연구인력	7
		생산인력	23

### 3-2. 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 선진사 제품의 샘플 구조와 설계 기술 분석(Layout 설계)	○ 국외 선진업체 3개사에 대한 구조 및 효율 시험을 통한 성능평가 기준 확보 ○ 국내·외 특허 분석을 통한 지적 재산권 회피 방안 및 개발품 최적화 설계 전략 수립	○ 100%
○ 고속/고압 및 고효율 작동을 위한 기어펌프 부품의 상세 설계 및 시제품 제작	○ 구조강도, 유압시스템 해석 기반의 케이싱 및 기어의 최적화 소재 선정 및 설계 ○ 헬리컬 기어의 비틀림각 만큼의 축력 보상을 위한 오리피스 설계로 고속/고압 조건 내구성 강화 설계 ○ Excel 기반 설계 프로그램 개발로, 설계 기준 변화 대응 기술 확보	○ 100%
○ 생산 공정 최적화 프로세스 정립	○ 헬리컬 기어 제작을 위한 전용 치구 설계 및 제작 ○ 생산, 조립 공정에 대한 절차 표준화를 통해 양산 품질 향상을 위한 프로세스 정립	○ 100%
○ 헬리컬 기어펌프 구조 강도해석	○ 헬리컬 기어 축 및 치형에 대한 동역학 해석과 접촉 이력에 근거한 구조 안전성 평가 ○ 기어펌프 케이싱에 대한 고압 조건에서의 구조 해석 기반 안전성 평가	○ 100%
○ 시제품의 내구시험을 위한 가속 시험법 개발	○ 트랙터용 기어펌프의 사용환경을 고려한 실차 부하 측정 표준작업모드 도출 ○ 표준 작업모드 기반 기어펌프의 Field 등 실사용 조건 부하 계측과 부하 분석 기반 가속 시험 조건 도출 ○ 헬리컬 기어펌프의 FMEA 분석을 통한 주요 고장 인자 도출과 Field 등가 압력 기반의 B <sub>5</sub> 2,000시간 보증을 위한 가속 시험조건 도출	○ 100%
○ 성능, 내환경 시험 평가 검증 및 내구시험을 통한 수명 신뢰성 확보	○ ISO, JIS, KS 등 국내외 표준 분석과 수요기업 (L社)와의 협의를 통해 시험방법 표준화 정립 ○ 성능/내구, 내환경 시험 전용 JIG&Fixture 설계 및 제작 ○ 성능/내구, 내환경 시험 수행을 통한 개발품의 성능 확인 및 신뢰성 검증	○ 100%
○ 범용 유압 해석 프로그램 기반 헬리컬 기어 펌프 정특성/동특성 시뮬레이션 프로그램 개발	○ AMESim 기반 헬리컬 기어 특성 해석 프로그램 개발 ○ 축력 보상을 위한 유로 변경에 따른 특성 시뮬레이션 등으로 최적화 설계 지원 ○ 시뮬레이션 기반 맥동 해석을 통한 제품 최적화 설계 지원	○ 100%

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 본 사업으로 산학연 협력 체계를 구축하여 제품 설계 기술, 신뢰성 평가기법, 시험 평가 수행 등의 공동 연구를 통하여 원천기술 확보 및 독자 브랜드 개발을 위한 기틀을 마련함.
  - 현재 국내 유압 부품은 대부분 대일 의존도가 높은 제품으로 중소기업이 자체적으로 원천기술을 개발하고, 독자적 브랜드를 생산하여 수요시장에 진입하기가 매우 어려운 품목임.
  - 본 기술개발 과제를 통해 산학연 협력과 농기계 제조사(L社)와의 협업 체계를 구축하여, 트랙터 즉시 적용 수준의 기술력을 확보함에 따라 독자 브랜드 Line-Up을 안정적으로 확대함.
  
- 국내 트랙터 시장 규모는 약 5,000억원 규모로 본 사업을 통한 고기능 유압부품의 국산화 제조 기술, 생산 기술 확보로 약 100억원 수입 대체 효과 기대됨.
  - 헬리컬 기어는 매우 정밀한 제작이 요구됨에 따라 전량 수입에 의존하고 있는 품목으로 제품 생산과 가격 경쟁력이 큰 요소로 작용하고 있어, 농기계 적용에 애로사항이 있음.
  - LS엠트론, 대동공업 등과 같이 국내 완성차 생산 기업에서는 국제 소부장 이슈 등의 문제로 인한 유압 부품 수급 지연 문제로 핵심 부품의 국산화를 추진하고 있는 중임.
  - 본 사업을 통해 고압, 높은 회전 속도에서의 기어 설계/제조 기술을 확보하였으며, Field 실사용 부하 기반의 성능 평가 및 신뢰성 검증으로 즉시 적용 수준의 제품 완성도를 확보함에 따라 수입 대체에 따른 100억원의 대체 효과가 기대됨.
  
- 또한, 기어펌프는 트랙터뿐만 아니라 건설기계, 특장차, 방산장비 등 유관산업에 파급력이 높은 제품으로 연구개발을 통한 저변 확대 및 지속적인 매출 증대를 기대할 수 있음.
  - 독자 브랜드 Line-Up과 유관산업 After-Market 등 신규 수요 시장 확대를 통한 매출 증대는 기술 경쟁력을 갖는 강소 기업의 밑거름이 되며 이를 통해 연간 2명 이상의 일자리를 창출함.
  - 유압부품은 유관산업으로의 파급효과가 큼에 따라 일자리 창출과 고용 안정화 효과로 지역 경제 동반 성장 및 활성화 효과를 기대할 수 있음.

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

### ○ 신규 수요 시장 창출

- 본 사업을 통해 확보된 신규 Line을 중심으로 자체 브랜드화를 위한 투자를 통해 미국의 MEGA Machinery, Hydraram, Cmarket 등 After Market에 홍보 및 OEM 방식으로 납품으로 고착화된 국내·외 유압부품 수요시장 확대가 가능함
- 해외 선진사 대비 기계/용적 효율이 높고, 단가 대비 AS 및 Lead Time가 용이하여 해외 대체용으로 용이함. 또한 고객사에 맞는 Special type 대응이 가능하여 다양한 고객사유치가 가능함

<해외 선진사 제품과 비교사항>

구분	단위	해외 선진사	개발제품
기계효율	%	85	88.1
용적효율	%	90	95.9
소음	dB	70	63.5
단가	천원	250	100
AS	-	X	O
Lead time	주	12	6
Special type	-	X	O

<사업화를 위한 후속 투자계획>

구분	(2021)년 (개발종료 해당년)	(2022)년 (종료 후 1년)	(2023)년 (종료 후 2년)	(2024)년 (종료 후 3년)	(2025)년 (종료 후 4년)	(2026)년 (종료 후 5년)
사업화 제품명	Gear pump 25.cc	Gear pump 7.6~15.2cc	Gear pump 7.6~15.2cc	Gear pump 30.5cc~40.6cc	Gear pump 30.5cc~40.6cc	Gear pump
투자계획(백만원)	-	15	30	15	30	-
비고	-	금형비	공인기관 성능 시험	금형비	공인기관 성능 시험	-

<국내.외 주요판매처 현황>

판매처	국가 명	판매 단가 (천원)	예상 연간 판매량(개)	예상 판매기간(년)	예상 총판매금 (천원)	관련제품
대동공업(주)	한국	100	1,700	5	850,000	Helical Gear pump
LS엠트론(주)	한국	100	1,500	5	750,000	
Parker	미국	250	1,200	3	900,000	Gear pump +전자제어밸브
Jun HYD	한국	300	200	3	180,000	
LAEF	중국	300	100	3	90,000	



**<개발제품 마케팅 계획>**

내 용		2021년		2022년		2023년		2024년	
		상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기	상반기	하반기
시장검증	고객적용시험								
Pilot Market 진출									
마 켓 팅	고객방문제품홍보								
	전시회 참가								
	해외무역사절단참가								
	고객초청 제품홍보								
대량생산	설비 보완								
Line Up	Series 제품 개발								

○ 타 유사 산업으로의 시장 확대

- (건설기계) 최근 광산, 대형장비와 특수 목적용 어태치먼트의 개발이 활발히 이루어짐에 따라, 열 관리 및 유압 효율 최적화를 위한 냉각팬 구동과 파일럿 압력을 전달하는 핵심부품으로 적용이 가능함
- (특장차) 중량 규제 등에 제약요소에 따라 고압을 내기위한 대형부품 적용에 한계가 발생함에 따라, 소형-경량화, 고효율이 가능한 기어펌프로 대체 적용이 가능함

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내	2	
	국외		
	계	2	
특허등록	국내	2	
	국외		
	계	2	
인력양성	학사		
	석사	1	
	박사		
	계	1	
사업화	상품출시	2	
	기술이전		
	공정개발	2	
제품개발	시제품개발	2	
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보		1	
포상 및 수상실적		1	
정성적 성과 주요 내용			

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화기술연구개발사업 30~50HP 급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 접촉 헬리컬 기어펌프 개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단농기계산업화기술연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

2021년도 대한기계학회 신뢰성부문 춘계학술대회 논문집 KSME21RE-Th02P11

## 필드작업부하 기반 트랙터용 헬리컬 기어펌프의 가속시험코드 개발

신슬기† · 정동헌\* · 김재범\* · 김명성\* · 김현호\* · 강범준\*

†건설기계부품연구원

### Development of acceleration test code for helical gear pump for tractor based on field workload

Sul-Gi Shin†, Dong-Heon Jung\*, Jae-Bum Kim\*, Myung-Sung Kim\*, Hyun-Ho Kim, Beom-Jun Kang  
†\*Korea Construction Equipment Technology Institute

**Key Words:** Tractor(트랙터), Gear Pump(기어펌프), Helical Gear(헬리컬기어), Field workload(작업부하), Accelerated Test Code(가속시험코드), Reliability Test(신뢰성 시험)

**Abstract:** Agricultural machinery tractors perform tasks such as loading and traction with power using a hydraulic source generated from an external gear pump. Existing spur gear type hydraulic pumps have the disadvantage of being very noisy. To improve this, a low-noise, low-vibration gear pump was developed by developing a helical gear of a continuous one-point contact method. Due to the characteristics of tractors used in rough terrain, high reliability is required. In this study, field usage condition load was measured to develop reliability verification test codes such as durability life of helical gear pump for tractor. By analyzing this, a test profile for the application of the bench test was designed, and an accelerated life test method was developed to guarantee the reliability of the developed product.

**초록:** 유압펌프 중 외접기어 펌프는 사용 가능한 회전속도, 압력, 점도 범위가 넓어 농기계 및 건설, 방산, 특장차 등에 주로 사용되고 있으나, 소음이 심하다는 단점을 가지고 있다. 트랙터는 동력 취출, 견인 등 다양한 농업 환경에서 경운, 경지, 운반 등을 수행하는 기어펌프가 적용된 대표적인 농기계이다. 트랙터는 최근 배기 가스 규제 등 환경 문제와 농촌 고령화 문제로 작업 효율의 증가와 진동/소음에 대한 개선을 지속적으로 요구하고 있다. 기존의 기어펌프는 가공성과 내구성이 우수한 평기어 방식으로 주로 제작이 되어 고압조건에서 폐입현상 등으로 인해 소음과 진동이 매우 크게 나타났었다. 이를 개선하기 위해 연속 원호 1 점 접촉 방식의 헬리컬 기어를 개발하여 높은 회전속도, 고압조건에서 저소음, 저진동 실현이 가능한 기어펌프를 개발하였다. 트랙터는 논, 밭 등 주로 비포장 노면에서 사용됨에 따라 높은 신뢰성이 요구됨으로 이를 반영한 시험코드 개발이 필수적으로 요구된다.

본 연구에서는 트랙터용 헬리컬 기어펌프의 내구수명 등 신뢰성 검증 시험코드 개발을 위해, 건설기계 부품연구원 실차시험장을 활용하여 기어펌프의 필드 작업 부하를 측정하였다. 필드 작업 부하 측정 시 실사용 조건을 고려하여 작업모드를 정의하고 작업비율을 선정하였다. 정의한 작업모드를 활용하여 기어펌프 사용 부하를 측정하고 DB 화 하였으며, 구축된 부하 DB 는 수명 계산 기법과 작업비율을 활용하여 정량화된 부하 조건으로 변환하였다. 시험 장비 적용을 위한 시험코드는 기존 기어펌프의 FMEA, 고장모드를 기반으로 시험 프로파일을 설계하여 필드 부하와 비교를 통해 개발제품의 신뢰성 보증을 위한 가속수명시험법을 개발하였다.

#### 후 기

본 연구는 첨단농기계산업화기술개발사업의 지원을 받아 수행한 결과입니다.(과제번호 : IPET120072011HD020)

#### 참고문헌

- (1) KIMM, 2008, "Gear pump for agricultural machinery" Reliability Standard, RS B 0063
- (2) KOCETI, 2017, "Gear pump for excavator of Oil Fan" Reliability Standard, RS-KORAS-KOCETI-004
- (3) Heinz P. Bloch, Fred K. Geitner, 1997, "Machinery Failure Analysis and Troubleshooting", Third Edition Vo. 2, Gulf Company

† SUL GI SHIN, shinsg03@koceti.re.kr

© 2021 The Korean Society of Mechanical Engineers



# 필드작업부하 기반 트랙터용 헬리컬 기어펌프의 가속시험 코드개발

Development of acceleration test code for helical gear pump for tractor based on field workload

신승기·정동현\*·김재범\*·김명성\*·김현호\*·강범준\*

\* 건설기계부품연구원



## 개요

- ▶ 다양한 농업 환경에서 경운, 정지, 운반 등을 수행하는 트랙터의 **작업기** 동작을 위한 에너지를 생성하는 기어펌프의 신뢰성 검증을 위한 가속수명시험 조건 설계 방법에 대한 연구
- ✓ 적용 시스템 및 사용조건에 따라 부하가 **가변되는** 기계 부품의 경우 사용 부하가 일정한 전자 부품과 달리, 가속수명시험 조건 설계(가속계수 산출) 기준이 되는 실제 사용 조건 데이터에 대한 정보가 매우 미흡
- ✓ 이의 해결 방안으로 Field 사용 환경에서의 부하를 계측하고 이를 분석하여 Field 사용조건을 등가 하는 시험 Code 개발 및 신뢰성 검증을 위한 가속수명 시험 조건을 설계하는 절차 및 방법에 대한 제시

## 대상 부품

### ▶ 헬리컬 기어 펌프

- ✓ 기존 직선 2점 기어 접촉에서 연속 원호 1점 기어 접촉을 구현
- ✓ 유압 작동유의 감칠에서 발생하는 **페인** 현상 감소를 통한 진동/소음 최소화



< 헬리컬 기어 펌프 형상 > < 내부 구조 > < 기어 형상 >

## 가속 시험법 설계 절차



## 실차 운용 조건 계측 및 분석

### ▶ 표준 작업 모드

- ✓ 트랙터의 작업 환경 중 기어펌프의 부하가 가중되는 작업모드(로더, 후단 실린더 돌작, 주행)를 선정



< 트랙터용 기어펌프 작업 모드 >

### ▶ CUP 데이터 측정

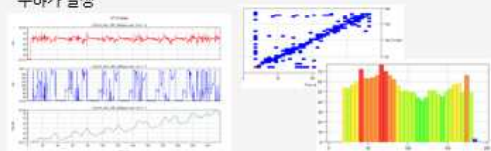
- ✓ 실차 측정 부하는 기어펌프의 **토출 유량, 압력, 온도**를 측정



< 데이터 계측 시스템 구성 >

### ▶ Duty Cycle 분석

- ✓ 측정 부하에 대해 등가 압력 및 유량을 산출
- ✓ 기어펌프의 작용하는 부하는 시간당 평균적으로 약 125 bar, 32 l/min의 부하가 발생



< 실차 시험 측정 그래프(로더작업) >

< Duty Cycle 분석 >

## 수명시험 시간 산출

- ✓ 트랙터 유압부품의 보증 수명은 1년 내외로 약 2,000 시간의 내구 수명을 요구

### ✓ 무고장 수명 시험 시간 산출

- 주요 고장모드 : 기어의 마모/파손
- 수명 분포(B<sub>10</sub>) : 3.0 적용(와이블분포)
- 보증 수명(B<sub>10</sub>) : 2,000시간
- 신뢰 수준 : 80 %
- 시료 수 : 2개
- 무고장 시험시간(t<sub>n</sub>)

$$t_n = B_{10p} \cdot \left[ \frac{\ln(1-C/L)}{n \cdot \ln(1-p)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$= 2,000 \cdot \left[ \frac{\ln(1-0.8)}{2 \cdot \ln(1-0.1)} \right]^{\frac{1}{3}} = 4,962h$$

### ✓ 가속 수명 시험 시간

- 가속 모델 : **열승모델**
- 가속 조건 : 압력 가속
- 가속계수(AF)
  - F<sub>test</sub> : 시험 압력(bar).
  - F<sub>field</sub> : 실차 등가 압력(bar).
  - n : 가속지수

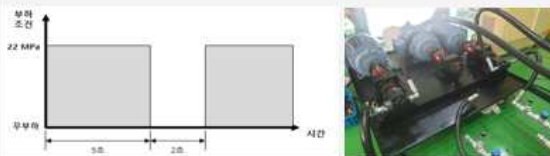
$$AF = \left( \frac{F_{test}}{F_{field}} \right)^n = \left( \frac{220}{125} \right)^{4.0} = 14.1$$

$$t_{na} = \frac{t_n}{AF} = \frac{4,962}{14.1} \approx 352h$$

## 벤치 가속 내구 시험코드

- ✓ 헬리컬 기어펌프 2개를 약 360시간 동안 가속 수명 시험 B10 2,000시간을 보증하는 것으로 계산

- ✓ 가속 시험을 위한 Test Code는 기어의 파손을 유발하는 충격 부하 조건으로 설정하고, 5초 부하 유지, 5초 휴지 조건으로 시험을 실시



< 벤치 TEST Code >

< 벤치 시험 장비 구성 >

## 결론

- ▶ 가혹 환경 조건에서 운용되는 트랙터용 기어펌프의 작업 시 작용하는 하중을 계측하고, 분석하여 헬리컬 기어펌프 보증 수명 검증을 위한 가속 수명 시험 코드를 개발
- ▶ Field 부하와 벤치 TEST Code의 동일한 분석기법을 활용한 데미지 분석 통해 시험 코드의 유효성 검증 작업을 수행 중
- ▶ 향후, 가속 시험 결과의 신뢰성 분석을 수행하여 시험코드와 Field와의 상관 관계 및 보정 계수 도출 등 유압부품 신뢰성 시험코드 개발을 위한 기초 자료로 활용할 예정

## 압력각 및 리드에 따른 연속접촉 헬리컬 기어의 특성에 관한 기초 연구 Study on the Characteristics of Continuous Contact Helical Gears by Pressure Angle and Lead

박민규 · 장호성 · 장지성 · 지상원\*

Min-Gyu Park, Ho-Seong Jang, Ji-Seong Jang and Sang-Won Ji\*

부경대학교 기계시스템공학과

\* E-mail(CA) : jsw@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6190

**Abstract** : A hydraulic external gear pump with a simple structure, excellent durability, and low price has been pointed out as a disadvantage of relatively loud noise. In this paper, to improve the performance of the double arc continuous contact helical gear pump developed for noise reduction, the results of basic research on the gear tooth characteristics according to the gear pressure angle and lead are presented. The results of the basic research are expected to be usefully utilized as basic design data for improving the performance of the double arc continuous contact helical gear pump in the future.

**Key Words** : Helical Gear, Continuous Contact, Pressure Angle, Lead, Gear Pump

### 1. 서 론

유압 외접 기어펌프는 시판되고 있는 유압펌프 가운데서 구조가 간단하고, 내구성이 우수하며, 비교적 저렴한 가격으로 공급되기 때문에 가장 널리 사용되는 펌프이나 비교적 큰 소음이 단점으로 지적되고 있다.

따라서 본 논문에서는 외접기어펌프의 소음저감을 목적으로 개발된 이중원호 연속접촉 헬리컬 기어펌프의 성능 개선을 위해 기어 압력각 및 리드에 따른 기어 치형 특성에 관한 기초 연구 결과를 제시하고자 한다.

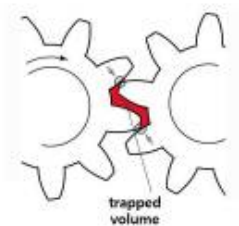


Fig. 1 Trapped volume of spur gear pump

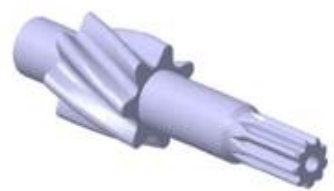


Fig. 2 Circular-arc tooth for helical gear pump

### 2. 이중원호 연속접촉 헬리컬 기어 치형

유압 외접 기어펌프에서 일반적으로 사용되는 인벌류트 평기어 치형의 펌프에서는 Fig. 1에 나타내는 바와 같이 2 개 점에서 기어 이가 동시에 접촉하는 순간이 발생한다. 이때 기어 이 사이에 갇힌 체적(trapped volume)이 발생되고 기어의 회전각 변화와 더불어 갇힌 체적의 감소 및 증가에 따라 펌프송출 압력보다 높은 압력과 진공압이 각각 형성되므로 펌프의 맥동, 진동 및 소음이 증가한다.<sup>1)</sup> 따라서 이중원호 및 인벌류트 곡선을 적용하여 기존 단순 인벌류트 평기어 치형을 Fig. 2와 같은 헬리컬기어 치형으로 변경하여 갇힌 체적이 최소화된 연속접촉 헬리컬 기어펌프가 고안되었다.<sup>2)</sup>

#### 2.1 압력각에 따른 기어 치형

기어의 압력각은 기어중심에서 치형과 피치원이 만나는 점을 잇는 직선과 치형과 피치원이 만나는 점의 접선이 이루는 각을 의미한다. 일반적인 인벌류트 기어의 경우, 압력각이 증가하면 치의 형상은 완만해지고 물림 길이가 짧아져 기어의 물림률이 감소한다. 반면에 압력각이 감소하면 치의 폭도 감소하고 물림 길이가 길어지게 되므로 물림률은 증가한다.

이중원호 연속접촉 헬리컬 기어의 압력각  $\alpha[m]$ 에 따른 기어 이끝부의 원호 반지름  $\rho_r[m]$ 을 Fig. 3에 각각 나타낸다. Fig. 3의 결과로부터 압력각이 증가하면 이끝과 이뿌리를 잇는 천이곡선의 길이가 증가하고 이끝 및 이뿌리의 원호 반지름  $\rho_r$ 이 감소되므로 기어 치형이 변하게 된다.

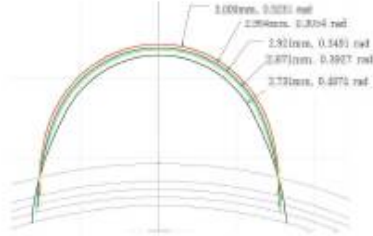


Fig. 3 Circular arc radius with pressure angle change

## 2.2 리드에 따른 기어 치형

리드는 헬릭스 기어의 1회전당 헬릭스 기어의 축 방향 전진 거리를 의미하므로 Fig. 4에 나타내는 바와 같이 리드는 기어의 헬릭스 각도와 피치원 지름에 의해 결정되어 헬릭스 각도  $\beta$  [rad]를 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{2\pi \cdot r_m}{L}\right) \quad (1)$$

여기서,  $r_m$ 은 피치원 지름[m],  $L$ 은 리드[m]를 각각 의미한다.

비틀림 형상을 가지는 헬리컬 기어에서 동일한 특징 이 (teeth)를 기준으로 앞면과 뒷면 사이의 회전 각도를 의미하는 전체 헬리컬 회전 각도(total helical rotation angle)  $\Theta$  [rad]는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.3)

$$\Theta = \frac{H \tan \beta}{N \cdot m_t \cdot \pi} \cdot 2\pi \quad (2)$$

여기서,  $H$ 는 기어의 깊이[m],  $N$ 은 기어의 잇수,  $m_t$ 는 축적각 모듈(transverse module)을 각각 의미한다.

전체 헬리컬 각도에 따른 리드와 전체 헬리컬 회전 각도에 따른 헬릭스 각도는 각각 식 (3)과 (4)로 나타낼 수 있다.

$$L = \frac{H \cdot r_m \cdot 4\pi}{N \cdot m_t \cdot \Theta} \quad (3)$$

$$\beta = \sin^{-1}\left(\frac{m_n \cdot N \cdot \Theta}{2 \cdot H}\right) \quad (4)$$

여기서,  $m_n$ 은 치적각 모듈(normal module)을 의미한다.

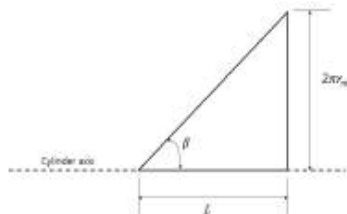


Fig. 4 Lead for Helical Gear

Table 1 Helix and total helical rotation angles by lead

$L \times 10^{-3}$ [mm]	$\beta$ [rad]	$\Theta$ [rad]
323.8817	0.2625	0.6632
298.3990	0.2838	0.7156
276.2542	0.3052	0.7679
256.8052	0.3267	0.8203
239.5641	0.3484	0.8727
224.1533	0.3703	0.9250
210.2758	0.3924	0.9774
197.6946	0.4147	1.0297

식 (1)-(4)를 이용하여 리드 크기에 따른 헬릭스 각도 및 전체 헬리컬 회전각도를 Table 1에 나타내었다. Table 1의 결과로부터 리드가 감소하면 헬릭스 각도 및 전체 헬리컬 각도가 증가하는 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 외접기어펌프의 소음저감을 위해 개발된 이중 원호 연속접촉 헬리컬 기어펌프의 성능 개선을 위해 기어 압력각 및 리드에 따른 기어 치형 특성에 관한 기초 연구 결과를 제시하였다. 결과로부터 압력각이 증가하면 이끝과 이뿌리를 잇는 원이곡선의 길이와 이끝 및 이뿌리의 원호 반지름이 감소하여 기어 치형이 변하는 것을 알 수 있었다. 또한 리드 크기의 증가에 따라 헬릭스 각도 및 전체 헬리컬 회전 각도가 감소하는 것을 확인하였다.

전술한 압력각 및 리드에 따른 기어 치형 특성에 관한 기초 연구 결과들이 향후 이중 원호 연속접촉 헬리컬 기어펌프의 성능 개선을 위한 기본 설계 자료로 활용될 것으로 기대된다.

## 후 기

본 연구의 일부는 농림축산식품부의 첨단농기계산업화 기술개발사업(과제번호 120072-1)의 지원으로 수행되었음.

## References

1. I. Y. Lee, 2012, "Hydraulic Engineering", 2012, pp. 18-19.
2. G. Li, L. Zhang and W. Han, 2018, "Profile design and displacement analysis of the low pulsating gear pump", Advanced Mechanical Engineering, Vol. 10, No. 3, pp. 1-11.
3. X. Zhao and A. Vacca, 2018, "Analysis of continuous-contact helical gear pumps through numerical modeling and experimental validation", Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 109, pp. 352-378.

관인생략



## 출원번호통지서

출원일자 2021.04.26  
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(PJC210073)  
 출원번호 10-2021-0053967 (접수번호 1-1-2021-0488556-92)  
 (DAS접근코드DB77)  
 출원인명칭 주식회사 진성정밀(1-2021-032574-8)  
 대리인성명 특허법인해안(9-2019-100021-0)  
 발명자성명 황지훈 이호선  
 발명의명칭 헬리컬 기어펌프

## 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.  
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.  
 ※ 심사제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-지식재산제도



**【발명의 설명】**

**【발명의 명칭】**

헬리컬 기어펌프(HELICAL GEAR PUMP)

**【기술분야】**

【0001】 본 발명은 헬리컬 기어펌프에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기어 펌프의 구동 도중 축단을 지지하는 유체의 압력을 고압으로 유지할 수 있도록 구현한 헬리컬 기어펌프에 관한 것이다.

**【발명의 배경이 되는 기술】**

【0003】 기어펌프는 엔진이나 전동모터 등에 의해 구동되어 유압원으로서 오일이나 작동유를 포함하는 유체가 펌프 하우징 내부에 흡입되고, 정압을 이용하여 흡입된 유체가 펌프 하우징 외부에 토출되도록 함으로써 여러 가지 유압 장치에 소정의 구동력 또는 유압을 공급하는 장치로 사용되고 있다.

【0004】 종래의 일반적인 기어펌프는 한 쌍의 인벌루트 평기어들이 맞물려 회전함에 따라 오일이 토출되도록 하는 구조로 이루어져 있는데, 인벌루트 평기어는 치형의 절삭이 용이하고 치형의 다듬질 치수 측정도 용이하여 고정밀도의 기어를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

【0005】 그러나, 종래의 헬리컬 기어 펌프의 경우, 도 1에 도시된 바와 같이 기어와 기어를 지지하는 피스톤 간에 기어의 축력과 유압에 의한 피스톤 간의 충격

관통홀보다 전후 관통 길이가 짧게 형성될 수 있다.

【0020】 일 실시예에서, 상기 제3 관통홀은, 상기 제1 관통홀로부터 상기 제2 관통홀로 전달되는 유체가 상기 제2 관통홀을 통해 소용돌이를 형성하면서 배출될 수 있도록 내주면을 따라 나선 방향으로 연장 형성되는 나선 벽체가 일정한 간격으로 다수 개 형성될 수 있다.

**【발명의 효과】**

【0022】 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, 헬리컬 기어의 기어축 후단과 피스톤 사이에 유막을 형성하여 헬리컬 기어의 기어축 후단과 피스톤 간의 충격을 방지하여 피스톤의 변형을 방지하고 피스톤의 내구성을 향상시키는 효과를 제공할 수 있다.

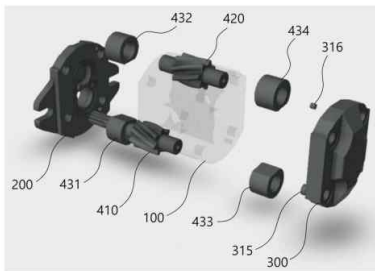
【0023】 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 이하에서 설명할 내용으로부터 통상의 기술자에게 자명한 범위 내에서 다양한 효과들이 포함될 수 있다.

**【도면의 간단한 설명】**

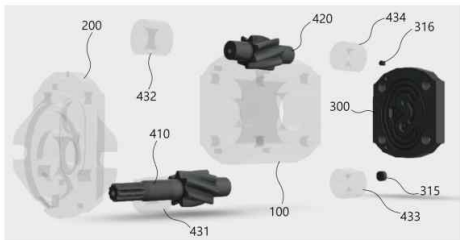
【0025】 도 1은 종래 헬리컬 기어펌프의 연결 구조를 보여주는 도면이다.

도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 헬리컬 기어펌프의 개략적인 구성이 도시된 도면들이다.

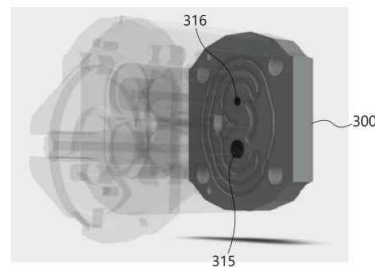
**【도 5】**



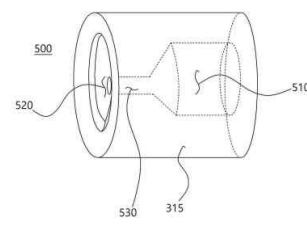
**【도 6】**



**【도 9】**



**【도 10】**





**KITECH**  
한국생산기술연구원

충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89  
Tel: 041-589-8114 | Fax : 041-589-8120 | www.kitech.re.kr

# 시험성적서 (Test Report)

- 1. 성적서 번호 : C21N900113-01-02-(01-00)
- 2. 의뢰자 : 건설기계부품연구원  
전북 군산시 산단로 36 (오식도동)
- 3. 시험기간 : 2021-04-06 ~ 2021-05-04
- 4. 용도 : 과제 제출용
- 5. 품목/시료명 : 헬리컬기어펌프  
\* 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
- 6. 시험방법 : 기어펌프 성능 6중, 내환경 4중, 내구 입회 시험
- 7. 시험결과 : 다음 페이지 참조
- 8. 시험장소 : 건설기계부품연구원 종합시험센터, 전라북도 철재로 1138



시험자	기술책임자
확인 성명 : 신민석	성명 : 오주영
연락처 : petbeat@kitech.re.kr	연락처 : jyoh@kitech.re.kr

2021년 05월 07일

한국생산기술연구원

- 비고 : 1. 본 성적서는 고객이 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과에 한하며, 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
- 2. 본 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금지합니다.
- 3. 본 성적서의 진위 확인은 QR코드로 확인 가능합니다.



## 시험결과 (Test Result)

### 1. 시험대상품 ○ 시험대상품

구분	시험대상	배기용량 (cc/rev)	압력압력 (MPa)	정기 회전수 (r/min)	비고
1	헬리컬 기어박스	25.4	18.0	2,200	

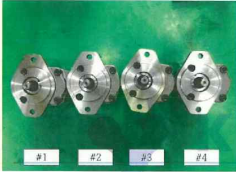


그림 1 헬리컬 기어박스(정면)



그림 2 헬리컬 기어박스(측면)

### 2. 시험기준

#### 2.1. 시험장소

- 건설기계부품연구원 종합시험센터, 천라육도 철새로 1138

#### 2.2. 시험장비

- 유압펌프 신뢰성 시험평가 장비

No	구분	시험장비 사양
1	Operating test pressure	Max. 35.0 MPa
2	Test flow rate	Max. 500 l/min
3	Speed control range	0 r/min ~ 3,000 r/min
4	Operating temperature	-20 °C ~ 80 °C

\* 유압펌프 신뢰성 시험평가 장비의 센서류는 교정일자 인포로 소급상용 확인할 수 있음



### ○ 항온항습챔버

No	구분	시험장비 사양
1	온도	-50 ~ 150 °C
2	습도	20 ~ 98% R.H
3	내부규격	1200[W] x 1400[D] x 1400[H] mm

### ○ 200kN급 전기식 가진기

No	구분	시험장비 사양
1	Max. Payload	1,800 kg 이상
2	Random Force	22,000 kgf
3	Freq. Range	2 ~ 2,500 Hz
4	Table Size	Vertical : 1.5(W)x1.5(D) m Horizontal : 1.5(W)x1.8(D) m

### ○ 소음계

No	구분	시험장비 사양
1	측정 범위	20 ~ 140 dB
2	미이크로폰	Class 1 급
3	특타브 필터	1/3 ~ 31.5 Hz ~ 16kHz 1/3 ~ 6.33 Hz ~ 20 kHz



그림 3 유압펌프 신뢰성시험평가 장비



그림 4 항온항습챔버



그림 5 200kN급 전기식 가진기



그림 6 소음계



### ○ 항온항습챔버

No	구분	시험장비 사양
1	온도	-50 ~ 150 °C
2	습도	20 ~ 98% R.H
3	내부규격	1200[W] x 1400[D] x 1400[H] mm

### ○ 200kN급 전기식 가진기

No	구분	시험장비 사양
1	Max. Payload	1,800 kg 이상
2	Random Force	22,000 kgf
3	Freq. Range	2 ~ 2,500 Hz
4	Table Size	Vertical : 1.5(W)x1.5(D) m Horizontal : 1.5(W)x1.8(D) m

### ○ 소음계

No	구분	시험장비 사양
1	측정 범위	20 ~ 140 dB
2	미이크로폰	Class 1 급
3	특타브 필터	1/3 ~ 31.5 Hz ~ 16kHz 1/3 ~ 6.33 Hz ~ 20 kHz



그림 3 유압펌프 신뢰성시험평가 장비



그림 4 항온항습챔버



그림 5 200kN급 전기식 가진기



그림 6 소음계



No	시험항목	시험방법	시험구분	평가기준	인증규격
7	교온시험	1) 시험 전 전조율 시험을 실시 2) 시험용을 실온상태에 유지시킨 후 시험용의 표면온도 및 내부 온도들 95 °C까지 도달 되도록 30분 이상 안정화 3) 이후 양온도의 온도를 90±2 °C로 조정후 2시간 이상 유지 4) 시험 후 상온, 압력(18.0 MPa)과 정격회전수(2,200 r/min) 조건 전조율 시험을 실시하여 시험 전 전조율과 비교	#3, #4	90 °C / 전조율 차 5% 이내	FS 5 003 능가계측 기어박스
8	저온시험	1) 시험 전 전조율 시험을 실시 2) 시험용을 실온상태에 유지시킨 후 시험용의 표면온도 및 내부 온도들 -38 °C까지 도달 되도록 30분 이상 안정화 3) 이후 저온상태의 온도를 38±2 °C로 조정후 4시간 이상 유지 4) 시험 후 상온, 압력(18.0 MPa)과 정격회전수(2,200 r/min) 조건에서 전조율 시험을 실시하여 시험 전 전조율과 비교	#3, #4	-33 °C / 전조율 차 5% 이내	FS 5 003 능가계측 기어박스
9	진동시험	1) 시험 전 육안검사 실시 2) 시험 조건 - 주파수 범위 : 10~2,000 Hz - 진동폭(최대) : 0.0015~0.03 g <sub>rms</sub> - 가진 형태 : 불균형 진동 - 실험 무게 값 : 3.03 g <sub>rms</sub> 3) 34°C, Y, Z 방향에 대해 각각 100분간 실시 4) 육안으로 외관 손상 확인	#3, #4	외관 손상 없음	FS 5 003 능가계측 기어박스
10	소음시험	1) 정격압력(18.0 MPa), 정격회전속도(2,200 r/min)으로 실험을 가동하고 전조율을 측정 2) 정격압력으로 및 상하부 조건에서 50리 유시험 다음 부리압력(22.0 MPa)에서 50리 간 유시험 10리/리 이하 40리/리 시험 3) 시험 후 전조율 시험을 실시, 시험 전 전조율과 비교	#1, #2	65 dB 이하	FS 5 003 능가계측 기어박스
11	부속수명	1) 정격압력(18.0 MPa), 정격회전속도(2,200 r/min)으로 실험을 가동하고 전조율을 측정 2) 정격압력으로 및 상하부 조건에서 50리 유시험 다음 부리압력(22.0 MPa)에서 50리 간 유시험 10리/리 이하 40리/리 시험 3) 시험 후 전조율 시험을 실시, 시험 전 전조율과 비교	#1, #2	2,000 시간 이상 / 외관 손상 없음	자체 기준

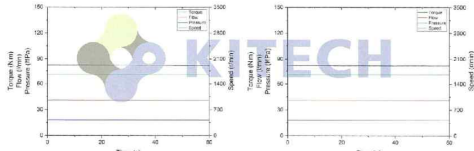


3. 시험 결과

3.1. 기계효율

○ 시험 결과

구분	토크 (N.m)	회전수 (r/min)	유량 (l/min)	압력 (MPa)	기계효율 (%)	비고
# 1	81.5	1851.2	39.5	18.0	87.6	최대 구간 압력 : 정격조건의 100% 구간 회전속도 : 정격조건의 75% 구간
# 2	80.5	1549.5	40.6	18.0	88.6	



[#1 기계 효율 시험그래프]

[#2 기계 효율 시험그래프]



[#1 기계 효율 시험 사진]



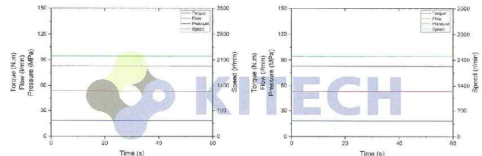
[#2 기계 효율 시험 사진]

그림 7. 기계 효율 시험 결과

3.2. 용적효율

○ 시험 결과

구분	토크 (N.m)	회전수 (r/min)	유량 (l/min)	압력 (MPa)	용적효율 (%)	비고
# 1	82.6	2202.7	53.6	18.0	95.9	최대 구간 압력 : 정격조건의 100% 구간 회전속도 : 정격조건의 100% 구간
# 2	82.6	2200.2	53.5	18.0	95.8	



[#1 용적 효율 시험그래프]

[#2 용적 효율 시험그래프]



[#1 용적 효율 시험 사진]



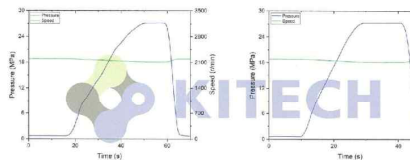
[#2 용적 효율 시험 사진]

그림 8. 용적 효율 시험 결과

3.3. 최대 압력

○ 시험 결과

구분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	시험 결과	비고
# 1	2,112	27.1	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-
# 2	2,110	27.3	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-



[#1 최대 압력 시험그래프]

[#2 최대 압력 시험그래프]



[#1 최대 압력 시험 사진]



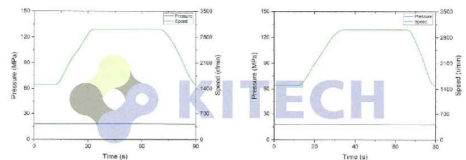
[#2 최대 압력 시험 사진]

그림 9. 최대 압력 시험 결과

3.4. 최대 회전속도

○ 시험 결과

구분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	시험 결과	비고
# 1	3,007	17.9	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-
# 2	3,008	17.9	외관 손상(파손, 균열 등)이 없음	-



[#1 최대 회전속도 시험그래프]

[#2 최대 회전속도 시험그래프]



[#1 최대 회전속도 시험 사진]

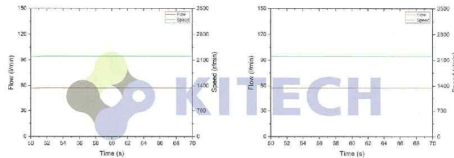


[#2 최대 회전속도 시험 사진]

그림 10. 최대 회전 속도 시험 결과

3.5. 정격 유향  
 ○ 시험 결과

구분	회전수 (r/min)	유향 (l/min)	비고
# 1	2,201	56.4	-
# 2	2,202	56.2	-



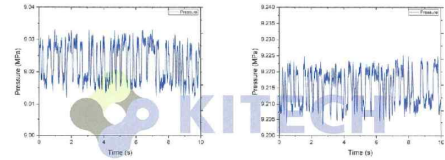
이하 여백

[정격유향 시험사진]

그림 11. 정격 유향 시험 결과

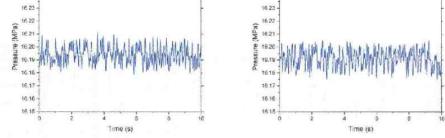
3.6. 압력 맥동  
 ○ 시험 결과

구분	압력 최대 (MPa)	압력 최소 (MPa)	설정 압력 (MPa)	압력 맥동 (%)	비고
# 1	9.03	9.01	9.0	0.22	-
	16.21	16.18	16.2	0.19	
# 2	9.23	9.20	9.2	0.33	-
	16.20	16.17	16.2	0.19	



[#1 압력맥동 시험그래프(정격 50%)]

[#2 압력맥동 시험그래프(정격 50%)]



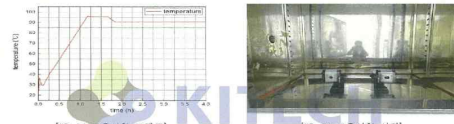
[#1 압력맥동 시험그래프(정격 90%)]

[#2 압력맥동 시험그래프(정격 90%)]

그림 12. 압력 맥동 시험 수행 결과

3.7. 고온 시험  
 ○ 시험 결과

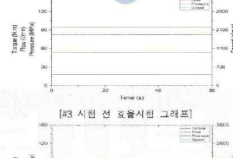
구분	시험온도 (°C)	시험 시간 (hr)	시험 결과		비고	
			구분	효율 시험 (%)		
# 3	90	2	기계	86.3	86.3	-
			윤격	95.5	95.4	
			선	82.4	82.3	
			편차	0.1	0.2	
# 4	90	2	기계	86.2	86.2	-
			윤격	95.0	94.8	
			선	81.9	81.7	
			편차	0.2	0.1	



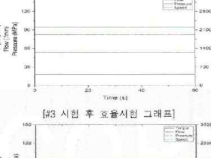
[#3, #4 고온시험 그래프]



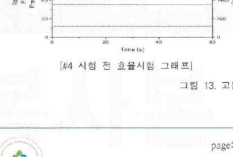
이하 여백



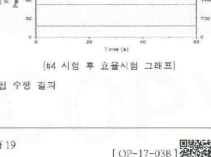
[#3 시험 전 유향시험 그래프]



[#3 시험 후 유향시험 그래프]



[#4 시험 전 유향시험 그래프]



[#4 시험 후 유향시험 그래프]

그림 13. 고온 시험 수행 결과

3.8. 저온 시험  
 ○ 시험 결과

구분	시험온도 (°C)	시험 시간 (hr)	시험 결과		비고	
			구분	효율 시험 (%)		
# 3	-33	4	기계	86.3	86.2	-
			윤격	95.4	95.2	
			선	82.3	82.1	
			편차	0.2	0.1	
# 4	-33	4	기계	86.2	86.2	-
			윤격	94.8	94.6	
			선	81.7	81.5	
			편차	0.2	0.1	



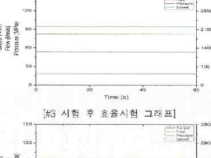
[#3, #4 저온시험]



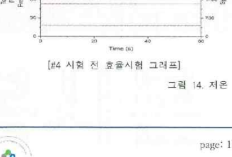
이하 여백



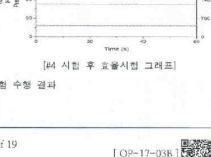
[#3 시험 전 유향시험 그래프]



[#3 시험 후 유향시험 그래프]



[#4 시험 전 유향시험 그래프]



[#4 시험 후 유향시험 그래프]

그림 14. 저온 시험 수행 결과

3.9. 진동 시험  
 ○ 시험 결과

구분	시험 방향	시험 시간 (min)	PSD (g <sup>2</sup> /Hz)	시험 결과	비고
#3	X 축	100	3.05	크랙 및 파손 없음	-
	Y 축		3.05	크랙 및 파손 없음	
	Z 축		3.06	크랙 및 파손 없음	
#4	X 축	100	3.05	크랙 및 파손 없음	-
	Y 축		3.05	크랙 및 파손 없음	
	Z 축		3.06	크랙 및 파손 없음	

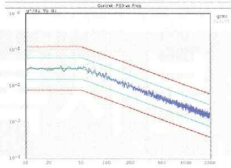
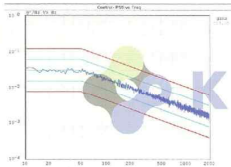


그림 15. 진동 시험 수행 결과

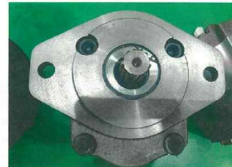
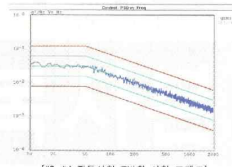


그림 16. 진동 시험 수행 결과(계속)



3.10. 소음 시험  
 ○ 시험 결과

구분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	소음 레벨 (dB)		비고
			후방	좌측	
#1	2,201	18.0	64.1	62.6	-
			64.9	63.0	
			62.8	60.7	
#2	2,199	17.9	64.1	62.6	-
			64.9	63.0	
			62.8	60.7	



그림 18. 소음 시험 수행 결과(계속)

그림 17. 소음 시험 수행 결과



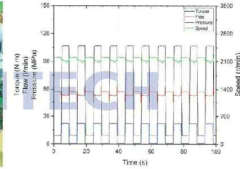
이하 여백

3.11. 보충 수명  
 ○ 시험 결과

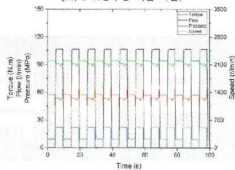
구분	회전수 (r/min)	압력 (MPa)	시험시간 (h)	효율 시험 (%)		확인검사	비고	
				구분	시험 전			시험 후
# 1	2,200	22.0	400 (3,200시간)	기계	86.4	86.0	외관손상 없음	-
				동력	95.9	95.0		
				전진	82.8	81.7		
# 2	2,200	22.0	400 (3,200시간)	기계	85.5	85.9	외관손상 없음	-
				동력	95.8	94.8		
				전진	82.9	81.5		
				편차	1.4			



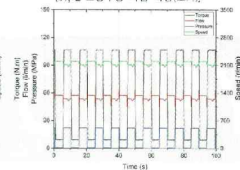
[#1, 2 보충수명 시험 사진]



[#1, 2 보충수명 시험 파워(초기)]

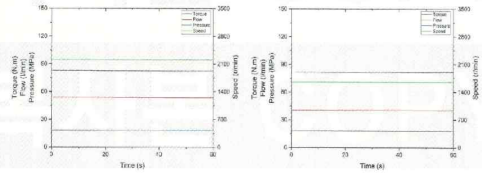


[#1, 2 보충수명 시험 파워(200시간 가동 후)]



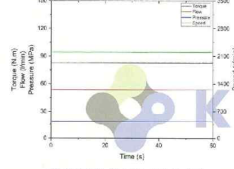
[#1, 2 보충수명 시험 파워(400시간 가동 후)]

그림 19. 보충 수명 시험 수월 결과



[#1 보충수명 전 효율 시험 그래프]

[#1 보충수명 후 효율 시험 그래프]



[#2 보충수명 전 효율 시험 그래프]

[#2 보충수명 후 효율 시험 그래프]



[#1 보충 시험 후 육안 검사(내부)]



[#2 보충 시험 후 육안 검사(외부)]

그림 20. 보충 수명 시험 수월 결과(계속)



---

## 트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

---



수 정 내 용			작성기관	건설기계부품연구원
Rev.	내 용	일 자		
2	신뢰수준 변경(70→80%)	2021.04.16.	작성자	신 슬 기
			초안작성일자	2021. 03. 08.



시험 지침서

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

1. 적용 범위 본 시험 절차서는 트랙터에 적용되어 전, 후방 작업기 구동을 위해 유압에너지 공급 하는 메인 펌프에 대한 부품 단위 성능 및 설치 적용 시험 방법에 대하여 규정한다. 본 시험 지침서의 시험 대상품은 표 1에 따른다.

표 1 적용 범위

항 목	범 위
형 식	정용량형
운용 환경	실외 사용 (-33~50 °C)
배제 용적	25.4 cc/rev
최대 압력	27.00 MPa 이상
최대 속도	3 000 r/min 이상
적용 유체	내마모성 유압작동유 (ISO VG 32-46)

비 고 이 규격의 단위 환산 값들은 다음과 같다.  
 1 bar = 1.0×10<sup>5</sup> Pa = 1.0197 kgf/cm<sup>2</sup>  
 1 L/min = 16.67 ml/s  
 1 kgf = 9.806 N

2. 인용 표준 다음에 나타내는 규격은 이 절차서에 인용됨으로써 이 절차서의 규정일 부분 구성 된다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다.  
 KS A 0006 시험 장소의 표준 상태  
 KS B 6307 기어펌프 및 나사 펌프의 시험 및 검사 방법  
 KS B 6341 유압용 기어펌프(모듈 구형 지름 10 - 50mm)  
 KS B 6360 펌프의 소음테스트 측정방법  
 RS B 0063 농기재용 기어펌프  
 RS-KORAS-KMM-261 산업용 고효율 헬리컬 기어펌프  
 IEC 60068-2-6 Environmental testing - Part2-6: test Fc: Vibration (sinusoidal)  
 IEC 60721-3-3 Classification of environmental conditions - Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities - Section 3: Stationary use at weather protected locations  
 ISO 1219-1 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams Part 1: Graphic symbols for conventional use and data-processing applications ISO 1219-2 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams  
 ISO 3744 Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

4. 샘플링 방법 헬리컬 기어펌프의 성능, 내환경, 내구 시험에 필요한 시료는 제조공정을 대표 할 수 있는 최소의 개수로 한다.  
 a) 모든 시험 시료는 개발중 계 제조사의 자체 성능 테스트를 통과한 시료에 대하여 시험 항목별 규정된 수만큼 임의 추출하여 사용  
 b) 성능/내구 시험 시료는 2개, 내환경 시험 시료 2개를 시료수로 적용  
 c) 내구 시험 시료는 성능 시험을 완료한 제품을 이용하여 내구시험을 수행

5. 시험 평가 기준  
 5.1 성능 평가 기준 모든 시료는 기계효율, 용적 효율 시험을 실시하며, 기타 성능 시험의 시료는 2개도 하여 표 2의 평가 기준을 만족하여야 한다.

표 5 성능 시험의 평가 기준

시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 기준
기계효율	6.2.1	1) 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전속(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정 2) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정	85 % 이상
용적효율	6.2.2	1) 정격압력과 정격회전속(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정 2) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정	95 % 이상
최대 압력	6.2.3	1) 정격회전속(2,200 r/min)에서 모듈부 무부하 상태로 펌프를 기동 2) 모듈부의 부하압력을 최소 압력에서 최대 압력(27.00 MPa)까지 부하압력을 서서히 상승 3) 육안으로 외관손상 확인	27.0 MPa 이상 (270 bar)
최대 회전속도	6.2.4	1) 압력을 정격압력 조건으로 설정 2) 최대 회전속도까지 서서히 상승 3) 육안으로 외관손상 확인	3,000 r/min 이상
경적 유량	6.2.5	1) 모듈부물 무부하 상태로 유지 2) 정격회전속(2,200 r/min)에서 최소 10초이상 모듈 유량 측정 후 평균 값을 계산	572±2 l/min 이상
압력 매동	6.2.6	1) 정격 압력(18.0 MPa) 및 정격 회전 속도(2,200 r/min)의 각각 50 %, 90 % 지점에서 측정	± 5 % 이하
소음	6.2.7	1) 정격압력(18.0 MPa), 정격회전속(2,200 r/min)으로 펌프를 기동 2) 시험실에서부터 1m 거리, 측정방향 3포인트(전,좌,우)에서 각각 측정	65 dB 이하

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

ISO 4391 Hydraulic fluid power-pumps, motors and integral transmissions - Parameter definitions and letter symbols  
 ISO 4412-1 Hydraulic fluid power - Test code for the determination of airborne noise levels - Part 1: Pumps  
 ISO 5558 Fluid power systems and components - vocabulary  
 ISO 12334 Aerospace - Hydraulic, pressure-compensated, variable delivery pumps - General requirements for 35 000 kPa systems  
 ISO 17559 Hydraulic fluid power - Positive - displacement pumps, motors and integral transmissions - Methods of testing and presenting basic steady state performance  
 JIS B 0125-1 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams - Part 1: Graphic symbols for conventional use and data processing applications  
 JIS B 0125-2 Fluid power systems and components - Graphic symbols and circuit diagrams Part 2: Circuit diagrams  
 JIS B 0142 Glossary of terms for oil hydraulics and pneumatics  
 JIS B 8312 Gear pumps and screw pumps - Hydraulic performance acceptance tests  
 JIS B 8327 Testing methods for performance of pump, using model pump  
 JIS B 8350 Methods of noise level measurement for oil hydraulic pumps and motors  
 MIL-STD-810G Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests  
 NFPA T3.9.33 Hydraulic fluid power - Pumps - Method of testing and presenting basic performance data for load sensing pumps  
 SAE J 745 Hydraulic power pump test procedure  
 SAE J 1927 Cumulative damage analysis for hydraulic hose assemblies

3. 용어의 정의 본 시험 절차서에서 사용되는 주된 용어의 정의는 다음에 따른다.  
 a) 배제용적 1 회전 당 토출되는 유체의 부피  
 b) 이론 토출량 배제용적과 회전수의 곱으로 나타내는 토출량  
 c) 정격 압력 연속운전이 가능하며 최고 효율이 발휘되는 압력  
 d) 정격 회전수 연속운전이 가능하며 최고 효율이 발휘되는 회전수  
 e) 최고 압력 간헐적으로 사용할 수 있는 최대압력  
 f) 최고 회전수 간헐적으로 사용할 수 있는 최대회전수  
 g) 축 동력 펌프의 구동축을 회전하는 데에 필요한 입력동력  
 h) 유압동력 작동유의 압력과 유량과의 곱으로 나타낸 것  
 i) 역동 펌프 운전 중에 모듈압력과 모듈량에 주기적으로 변동하고 진동과 소음이 발생하는 현상  
 j) 캐비테이션 유체의 압력이 포화 증기압 이하로 내려가 내부에서 증발하여 기포가 생기는 것  
 k) 효율 입력동력(축동력)과 출력동력(수동력)의 비(백분율)로 표현  
 l) 안정화 시간 고온 시험, 저온 시험에서 시험 대상품이 시험 온도에 도달하여 안정화되는 시간  
 m) 육전 시간 고온 시험, 저온 시험에서 시험 대상품이 시험 온도에 도달하는 시간을 단속시키기 위하여, 황온 초 온도부터 시험 온도보다 높거나 또는 낮은 온도로 설정하여 일정기간 동안 유지하는 시간  
 n) 육성 시간 고온 시험, 저온 시험에서 시험 대상품의 표면 온도가 시험 온도에 도달하는 시간부터 시험 대상품의 내부 온도가 시험 온도에 도달할 때까지의 시간

트랙터용 헬리컬 기어펌프 시험 지침서

5.2 내환경성 평가 기준 효율 시험을 통과한 시료 중 2개도 하여 표 3의 평가 기준을 만족하여야 한다.

표 2 내환경성 시험의 평가 기준

시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 기준
고온	6.3.1	1) 시험 전 전효율 시험을 실시 2) 시험품을 황온조에 위치시킨 후 시험품의 표면온도 및 내부 온도를 95 °C 까지 도달 되도록 30분 이상 안정화 3) 이후 황온조의 온도를 90±2 °C로 조정후 30분 이상 유지 4) 시험 후 상온 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전속(2,200 r/min) 조건 전효율 시험을 실시하여 시험 전 전효율과 비교	- 외관 손상 없음 - 전효율 저하 5% 이내
저온	6.3.2	1) 시험 전 전효율 시험을 실시 2) 시험품을 황온조에 위치시킨 후 시험품의 표면온도 및 내부 온도를 -38 °C 까지 도달 되도록 30분 이상 안정화 3) 이후 황온조의 온도를 -33±2 °C로 조정후 30분 이상 유지 4) 시험 후 상온 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전속(2,200 r/min) 조건에서 전효율 시험을 실시하여 시험 전 전효율과 비교	- 외관 손상 없음 - 전효율 저하 5% 이내
진동 (운송조건)	6.3.3	1) 시험 전 육안검사 실시 2) 시험 조건 - 주파수 범위 : 10-2,000 Hz - 파워스펙트럼밀도 : (0.0015-0.03) g <sup>2</sup> /Hz - 기진형태 : 불규칙 진동 - 진동 피크 값 : 3.03 g(rms) 3) 3축(X, Y, Z) 방향에 대해 각각 100분간 실시 4) 육안으로 외관 손상 확인	- 외관 손상 없음

5.3 수명 평가 기준 종합 성능 시험을 통과한 시료 2개를 40시간까지 계속 수명 시험하여 표 4의 평가기준을 만족하면, 신뢰수준 80 %에서 B<sub>2</sub> 2,000 시간을 보장한다.

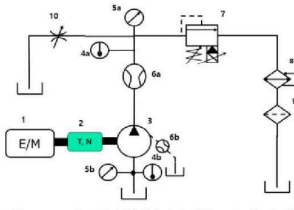
표 3 수명 평가 기준

시험 항목	시험 방법	시험 조건	평가 기준
보충 수명 시험	6.4.1	a) 정격 회전속도, 무부하 조건에서 5.0시간 유지한 후 다음 부하 조건(22MPa)에서 5.0시간 유지 조건으로 400 시간 내구 시험 실시 b) 내구 시험 전 완료 후 효율 시험을 실시	- 내/외관 손상 없음 - 전효율 저하 5% 이내

6. 시험 평가 방법

6.1 시험 환경 및 시험장 조건

- a) 별도의 시험장소의 조건이 명기되지 않는 한 KS A 0006의 상온·상습 상태에서 시험을 수행한다.
- 1) 상온 : (20±15) °C
- 2) 상습 : (65±20) %
- b) 시험 장치 성능 시험 및 내구시험 장비는 그림 2와 같이 구성한다.
- c) 시험의 측정 허용차는 다음에 따른다.
  - 압력 : ±0.2 % FS 이내
  - 유량 : ±1.0 % FS 이내
  - 토르 : 0.5 % FS 이내
  - 온도 : ±2.0 °C 이내
  - 회전속도 : ±2 r/min 이내
- d) 유압유의 사용 조건은 다음에 따른다.
  - 사용온도 : (-20 ~ 100) °C
  - 작동유체 : ISO VG 32 또는 ISO VG 46 상당
  - 유압유 온도 달리 규정하지 않는 한, 성능시험은 (55±5) °C에서 시험



- 1. 가변속 전기모터
- 2. 토모르 및 회전 속도 센서
- 3. 테스트 헬리컬 기어박스
- 4. 온도센서 4a(Tp), 4b(Ts)
- 5. 압력센서 5a(Pout), 5b(Ps)
- 6. 유량계 6a(Out), 6b(In)
- 7. 전지비데틸리프밸브
- 8. 오일 펌프
- 9. 유압 미터
- 10. 가변 스프링 밸브

그림 2. 헬리컬 기어박스 종합성능 기본 유압회로

6.2 성능 시험 방법

6.2.1 용적효율 시험

- a) 작동유의 온도는 (50±5) °C로 설정
- b) 압력 및 회전속도 조건을 변화시켜 그림 3과 같이 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전수(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정
- c) 수식 1을 이용하여 용적 효율을 계산
- d) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정

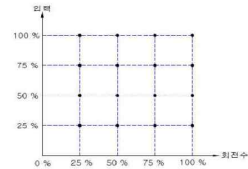


그림 3. 효율 시험 지점(Point)

$$\text{기계효율(\%)} = \frac{\text{배출용적(cc/rev)} \times \text{압력(MPa)} \times 100}{2\pi \times \text{입력토크(N \cdot m)}} \times 100$$

수식 1 용적효율 산출식

6.2.2 기계효율 시험

- a) 작동유의 온도는 (50±5) °C로 설정
- b) 압력 및 회전속도 조건을 변화시켜 그림 3과 같이 정격압력(18.0 MPa)과 정격회전수(2,200 r/min)의 각각 25%, 50%, 75%, 100%에 해당 지점에서 효율을 측정
- c) 수식 2를 이용하여 용적 효율을 계산
- d) 측정 지점 중 최대 효율 측정 구간으로 효율 값을 산정

$$\text{용적효율(\%)} = \frac{\text{토출유량(l/min)} \times 1000}{\text{배출용적(cc/rev)} \times \text{입력회전수(r/min)}} \times 100$$

수식 2 기계효율 산출식

6.2.3 전효율 시험

- a) 전효율 시험은 용적효율과 기계효율의 곱으로 표현되며, 수식 3에 의해 산출

$$\text{전효율(\%)} = \frac{\text{용적효율(\%)} \times \text{기계효율(\%)}}{100}$$

수식 3 기계효율 산출식

6.2.4 최대 압력 시험

- a) 정격 회전속도(2,200 r/min)에서 토출부 무부하 상태로 펌프를 가동
- b) 토출부의 부하 압력을 최소 압력에서 최대 압력(27.0 MPa)까지 부하 압력을 서서히 상승
- c) 육안으로 외관손상 확인

6.2.5 최대 회전 속도 시험

- a) 압력을 정격 압력(18.0 MPa) 조건으로 설정
- b) 최대 회전 속도(3,000 r/min)까지 서서히 상승
- c) 육안으로 외관손상 확인

6.2.6 정격 유량 시험

- a) 토출부 무부하 상태로 유지
- b) 정격 회전 속도(2,200 r/min)에서 최소 10초 이상 토출 유량 측정 후 평균 값을 계산
- c) 육안으로 외관손상 확인

6.2.7 압력 변동 시험

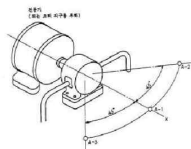
- a) 정격 압력(18.0 MPa) 및 정격 회전 속도(2,200 r/min)의 각각 50%, 90% 지점에서 측정
- b) 수식 3을 이용하여 변동율을 계산

$$P_v = \frac{\text{최대토출압력} - \text{최소토출압력}}{\text{설정압력}} \times 100(\%)$$

수식 4 압력 변동율 산출식

6.2.8 소음 시험

- a) 정격 압력(18.0 MPa) 및 정격 회전 속도(2,200 r/min) 조건으로 펌프를 가동
- b) 그림 4와 같이 시험봉에서부터 1m거리, 측정방향 3포인트에서 각각 소음을 측정



A-1, A-2, A-3 : 측정 위치  
그림 4 소음 측정 위치

6.3 내환경성 시험 방법

6.3.1 고온 시험

- a) 상온에서 사전시험으로서 육안 검사 및 6.2.3의 전효율 시험을 실시한다.
- b) 시험봉을 항온조에 위치시킨 후 시험봉의 표면온도 및 내부 온도를 55 °C까지 도달 되도록 30분 이상 안정화

- c) 이후 항온조의 온도를 (90±2) °C로 조정후 2시간 동안 유지
- d) 시험 후 (25±3) °C의 상온으로 4시간 이상 안정화
- e) 이후 정격 압력 (18.0 MPa)과 정격 회전수(2,200 r/min) 조건에서 전효율 시험을 실시

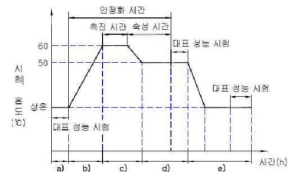


그림 5. 고온 시험 주기 및 절차

6.3.2 저온 시험

- a) 상온에서 사전시험으로서 육안 검사 및 6.2.3의 전효율 시험을 실시한다.
- b) 시험봉을 항온조에 위치시킨 후 시험봉의 표면온도 및 내부 온도를 -38 °C까지 도달 되도록 30분 이상 안정화
- c) 이후 항온조의 온도를 (-33±2) °C로 조정후 2시간 동안 유지
- d) 시험 후 (25±3) °C의 상온으로 4시간 이상 안정화
- e) 이후 정격 압력 (18.0 MPa)과 정격 회전수(2,200 r/min) 조건에서 전효율 시험을 실시

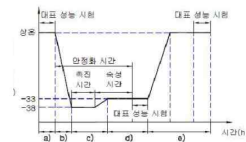


그림 6. 저온 시험 주기 및 절차

6.3.3 진동 시험

- a) 시험봉을 육안검사 하여 이상유무를 확인한다.
- b) 시험 대상봉을 실제 사용 조건 또는 이와 동등한 조건으로 장착한다.
- c) (10~2,000) Hz의 주파수 범위와 (0.0015~0.03) g<sup>2</sup>/Hz의 파워 스펙트럼 밀도 범위에서 불규칙 진동(random vibration) 시험을 실시한다. 결점(break points)은 4포와 같다.

트랙터용 헬리컬 기어박스 시험 지침서

표 4 운용 가진 시험 절점(break points)

주파수 Hz	파워 스펙트럼 밀도 g <sup>2</sup> /Hz
10	0.03
50	0.03
2 000	0.0015
rms = 3.03 g	

6.4 수명 시험 방법

- a) 시험 시료는 2개로 하여 신뢰수준 80%에 B<sub>5</sub> 2,000 시간 수명을 확인하기 위하여, 무고장 합력 기준으로 400시간 가속 수명 시험을 실시한다.
- b) 2개의 내구 시험 시료에 대해 그림 7의 두 부하조건(5초) 및 부하조건(5초)을 1사이클로 하여 400시간 응력연속시험을 수행한다.
- c) 응력 시험부하는 수명 시험의 가속을 위하여 22 MPa로 설정
- d) 성능 열화를 확인하기 위해서 내구 시험 전과 완료 후 전효율 시험을 실시

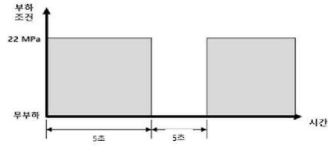


그림 7 가속 수명 시험방법(400시간)

## < 연구개발보고서 초록 >

사업명		첨단농기계산업화기술개발사업		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0802	65 %	EA0306	20 %	EA0803	15%
	농림식품 과학기술분류	RC0101	80 %	RC0199	10 %	AA0103	10%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발					
전체 연구개발기간		2020. 04. 29. - 2021. 04. 28. (12개월)					
총 연구개발비		총 534,000 천원 (정부지원연구개발비:400,000천원, 기관부담연구개발비:134,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( 2 ) 종료시점 목표( 5 )	
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고속, 고압, 고효율 및 고내구성 확보를 위한 헬리컬 기어펌프 설계, 맥동저감 해석 및 제작 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선진사제품의 분해, 조립등 벤치마킹을 반영한 윤활부의 마찰 손실 저감 설계</li> <li>- Helical &amp; Continuous contact gear 형상 설계 및 제조 기술 확보</li> <li>- 맥동 저감을 위한 운용 조건별 기어펌프 유압해석 모델 개발</li> <li>- 기어펌프의 안정성 확보 등을 위한 구조해석 및 최적화</li> </ul> </li> <li>○ 실사용 조건을 고려하여 B<sub>5</sub> life 2,000시간(신뢰수준 70%) 확보를 위한 부품 신뢰성 시험/평가 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술 개발 제품을 위한 실차 운용 조건 분석 기반 시험 코드 개발</li> <li>- 작업 조건을 반영한 실차 적용 수준 부하 기반 성능/내구 시험 평가 검증</li> <li>- 실사용(협지) 운영 조건을 고려한 내환경 신뢰성 확보</li> <li>- 벤치 단위 종합 성능 및 내구 시험평가</li> <li>- 운용 안전성 확보를 위한 안전성 평가 검증</li> </ul> </li> <li>○ 고속/고압화를 위한 유압기어펌프의 생산 공정 최적화 기술 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 소재의 열처리 및 정밀 가공을 통한 공차 최적화 생산</li> <li>- 헬리컬 기어펌프 양산을 위한 공정 프로세스 구축</li> </ul> </li> </ul>					

연구개발성과	○ 정량적 성과											
	주요 성능지표		단위	개발목표	측정결과	만족여부						
	1. 기계효율		%	85 % 이상	88.1	달성						
	2. 용적효율		%	95 % 이상	95.9	달성						
	3. 최대 압력		bar	270 이상	27.2	달성						
	4. 최대 회전속도		r/min	3,000 이상	3007.5	달성						
	5. 정격유량		l/min	57.2±2	56.3	달성						
	6. 압력맥동		%	± 5 이하	0.2	달성						
	7. 고온시험		℃	90	90 (효율저하 0.2%)	달성						
	8. 저온시험		℃	-33	-33 (효율저하 0.2%)	달성						
	9. 진동 시험		-	외관 손상 없음	크랙 및 파손 없음	달성						
	10. 소음 시험		dB	65 이하	63.5	달성						
11. 보증수명		시간	2,000 이상	500시간 (가속조건 효율저하13%)	달성							
연구개발성과	○ 정성적 성과											
	- 1점 연속 접촉식 헬리컬 기어의 자체 설계 및 제작 기술 확보											
	- 헬리컬 기어 제조 공정 최적화 프로세스 정립											
	- 구조 강도 해석 기반 소재 및 안전성 평가 기술 확보											
	- 트랙터 Field 실 부하 측정 기반 시험 코드 설계 및 시험평가 방법 정립											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	- 유압 해석 프로그램 기반 맥동저감 해석 기술 확보											
	○ 산학연 협력 체계 구축과 공동 연구를 통한 원천 기술 및 자체 Line-Up을 확보함.											
	○ 특히, 완성차 제조사(L社)와의 협업 체계를 구축하여, 안정적인 수요처를 확보함.											
	○ 트랙터 즉시 적용 수준의 신뢰성 검증으로 약 100억원 규모의 수입 대체 효과가 기대됨.											
	○ After-Market과 유관 산업(건설기계, 방산, 특장차 등)으로의 OEM 방식 납품 등 고착화된 국내·외 유압부품 수요시장 진출로 약 200억원 규모의 신규 수요창출 효과 기대됨.											
○ 신규 수요 시장 확대를 통해 연간 2명 이상의 일자리를 창출함.												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	2	1	1									
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)		ZEUS 등록번호		
국문핵심어 (5개 이내)	기어펌프		헬리컬		트랙터		추력판		축력			
영문핵심어 (5개 이내)	Gear pump		Helical		Tractor		Thrust Plate		Axial force			

# 자체평가의견서

## 1. 과제현황

		과제번호	120072-1		
사업구분	첨단농기계산업화기술개발사업				
연구분야	기계			과제구분	단위
사업명	첨단농기계산업화기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발			과제유형	개발
연구개발기관	(주) 진성정밀			연구책임자	이호선
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2020. 04. 29. - 2021. 04. 28. (12개월)	400,000	134,000	534,000
	2차년도				
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계	2020. 04. 29. - 2021. 04. 28. (12개월)	400,000	134,000	534,000
참여기업	건설기계부품연구원, 부경대학교				
상대국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2021.04.28

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주) 진성정밀	부사장	이호선

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	---

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

- 고속, 고압, 고효율 및 고내구성 확보를 위한 헬리컬 기어펌프 설계, 맥동저감 해석 및 제작 개발
- 실사용 조건을 고려하여 B<sub>5</sub> life 2,000시간(신뢰수준 70%) 확보를 위한 부품 신뢰성 시험/평가 기술 확보
- 고속/고압화를 위한 유압기어펌프의 생산 공정 최적화 기술

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

- After-Market과 유관 산업(건설기계, 방산, 특장차 등)으로의 OEM 방식 납품 등 고착화된 국내·외 유압부품 수요시장 진출로 약 200억원 규모의 신규 수요창출 효과 기대됨.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

- 트랙터 즉시 적용 수준의 신뢰성 검증으로 약 100억원 규모의 수입 대체 효과가 기대됨.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

- 각 수행기관이 정량적/정성적 목표를 달성하기 위해 시행착오를 겪으면서, 개선해나가 목표치를 달성함

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

- 학술대회 참가(대한기계학회 신뢰성 부문, 동력기계학회) 2건
- 특허 출원서 (헬리컬 기어펌프의 구조)1건

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1. 기계 효율	10	100	만족
2. 용적 효율	10	100	만족
3. 최대 압력	10	100	만족
4. 최대 회전속도	10	100	만족
5. 정격유량	10	100	만족
6. 압력맥동	10	100	만족
7. 고온시험	5	100	만족
8. 저온시험	5	100	만족
9. 진동 시험	10	100	만족
10. 소음 시험	10	100	만족
11. 보증수명	10	100	만족
합계	100점		



### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

금회의 지원은 국가 기술 발전을 위한 전폭적이었다고 사료됩니다, 기어 펌프는 가격과 성능 측면에서 가장 널리 사용되고 있는 유압펌프이지만, 근래 그 기술의 개발은 역동적이지는 않은 듯하였습니다. 현 시점에서는 성능, 내구성적인 측면은 높은 수준에 도달하였지만, 소음 등 감성 품질은 그다지 높은 수준이 되지 않았습니다, 금회의 지원 덕택으로 저소음 헬리컬 기어펌프가 성공적으로 개발되어, 직 간접적으로 높은 사업성이 전망됩니다, 경쟁사 비교 우위의 기술을 확보한 큰 성과를 거두었다고 생각합니다, 여기에 만족하지 않고 더욱 우수하고 앞선 기술을 확보 할 수 있도록 하도록 하겠습니다. 기술적으로, 제품으로 시장을 선도할수 있는 큰 계기가 되었습니다. 특히 금회의 과제에서는 출원 중인 특허 기술을 활용하였고, 본 과제의 과정에서 새로운 특허를 출원하기도 하여, 필요한 기술과 제품을 적기에 확보할 수 있게 되었습니다

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

-개발 기간이 비교적 단기에 해당하였다고 사료됩니다,  
-그리고, 코로나의 영향으로 업체의 방문 등이 조심스럽고 제한적이었습니다. 전 세계적인 펜데믹이었는데, 다행히도 한국은 비교적 안정적이었다고 생각합니다,  
-주관기관과 참여기관의 맡은 바 역할은 잘 수행하였지만, 대면 만남 빈도가 많지 않은 점이 아쉽게 생각됩니다 (천선 도모 기회가 거의 없었음)  
-다양한 고객을 접할 수 있는 기회도 상대적으로 많지 않은 시기여서, 홍보를 다소 부족하였습니다

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

저 소음, 헬리컬 기어 펌프의 개발 과정에서 습득한 기술을 바탕으로 외형 크기 및 용량의 조절로 다양한 사양의 펌프를 설계, 제작 할 수 있는 역량을 갖추었습니다, 이를 잘 활용하여 국가 산업 발전에 기여하고, 선진 한국의 기반을 더욱 굳건히 하는데 기여하고자 합니다, 그리고, 향후 및 지속적으로, 전자화에 대한 Global 경향에 부응하고, Solution provider가 되기 위하여, 신제품 개발에 응용하여 방향전환밸브의 작동 없이도 작업기의 방향이 바뀔 수 있는, 예로서 유압실린더의 신장 및 압축을 위한 양방향 회전이 가능한 저소음 헬리컬 기어 펌프의 개발 등으로 세계적인 기술의 선도 업체로 도약하고자 합니다.

#### IV. 보안성 검토

○ 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

한국내에서 본 과제의 결과가 필요한 곳이 있다면 적절한 범위이내에서 서로가 만족할 수 있도록 공유하고자 합니다. 하지만, 국내 기술이 유출되면 불리함이 있는 곳에는 제한이 필요하다고 사료됩니다.

##### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

제품 개발 관련하여 기술 개발은 10년이 소요되는데, 만약 유출이 된다면 아주 짧은 시간에 이루어 집니다. 본 과제의 산출물 중 보안이 필요한 내용, 즉 설계 및 제조 과정은 필요성과 효과가 인정되는 곳에 공유되어야 한다고 생각합니다.

# 연구성과 활용계획서

## 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	기계
연구과제명	30~50HP급 트랙터용 저소음, 고효율의 1점 연속접촉 헬리컬 기어펌프 개발			
주관연구개발기관	(주)진성정밀		주관연구책임자	이호선
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	400,000,000	134,000,000		534,000,000
연구개발기간	2020. 04. 29. ~ 2021. 04. 28.(12개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타( 사업화 ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: )			

## 2. 연구목표 대비 결과

당초목표		당초연구목표 대비 연구결과
1. 기계효율	85 % 이상	88.1
2. 용적효율	95 % 이상	95.9
3. 최대 압력	270 이상	27.2
4. 최대 회전속도	3,000 이상	3007.5
5. 정격유량	57.2±2	56.3
6. 압력맥동	± 5 이하	0.2
7. 고온시험	90	90 (효율저하 0.2%)
8. 저온시험	-33	-33 (효율저하 0.2%)
9. 진동 시험	외관 손상 없음	크랙 및 파손 없음
10. 소음 시험	65 이하	63.5
11. 보증수명	2,000 이상	500시간 (가속조건, 효율저하 1.3%)

\* 결과에 대한 의견 첨부 가능

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구 활용등)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
													SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	명	건	건		
가중치	20						10	20	15	20				5	5		5			
최종 목표	1						2	375 0	187 5	3				1	1		1			
당해 년도	목표	1					2	400	200	1				1	1		1			
	실적	1					2	460	248	1				2	0		0			
달성률 (%)	100						100	115	124	100				200	0		0			

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)]

[별첨 2]

(22쪽 중 21쪽)

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	원점 접촉 헬리컬 기어 치형 설계
②	헬리컬 기어 표면 조도 가공
③	헬리컬 기어 축력 상쇄 구조 설계

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장으로 해결	정책 자료	기타
①의 기술					v	v				
②의 기술					v					
③의 기술		v								
·										
·										

\* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	개발된 헬리컬 기어 Line-up 확대 적용
②의 기술	개발된 헬리컬 기어 Line-up 확대 적용
③의 기술	개발된 헬리컬 기어 Line-up 확대 적용

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구활용액)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T P R O T E C T I O N	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문	SCI	비 SCI			논 문 평 균 I F	학 술 발 표	
												건				백 만 원	건			백 만 원
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	20						10	20	15	20					5		5		5	
최종목표	1						2	375 0	187 5	3					1		1		1	
연구기간내 달성실적	1						2	460	248	1					2		0		0	
연구종료후 성과창출 계획	1						2	375 0	187 5	3					1		1		1	

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화기술개발사업 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단농기계산업화기술개발사업 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.