2014년도

자동차공학 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 냉각회로를 추가한 중장비 브레이커 실린더

(Cooling-circuit Additional for a hydraulic breaker cylinder)

팀명: ＩＣＭ

2014. 06.

대 구 대 학 교 기계·자동차공학부

2014년도

자동차공학 설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 냉각회로를 추가한 중장비 브레이커 실린더

(Cooling-circuit Additional for a hydraulic breaker cylinder)

2013년 09월 01일 ~ 2014년 06월 30일

팀명: ＩＣＭ

자동차공학 설계프로젝트 최종보고서를 붙임과 같이 제출합니다.

2014. 06.

대 구 대 학 교 기계·자동차공학부

제 출 문

대구대학교 기계·자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계·자동차공학부 설계프로젝트 과제 '냉각회로를 추가한 중장비 브레이커 실린더'의 결과보고서로 제출합니다.

과제기간 : 13. 09. 01 ~ 14. 06. 30.

2014. 06.

지도교수 : 임 학규 (인)

이 덕영 (인)

대표학생 : 류 건오 (인)

참여학생 : 김 민수 (인)

김 주현 (인)

박 병제 (인)

배 재상 (인)

신 규철 (인)

여 찬종 (인)

최종보고 요약문

과제명	냉각회로를 추가한 중장비 브레이커 실린더
팀명	I C M
팀원	김민수, 김주현, 류건오, 박병제, 배재상, 신규철, 여찬종
과제기간	2013년 09월 01일 ~ 2014년 06월 30일

1. 개발내용 및 목표

브레이커 사용 시 브레이커의 온도가 상승하여 효율이 저하되고 부쉬의 고착이나 고압축에 의한 구동으로 인하여 피스톤과 실린더가 팽창하여 간극이 좁아져 실린더에 스크래치를 야기 시킨다. 그리고 O-ring을 경화시켜 누유 등의 많은 문제를 일으키므로 이를 방지하고자 브레이커 실린더에 냉각회로를 추가 하여 브레이커의 온도 감소를 목표를 두었다.

2. 연구 개발내용 및 범위

브레이커의 온도 상승을 낮추기 위해 기존 자동차 내연기관의 냉각 메커니즘을 모티브로 실린더 내에 냉각회로를 확보할 것 이다. 실린더 내에는 유압회로가 분포되어 있으므로 이에 최대한 간섭하지 않게 설계를 할 것이다. 냉각제는 냉각수를 별도로 사용하기엔 엔진의 효율을 떨어뜨리므로 구동유를 사용하여 브레이커 구동 외에 냉각의 용도로 사용할 것이다. 설계의 방향이 될 자료는 CAD와 CATIA로 도면 설계 후 ANSYS 프로그램 해석을 통해 온도의 분포를 파악하여 최대 효율의 냉각회로를 확보할 것 이다.

3. 제작 및 시험

먼저 실제 모델을 구매하여 치수를 측정하고 ANSYS 해석을 위해 CATIA 프로그램을 사용하여 3D 모델링을 제작하였다. 이후 열 해석의 조건에 필요한 고유 물성치 와 열팽창 계수 열전도율 비열 등을 제시하고 해석하여 냉각회로를 확보 후 기존 실린더와 비교 분석을 하고, 이때 나온 피드백을 토대로 더 낳은 냉각회로를 설계 하였다. 이후 공정은 재료가 열처리된 금속이어서 강도가 높아 건드릴을 이용하여 가공하였고 냉각 회로와 호스의 안정적인 호환을 위해 호스 주입부를 따로 가공하여 부착하여, 실제 구동을 통해 해석결과와 비교 분석해 보고 시험 결과치를 얻을 수 있었다.

4. 기대 및 활용방안

기존 브레이커는 현재 계발동향에 맞추어 타격력 향상, 소음감소, 무게 절감 등으로 개발되어 냉각에 대한 문제는 제시되지 않았다. 실제로 브레이커의 열은 장비의 실린더의 스크래치. 부쉬 고착, O-ring 손상, 누유 등의 문제를 야기 시켜 장비수명에 매우 많은 영향을 끼친다. 기존 브레이커는 6개월에 한번씩 O-ring 교체를 위해 정비업체를 방문한다. 하지만 30t급 이상 기준으로 1회 방문 시 평균 60~70만원이 소비된다. 브레이커의 매뉴얼 에는 3개월에 1번씩 O-ring 점검을 당부하지만 비용이 부담스러운 문제로 인해 지켜지지 않고 있다. 이 때문에 앞에서 언급한 문제들이 쉽게 발생되고 장비의 수명이 단축된다. 이러한 문제점의 원인인 열을 냉각함으로써 이상적인 O-ring정비를 실현하고 다른 문제점 발생을 최소화하여 유지비용을 절감시킬 수 있다.

목 차

제1장 서 론 1

제1절 목적 및 필요성 1

제2절 문제점 및 설계목표 2

제3절 기대 효과 5

제2장 이론적 배경 6

제1절 시장동향 6

제2절 개발 동향 9

제3절 국내 특허 소개 14

제3장 설계 및 ANSYS해석 17

제1절 이론적 설계 17

제2절 도면 설계 19

제3절 형상 ANSYS 해석 26

제4장 제작 31

제1절 가공 부품 31

제2절 가공 32

제5장 결과고찰 39

제6장 결론 및 제언 40

제1절 결론 40

제2절 제언 41

[참고문헌] 42

제1장 서론

제 1절 목적 및 필요성

유압 브레이커(hydraulic breaker)는 일반적으로 건설 중장비인 굴착기(excavator)에 장착되어 굴착기의 유압을 동력으로 사용하는 부착작업기(attachment)의 일종으로 부착작업기 중 40%를 차지한다. 주로 포장도로의 보수작업, 콘크리트 건축물 해체작업, 암석 및 콘그리트의 파쇄작업 등을 위하여 토목 및 건설현장에서 많이 사용되고 있다. 국내에도 1980년대 초반에 수입되어 작업능률의 향상과 경제성 측면에서 사용성이 높아 사용빈도가 지속적으로 증가하는 기계장치로 1980년대 후반부터는 유압 브레이커에 대한 연구가 대학과 산업체에서 시작되었다. 주로 성능향상과 부가적인 운전 편의성 등에 관한 연구개발이 이루어졌다. 하지만 최근에는 소음, 진동, 내구성에 대한 관심의 증가로 인해 저소음, 저 진동, 내구성이 높은 브레이커가 차지하는 시장 점유율이 매우 높은 편이다. 이로 인한 어태치먼트 개발에 필요성을 느끼고, 유압 브레이커 연구에 대한 온도 감소에 대한 목적이 있다. <Fig.1-1-1>

<Fig.1-1-1>

제2절 문제점 및 설계목표

가) 브레이커의 문제점

유압 브레이커는 주로 굴삭기나 스키드 로더, 백호로더 등의 각종 장비에 어태치먼트로 장착하여 건설, 건축, 토목 공사 현장이나 석산, 터널 공사장 등에서 사용되고 있으며, 고정식 동력 전달 장치를 이용하여 탄광이나 제철소등지에서 널리 사용되는 다용도의 건설 중장비이다. 현재 문제점은 브레이커에 냉각기능이 없어 부쉬의 고착이나 고압축에 의한 구동 때문에 피스톤과 실린더가 팽창하여 간극이 좁아져 실린더에 긁힘이 생기는 등 열에 의한 고장사례가 빈번히 발생한다. 몇 몇 사례를 언급하겠다. <Fig.1-2-1>은 열에 의해 부쉬가 실린더와 고착되어 수리를 대기 중인 브레이커이다.

실린더 : 치즐, 피스톤, 백헤드가 삽입되는 본체

프론트부쉬 : 치즐 교체가 용이하도록 하는 고정부품

치즐 : 돌에 구멍을 뚫거나 돌을 쪼아서 다듬는 쇠로 만든 긴 연장

<Fig. 1-2-1 수리대기 중인 브레이커>

<Fig.1-2-2 교체된 부쉬>

<Fig.1-2-2>은 치즐 쪽에 장착되는 부쉬로 작동 시 온도와 충격으로 인해 치즐과 함께 닳는다. 실린더 내에 진동으로 인한 긁힘 등으로 떨림이 더 심해지면 직접적인 부품들 외에도 다른 간접적인 부품들의 수명도 단축된다.

<Fig.1-2-3 수리대기 중인 브레이커 실린더>

<Fig.1-2-3>은 실린더와 피스톤의 간극이 좁아져 실린더에 긁힘 손상이 많아 보링작업을 대기 중인 경우이다. 이 경우가 가장 고가의 정비이고 새로운 사이즈의 피스톤을 만들어야 하고 실린더는 보링을 하여야 하므로 비용이 많이 든다.

나) 설계목표

조사 결과 브레이커는 6개월에 1번씩 O-ring 교체를 위해 정비를 하는데 O-ring 교체비용만 70~80만원이 부담됩니다.(30t이상 급) 고장원인은 고온과 저온의 반복 노출되어 O-ring이 경화되며, 브레이커의 과도한 열은 부품을 팽창시켜 간극을 좁히고 스크래치를 야기 시키므로 냉각이 필요하다.

작동 시 고압축 방식이라 고온에서 실린더와 피스톤이 고착되는 경우가 많이 발생되어

고장 Mode	가능한 고장영향	중요도	고장 원인 / 고장 Mechanism	발생률 (%)	발견률 (%)	RPN
긁힘	작동불가, 성능저하	10	유압 Breaker Body 내부 이물질 미제거	8	8	640
			외부 이물질 유입	5	9	450
			소재/열처리 이상	2	5	100
			Seal 파손/이상	4	5	200
			내부관로 용접불량	1	4	40
크랙	성능저하, 정비손상	10	유압 Breaker Body 내부 이물질 미제거	8	8	640
			외부 이물질 유입	5	9	450
			소재/열처리 이상	2	5	100
			Seal 파손/이상	4	5	200
			내부관로 용접불량	1	4	40
누유	성능저하	2	Seal 파손 /이상	4	5	40
			내부관로 용접불량	1	4	8
	유압손실	7	과도한 압력과 파열	2	3	42
		7	잘못된 배열, 표면 결함, 윤활작용 미흡	2	3	42
		5	열적 Aging 및 Cracking	2	2	20
		3	오염에 의한 화학적 성능저하	1	2	6
		3	윤활유 불일치에 의한 성능저하	1	2	6

<Table.1-2-1 유압 브레이커의 실린더/피스톤 고장 분석>

(100°C이상 상승) 온도감소 및 고착방지를 위하여 브레이커 실린더에 냉각회로를 추가하여, 10% 낮은 온도 90°C로 낮추겠다.

긁힘으로 인한 피스톤 영향, 고장원인 및 중요도를 <Table.1-2-1>에서 보여준다. 긁힘은 매우 중요도가 높은 하자이기 때문에 실린더 내에 냉각회로를 설계해 열팽창을 줄여 피스톤과 실린더의 간극 좁아짐으로 인한 긁힘을 최소화해 보고자한다.

제3절 기대효과

국가가 발전함에 따라 산업이 성장하고 재개발 등에 의해 콘크리트 등 을 파쇄 하고 암석을 캐는 일이 많아짐에 따라 굴삭기 어태치먼트인 브레이크의 성능을 향상시켜 잔 고장을 방지하고 정비 율을 줄여 소비자의 부담을 줄이고 온도 상승률을 감소 시켜 작업 효율을 증가 시킬 것이다.

제2장 이론적 배경

제1절 시장동향

건설장비로서의 유압브레이커는 국내뿐만 아니라 전 세계 어디에서도 그 사용을 볼 수 있으며, 현재는 신흥 경제 발전 국가인 중국 및 중동지역이나 러시아와 같은 북유럽까지 사용범위가 점차 넓어져 가고 있다. 한국건설기계산업협회의 “2012년 건설기계산업 동향 및 2013년 전망”에 따르면 2008년 13개 주요 건설기계 판매량은 182,385대였으며 이후 리먼 브라더스 서브프라임 모기지 사태로 인한 주택 건설시장 위축으로 인해 2009년에는 절반수준으로 감소했다. 2010년 이후 미국 건설기계시장은 회복세를 보였으며 2012년에는 12.6% 증가한 164,550대 가량 판매된 것으로 추정하고 있다. 2013년 미국 건설기계 시장은 증가세를 유지할 것으로 전망하고 있으며 주택 건설 부문의 회복과 에너지 개발 부분의 수요 비주거용 건설의 회복을 동력으로 성장세를 유지할 것으로 전망된다. 또한 건설 기계 판매는 연간 전년대비 5.4% 성장할 것으로 전망하고 있다.

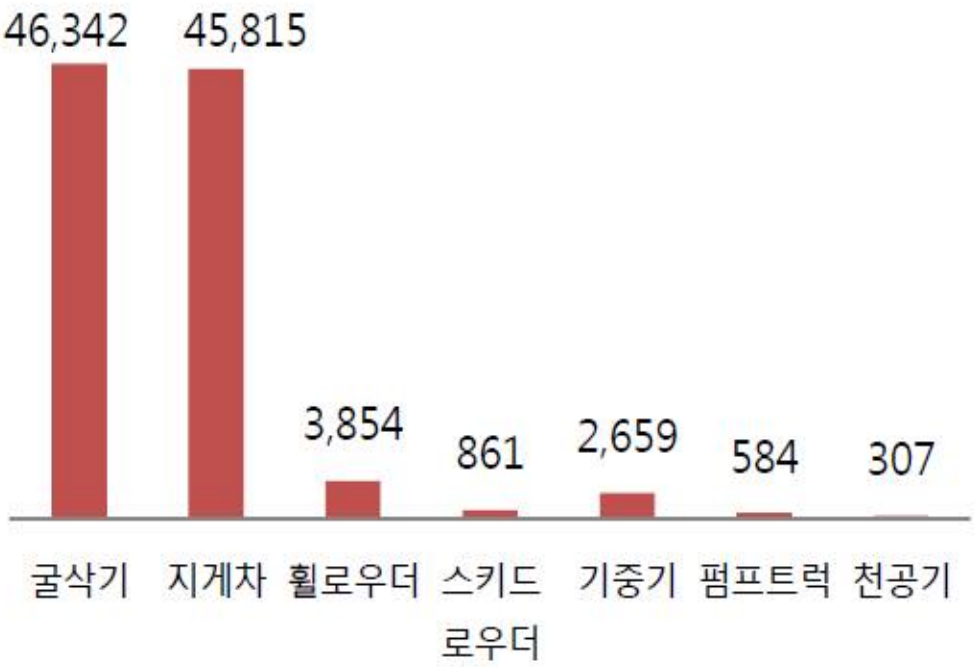
유압 브레이커 세계 최대 생산국인 대한민국에는 약 100여개 제조 회사가 있고 중국 미국 유럽 일본 등 세계 각국에 수백여개의 제조 기업이 있다. 각 제조사의 제품 구조 및 기능은 점점 더 복잡해져가고 제품 품질과 일정 기간 동안 본 기능을 원활히 작동하기 위한 신뢰성과 관련된 문제들이 큰 비중을 차지해 가고 있다. 이러한 문제들로 인해 기업 간의 무한 경쟁 속에서 고성능 고품질 및 신속한A/S 등 여러 가지 방향으로 소비자의 만족을 위해 기술 발전이 지속적으로 이루어지고 있다.

소비자의 만족을 충족시키는 기술 발전으로 항상 관심을 갖는 분야가 바로 제품의 수명(LifeTime)이다. 수명에 가장 큰 영향을 주는 유압 브레이커의 고장으로서 누유 이상소음 타격에너지 특성불량 등을 들을 수 있다. 타사의 제품보다 성능이 뒤처지지 않고 안정된 품질로 고장이 발생되지 않으며 더 오래 사용할 수 있는 제품을 만들어 가격경쟁력까지 갖춘다면 소비자의 만족에 한 발자국 다가서는 길이 될 것이다.

가) 국내현황

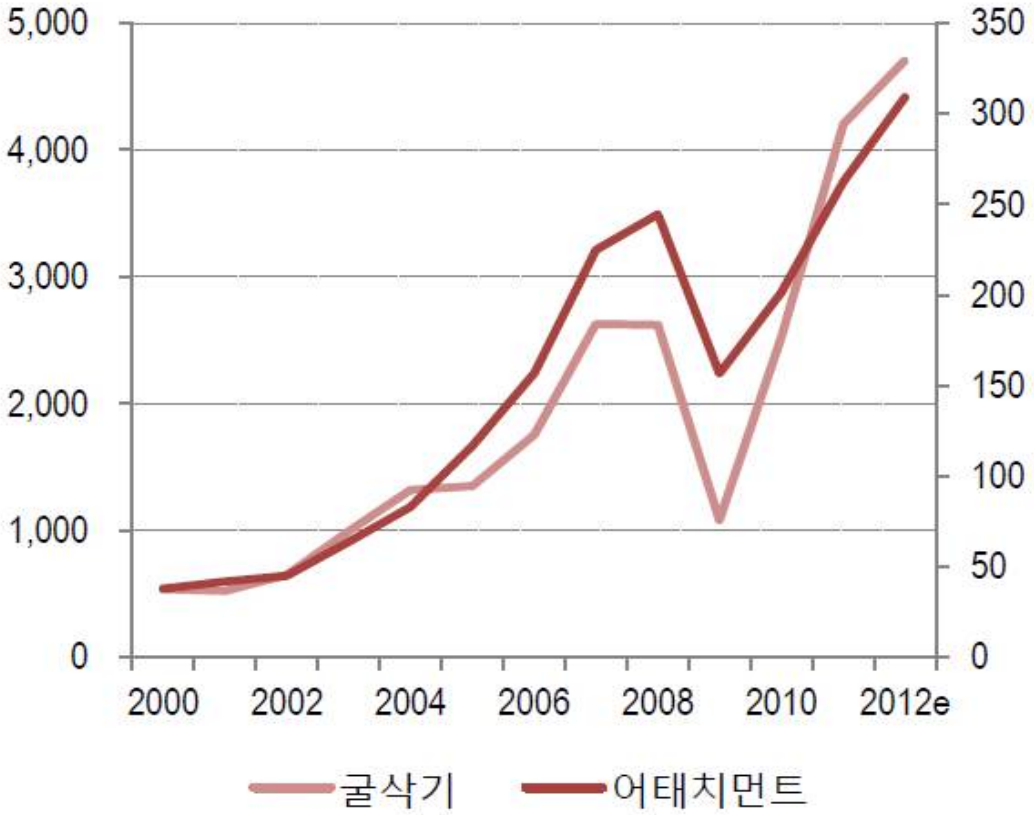
한국의 유압 브레이커 생산은 1970년대 수산 중공업에서 일본의 기술 도입으로 생산기술을 습득하여 생산하기 시작하여 1970년대 중반 일본의 중고 생산 설비를 들여와 본격적인 생산 체제를 구축하였다. 1980년대에는 자체 생산을 통한 국내시장의 조달 및 수입대체효과를 가져왔으며, 1985년 이후부터는 본격 적인 수출화 전략으로 세계시장 진입을 시작하여 유럽 미주지역 등에 진출하였으며, 1990년대 후반에는 중국시장의 개방화에 의한 중국시장 진입을 시도하면서 중국시장에서의 가격 및 품질 경쟁력에서의 우위를 점하고 있다. 유압브레이커는 현재 우리나라가 세계 최대 생산국이며 글로벌 시장점유율 20%를 기록하고 있는 수출 주도형 건설기계로, 국내 100여개 기업이 해외에 수출하고 있다.

<Fig. 2-1-1>는 2011년 기준 국내건설기계 판매 현황을 보여주고 있다.

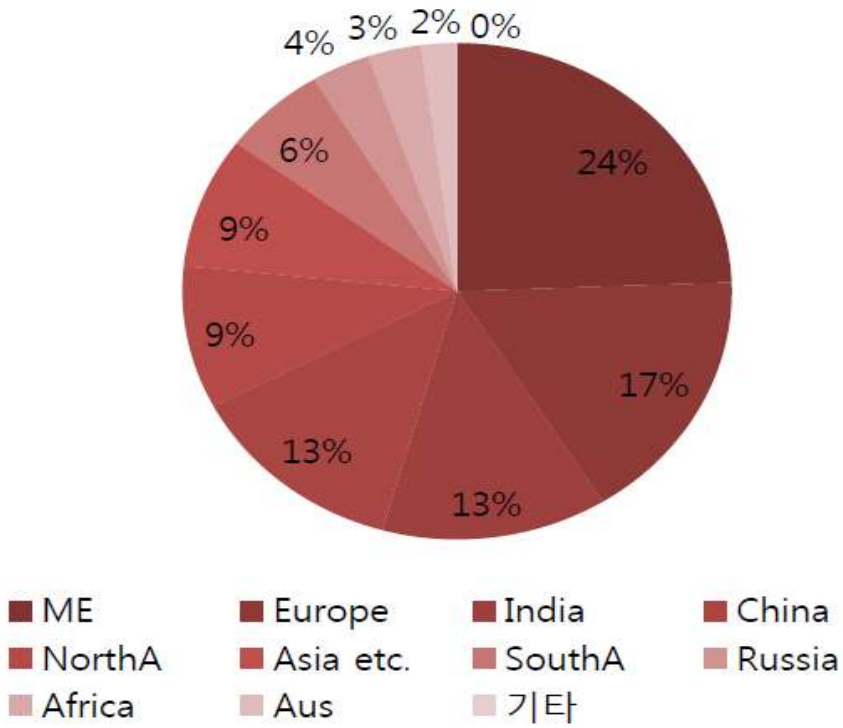


<Fig. 2-1-1 국내 건설기계장비 판매 현황>

<Fig. 2-1-2>과 <Fig. 2-1-3>은 어태치먼트와 굴삭기의 수출 추이를 그래프로 보여주고 있다. 건설용 장비산업은 건설경기에 직접적으로 영향을 받는다. 그러나 국내어태치먼트산업의 경우경쟁사 대비 우수한 가격경쟁력과 기술력을 토대로 건설경기불황에 어느 정도 하방경직성을 가지고 있는 것으로 드러났다. 또한 국내어태치먼트 매출포트폴리오 특성상 중국의 비중이 낮아 중국경기침체가 업황에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 미국 건설업황개선과 인도와 동남아등 신흥국중심의 수요증가로 건설경기가 점차회복 될 것으로 예측되는 가운데, 우수한 기술력과 가격경쟁력을 바탕으로 한국 내 어태치먼트산업의 전망은 밝은 것으로 보인다.



<Fig. 2-1-2 어태치먼트, 굴삭기 수출 추이>



<Fig. 2-1-3 지역별 수출 비중>

나)국외현황

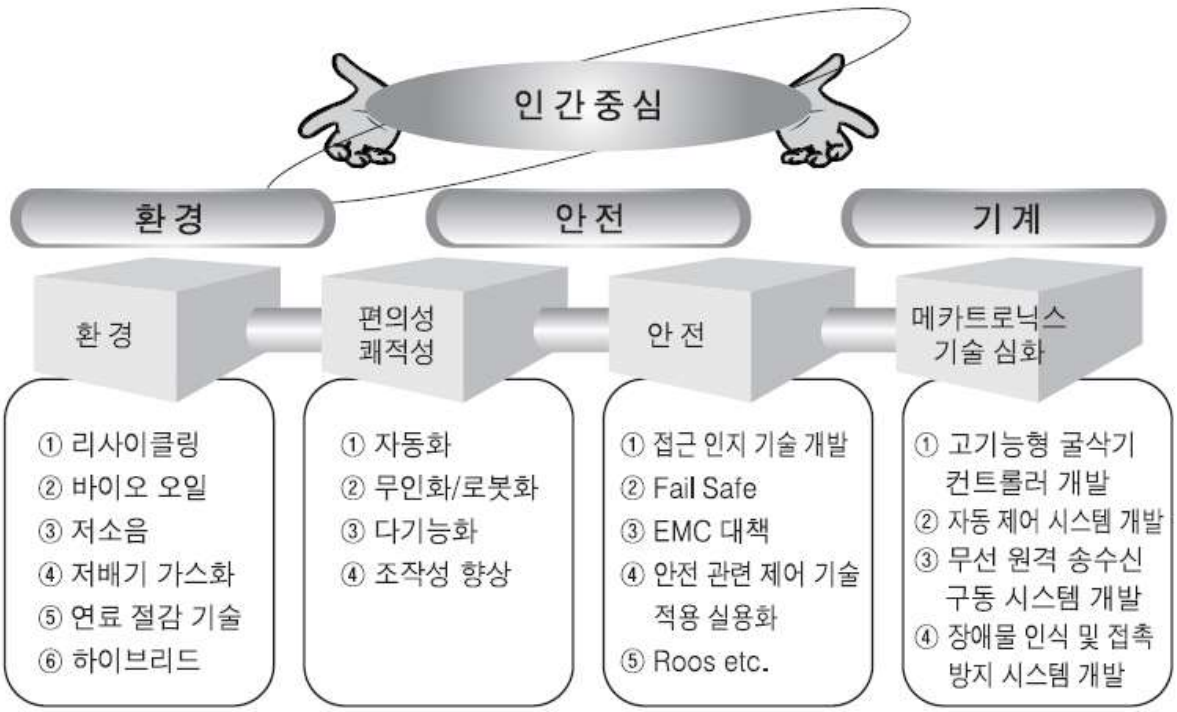
국외현황으로는 미국 및 유럽의 Krupp, Rmmer, Atlas_Copco, Stanley社 등 그리고 일본의 Furukawa, Toku, Teisaku社 등의 업체동향을 보면, 최근 토목공사에 있어서 작업시간의 규제, 소음이나 진동에 대한 규제로 인해서 방음 머플러, 방진 장갑 등의 대책이 실시되고 있고 초미니 굴삭기 출현으로 이에 맞는 브레이커 개발에 힘쓰고 있다. 또한 제품의 고 타격을 통한 효율성의 제고, 내구성 향상, 압력과 유량작동 조절, 수중에서도 사용할 수 있는 제품, 부품의 간소화, 경량화, 작업의 편의성 등이 추구되고 있으며, 암반에 따른 진동수 자동조절기능 및 Impact Rate의 자동조절기능, 파석분 유입방지를 위한 이중 방지 구조, 분해 조립의 자동화 및 간소화 추진등도 이루어지고 있다.

제2절 개발동향

업군으로 형성되어 있어 기술개발 및 시장개척에 매우 취약한 상태에 있는 실정이고, 국내업체의 기술개발

국내현황으로는 국내에서 유압브레이커를 생산하는 기업은 약 100 여개 업체에 이르고 있으나 선도 기업군으로는 수산 중공업, 대모엔지니어링, 에버다임 등 약 10여개 업체에 이르고 있으며 기업규모면에서 중소기업 동향을 보면 소음규제에 의한 저소음화 소재 개발, 경량화를 위한 부품의 수량화, 자동타격 조절 기술개발, 파석분의 내부 침입 방지 기술 개발, 타격변환시스템 개발 등 작업의 효율성 향상을 위한 차세대 유압브레이커 기술개발에 노력하고 있는 중이며, 그림<Fig. 2-2-1>은 건설기계 발전 방향을 보여주고 있다. 국내에서는 1980년대 이후부터 유압브레이커에 대한 연구가 대학과 산업체에서 꾸준히 진행되어 왔으나, 대부분 성능 향상과 부가적인 운전 편의성 등에 관한 연구개발 이었으며 선진국 사례에 의한 연구개발이 진행되었다. 하지만 최근 대학 및 산업체의 연구개발과제 동향을 보면 성능 향상에 대한 연구개발 뿐만 아니라 환경에 대한 관심 증가로 친환경, 소음절감에 관한 연구개발이 활발히 이루어지고 있고, 점차 대형화 되어가는 건설기계의 트렌드를 따라 대형 유압브레이커의 개발에도 힘쓰고 있다. 표<Table.2-2-1>를 보면 2000년대 대학 및 산업체에서 수행한 연구개발과제 내용이다. 이와 같이 최근 유압브레이커의 연구개발 동향은 성능 최적화, 저소음, 친환경, 대형화에 초점이 맞춰져 있음을 알 수 있다.

이 중 최근 트렌드를 잘 반영하고 있는 대표적인 연구개발 과제로 (주)대모엔지니어링 에서 수행한 과제를 들 수 있다. 그동안 국내에서 제작되는 유압브레이커는 일반적으로 1톤 소형부터 55톤급 대형제품까지 제작되고 있었으나 55톤급 이상 초대형 유압브레이커는 설계 기술 부족으로 개발이 전무한 상태였다. 그러나 대모 엔지니어링 에서 타격력 가변형 70톤급 초대형 유압 브레이커 개발과제를 성공적으로 수행함으로써 Atlas Copco, ontabert, NPK 에서만 제작 판매되고 있는 제품과 대응하여 수입 대체효과 및 수출 파급효과를 기대할 수 있었다. 또한 환경규제 대응 친환경 저소음 유압브레이커 개발과제를 통해 2008년도 환경규제에 대응하는 20-25톤급의 고효율 고성능의 친환경 저소음 유압브레이커를 개발하였고, 소음 88dB 미만의 선진국형 저소음 제작기술 및 소음, 진동 특성분석 기술을 확보하여 품질안정 및 기능추가로 인한 수출 활성화 및 매출증대의 성과를 보였다.



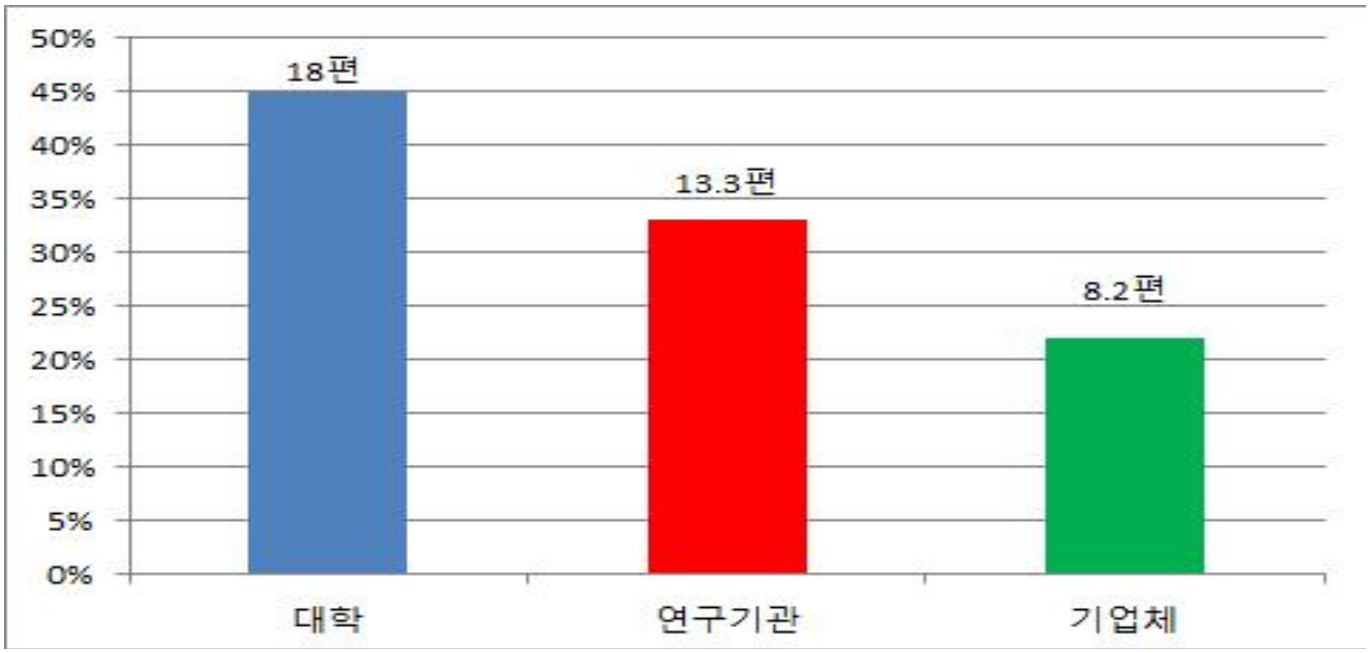
<Fig. 2-2-1 건설기계 발전 방향>

주관연구기관	과 제 명
아주대학교	유압브레이커 저소음 housing 개발(2005-2006)
대덕대학	고출력 소형 회전식 유압브레이커 개발(2006-2007)
	공타 제어시스템을 장착한 고성능유압 브레이커개발 (2009-2010)
우송공업대학	최적설계를 통한 고성능의 대용량 유압브레이커개발 (2008-2009)
우송대학	유압시스템 최적화를 통한 유압브레이커 국산화 개발(2009-2010)
(주) 대모엔지니어링	자동그리스 주입장치형 브레이커 개발 (2003-2004)
	36톤급 고 신뢰성 유압브레이커 개발 (2005-2006)
	환경규제 대응 친환경 저소음 유압브레이커 개발 (2006-2009)
	타격력 가변형 70톤급 초대형 유압브레이커 개발 (2007-2008)
	유압브레이커 사상전용기 개발기술(2008-2009)
	친환경 고성능 소형 5톤급 유압브레이커 개발(2010-2011)
(주) 지성중공업	초 저소음형 유압브레이커 개발(2010-2011)

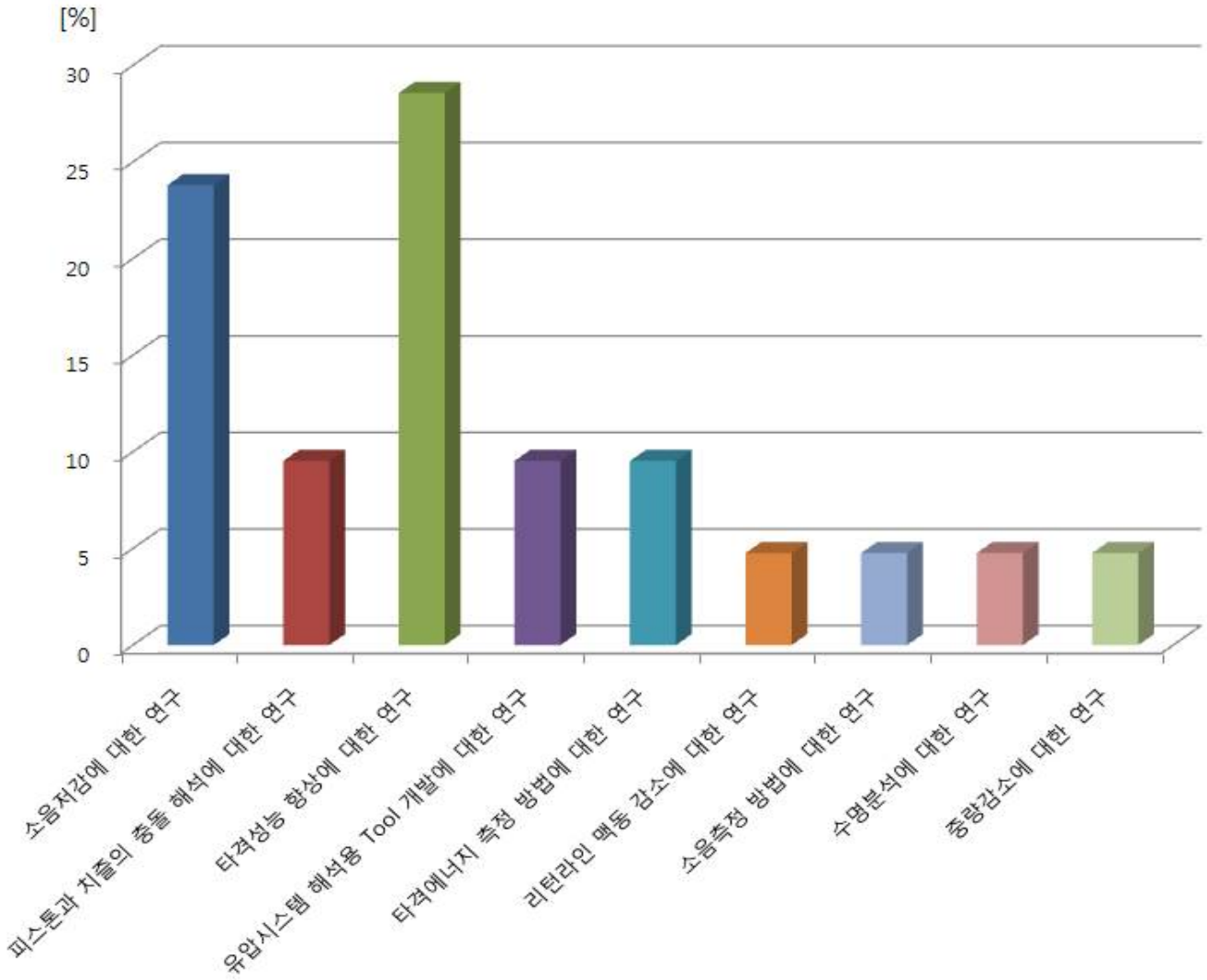
<Table. 2-2-1 유압 브레이커 관련연구 개발과제>

국내 학술지에 개제된 유압 브레이커 관련 논문은 약 20편정도 된다. 이들 논문들을 연구 수행주체별로 분류하여 비교하면 <Fig. 2-2-2>을 보면 한양대, 고려대 등의 대학교는 45%, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원 등의 연구기관은 33%(13편), 수산중공업 및 대모엔지니어링 등의 기업체는 22%(8편)로 나타났다.

유압브레이커 관련 논문들을 연구 주제별로 분류하면 소음절감에 대한 연구, 피스톤과 치즐의 충돌 해석에 대한 연구, 타격성능(타격에너지, 타격수) 향상에 대한 연구, 유압시스템 해석용 Tool 개발에 대한연구, 타격에너지 측정 방법에 대한 연구, 리턴라인맥동 감소에 대한 연구, 소음측정방법에 대한 연구, 수명분석에 대한 연구, 중량감소에 대한 연구로 분류할 수 있고, 이 가운데 가장 많이 연구된 주제는 타격성능 향상에 대한 연구로 나타났으며 그 다음으로는 소음절감에 대한 연구가 많은 것으로 나타났다. <Fig. 2-2-3>에 나타난 유압브레이커 관련 논문의 각 연구주제별 백분율 순위에 따라 제시하면 타격성능 향상에 대한 연구 29%, 소음절감에 대한 연구 24%, 피스톤과 치즐의 충돌 해석에 대한 연구, 유압시스템 해석용 Tool 개발에 대한 연구, 타격에너지 측정 방법에 대한 연구가 각10% , 리턴라인 맥동 감소에 대한 연구, 소음측정 방법에 대한 연구, 수명분석에 대한 연구, 중량감소에 대한 연구가 각5%인 것으로 나타났다.



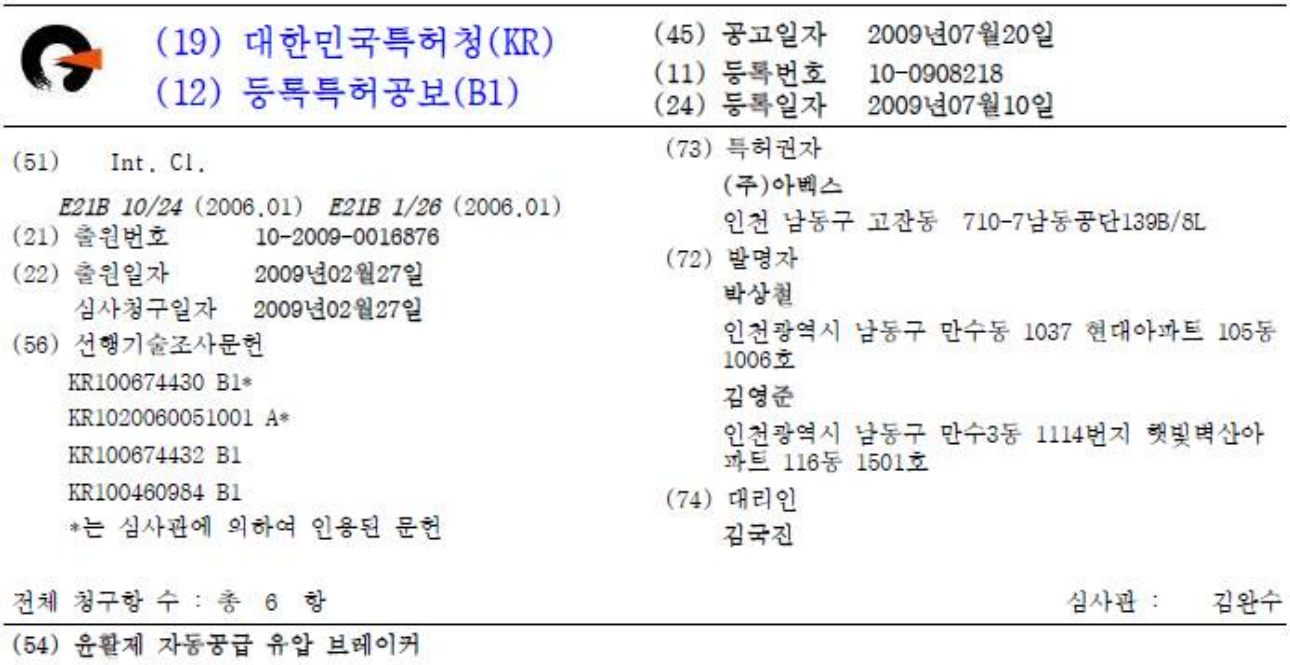
<Fig. 2-2-2 유압브레이커 논문의 연구 수행주체별 분포>



<Fig. 2-2-3 유압브레이커 논문의 연구 주제별 분포>

제3절 국내 브레이커 관련 특허조사

가) 윤활제 자동공급 유압 브레이커



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년07월20일
(11) 등록번호 10-0908218
(24) 등록일자 2009년07월10일

(51) Int. Cl.
E21B 10/24 (2006.01) *E21B 1/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0016876
(22) 출원일자 2009년02월27일
심사청구일자 2009년02월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR100674430 B1*
KR1020060051001 A*
KR100674432 B1
KR100460984 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
(주)아벡스
인천 남동구 고잔동 710-7남동공단139B/8L
(72) 발명자
박상철
인천광역시 남동구 만수동 1037 현대아파트 105동 1006호
김영준
인천광역시 남동구 만수3동 1114번지 햇빛벽산아파트 116동 1501호
(74) 대리인
김국진

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 김완수

(54) 윤활제 자동공급 유압 브레이커

<Fig. 2-4-1 특허조사>

<Fig.2-4-1>은 윤활제 자동공급 유압 브레이커에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 유압브레이커에 윤활제 자동 공급 장치를 일체로 형성하여 유압 브레이커가 작동할 때만 적정량의 윤활제가 자동으로 공급 되도록 함으로써, 윤활제를 수동으로 주입하는 경우와 달리 작동중에는 항상 윤활제가 공급되므로 치즐이 마모되는 것을 방지할 수 있고, 작업자가 작업도중 윤활제를 주입하기 위해 작업을 중단할 필요가 없으므로 작업능률을 향상 시킬 수 있는 윤활제 자동공급 유압 브레이커에 관한 것이다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 유압 브레이커에 있어서, 윤활제 자동공급 장치가 상기 유압 브레이커의 상단부에 일체로 형성되되, 상기 윤활제 자동공급 장치는 상기 유압 브레이커의 상단부에 형성되는 윤활제 수용부와, 상기 윤활제 수용부로 윤활제를 충전하기 위한 충전유로와, 상기 윤활제 수용부로부터 윤활제를 공급하기 위한 공급유로 등으로 구성되는 것을 특징으로 한다.

나) 유압 브레이커의 치즐 소음 감쇄장치

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개실용신안공보(U)

(11) 공개번호 20-2008-0003242
(43) 공개일자 2008년08월12일

(51) Int. Cl.
E21B 10/00 (2006.01)
(21) 출원번호 20-2007-0002232
(22) 출원일자 2007년02월07일
심사청구일자 2007년02월07일

(71) 출원인
주식회사 에버다임
충청북도 진천군 진천읍 장관리 332-3
(72) 고안자
임종혁
경기 성남시 분당구 서현동 효자촌현대아파트 108동 401호
김진국
서울 노원구 월계3동 13번지 월계삼호아파트 30동 403호
(74) 대리인
최영민

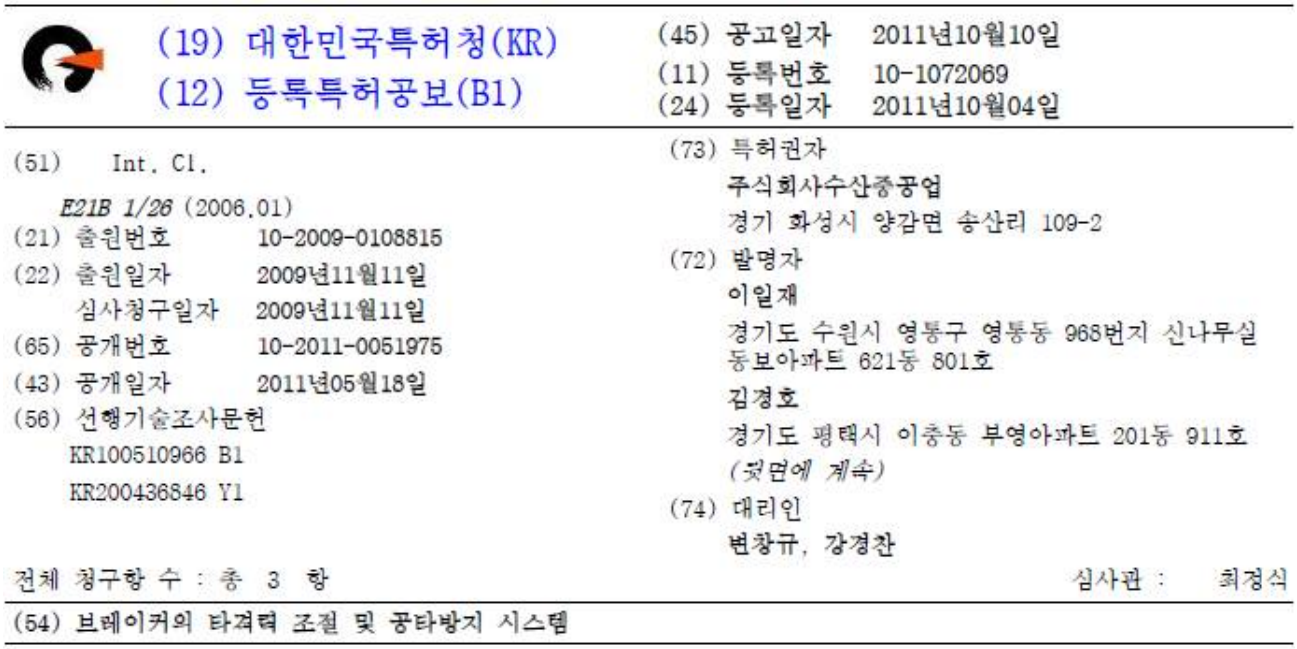
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 유압 브레이커의 치즐 소음 감쇄장치

<Fig. 2-4-2 특허조사>

<Fig. 2-4-2>은 피타격물 파쇄 작업 시 생기는 치즐소음을 감쇄하기 위한 유압 브레이커의 치즐소음 감쇄장치에 관한 것으로서, 브레이커 본체 내부에 유압에 의해 왕복운동 하는 피스톤이 설치되고, 치즐의 일부가 브레이커 본체의 조립구에 삽입되는 유압 브레이커 조립부를 구성하며, 상기 피스톤 하강 시 상기 피스톤이 치즐을 타격함으로서 치즐에 가해진 충격력으로 피 파쇄물을 파쇄하는 유압 브레이커에 있어서, 상기 브레이커 본체를 감싸는 브라켓과 상기 브라켓의 상기 치즐이 삽입되는 개방된 부분에 형성된 삽입홈과 상기 삽입홈에 끼워지며, 일정한 탄성을 갖는 흡음재들과 상기 흡음재들의 이탈을 방지하고, 상기 흡음재들에 눌림량을 갖도록 상기 브라켓과 결합하는 커버를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 고안에 따르면, 치즐의 표면 진동에 의해 전달되는 소음뿐만 아니라 브레이커 본체의 벽면을 타고 전달되는 소음과 브라켓의 진동에 의한 소음이 외부로 전파되는 것을 동시에 감쇄시킬 수 있는 효과가 있다.

다) 브레이커의 타격력 조절 및 공타방지 시스템



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월10일
(11) 등록번호 10-1072069
(24) 등록일자 2011년10월04일

(51) Int. Cl.
E21B 1/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0108815
(22) 출원일자 2009년11월11일
심사청구일자 2009년11월11일
(65) 공개번호 10-2011-0051975
(43) 공개일자 2011년05월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR100510966 B1
KR200436846 Y1

(73) 특허권자
주식회사수산중공업
경기 화성시 양감면 송산리 109-2
(72) 발명자
이일재
경기도 수원시 영통구 영통동 968번지 신나무실 동보아파트 621동 801호
김경호
경기도 평택시 이충동 부영아파트 201동 911호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
변창규, 강경찬

전체 청구항 수 : 총 3 항 심사관 : 최경식

(54) 브레이커의 타격력 조절 및 공타방지 시스템

<Fig.2-4-3 특허조사>

<Fig.2-4-3>은 브레이커의 실린더 외측에 설치된 타격력 조절 및 공타 방지용 방향 전환부를 강타(H) 및 약타(L), 공타 방지(X)의 위치로 선택적으로 회전시켜주는 동작에 의해, 상기 타격력 조절 및 공타 방지용 방향 전환부와 연설된 공타 및 타격력 조절밸브가 작동되어 고압관로의 고압을 약타 및 강타 전환로를 거쳐 유압 배출관 쪽으로 배출시켜 공타 발생을 방지시키며, 이에 따라 브레이커의 공타 발생 시 브레이커의 프론트 헤드 및 타격로드핀 등과 같은 하부 구조물의 파손을 방지시킬 수 있도록 하며, 상기 공타 및 타격력 조절밸브를 통하여 고압관로에 유입되는 고압을 강타 전환포트 또는 약타 전환포트로 선택적으로 유입시켜, 피스톤의 행정을 조정할 수 있도록 하며, 이에 따라 암반의 파쇄와 같이 큰 타격력이 요구되는 파쇄 작업에서는, 피스톤의 행정을 늘려서 타격로드의 타격력을 높여주고, 연암이나 콘크리트 파쇄와 같이 작업 시에는 피스톤 행정을 줄여서 타격로드의 타격력을 줄일 수 있도록 하면서, 브레이커의 피스톤에 의해 작동되는 타격로드의 공타불가 및 강타, 약타 동작을 원활하게 수행할 수 있는 브레이커의 타격력 조절 및 공타방지 시스템에 관한 것이다.

제3장 설계 및 ANSYS 해석

제1절 이론적 설계

1. 온도측정

이번 프로젝트의 명확한 목표를 설정하기 위하여 브레이커의 온도가 얼마나 올라가는지 알 필요가 있었다. 하지만 아직 냉각분야로 개발된 연구가 없었으므로 그 어떤 논문이나 특허에서도 압력 그 때문에 발생하는 열 등 저희 조에서 필요로 하는 정확한 자료는 구할 수 없어서 저희 조는 구동 시 발열량 보다 실린더와 피스톤 사이의 최소간극을 초첨을 두고 가정을 통한 계산으로 온도를 추측하였다. 저희 조가 목표로 잡은 브레이커의 도면을 구하지 못했기 때문에 카탈로그에 공개된 치수와 변수를 가정하여 계산해 보았다. 우리는 팽창을 방지하기 위하여 실린더를 냉각을 해야 하므로 알아본 결과 가장 많이 사용하는 재료는 주철이였으며 이 중에서도 내충격성이 좋은 특수주철 이였다. 하지만 특수주철 중에 첨가재료에 따른 종류가 많아 열팽창률은 주철의 팽창률(1.02×10^{-5})를 설정하고 우리가 채택한 규격(RHB325 의 치즐지름 $125\varnothing$)와 치즐이 0.1㎜ 팽창해 실린더와의 간극이 좁아진다는 가정에 얼마의 온도가 필요한지 계산해 보았다. (이때 실린더 양 외벽의 두께는 치즐 지름으로 가정)

$$\frac{0.1}{125\times(1.02\times10^{-5})}=78.4℃$$

3.2)쿨러 선정 방법

쿨러를 선정에 앞서 열 교환량을 먼저 구한다.

1)열교환량 : Hc

$$Hc=(T_1-T_2)\times(Ws\times60)\times0.85\times0.45=(t_2\times t_2)\times1\times1 \quad .....(1)$$

2)냉각수 출구온도:t_2

냉각수 출구온도: 냉각수량의 비율은 기름 : 냉각수 = 1:0.5~1로 하는 것이 일반적 냉각수 출입구 유속(t_2)은 0.5~1 m/s 로 제한

$$t_2\frac{Hc}{W_t\times60}+t_1(℃) \quad .....(2)$$

3)평균 온도차: $\triangle t_m$

작동유와 냉각수의 출구, 입구 온도차를 기준으로 해서 로그형균 온도차를 구합니다.

작동유 $T_1 \rightarrow T_2$
냉각수 $t_1 \leftarrow t_2$ $(T_1 - t_2)(T_2 - t_1)$

$$\downarrow$$

$$\triangle t_1 = T_1 - t_2$$
$$\triangle t_2 = T_2 - t_1$$

.....(3)

식(3)에서 $\triangle t_1$과$\triangle t_2$을 구하여 로그평균 온도차를 $\triangle t_m$에 보정계수 X를 곱하는데 X는 다음과 같이 Y와Z를 산출할 수 있다.

$$\frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = Y \qquad \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = Z \text{.....(4)}$$

4. 전열면적:A

전열면적은 A는 쿨러의 열 교환되는 면적을 말하는데, 시판되고 있는 쿨러의 용량 결정시의 호칭명도 된다.

$$A = \frac{Hc}{\triangle t_m \times K} \text{ .....(5)}$$

여기서 나온 전열계수 “K” 가 커질수록 “A” 는 작아진다.

5. 열팽창

온도가 상승함에 따라 물체가 팽창하는 것을 열팽창이라 한다. 선팽창과 부피팽창이 있다.

6. 열전도율

열의 이동이 정상 상태에서 면적$1m^2$,두께1m의 물질 내를 온도차 1℃로 하고 1시간에 흐르는 열량을 kcal로 나타낸 것이다.

$$Q = hA(T_S - T_\infty) \ (W/m^2)$$

h = 대류열전달계수, $W/(m^2 \cdot ℃)$
A = 열전달표면적, m^2
T_S = 표면의 온도 ℃
T_∞ = 표면으로부터 충분히 떨어진 유체의 온도, ℃

7. 비열
어떤 물질1g의 온도를 1℃만큼 올리는 데 필요한 열량이다.

제2절 상세설계

가) 3차원모델링

1)기본이 되는 3차원모델링

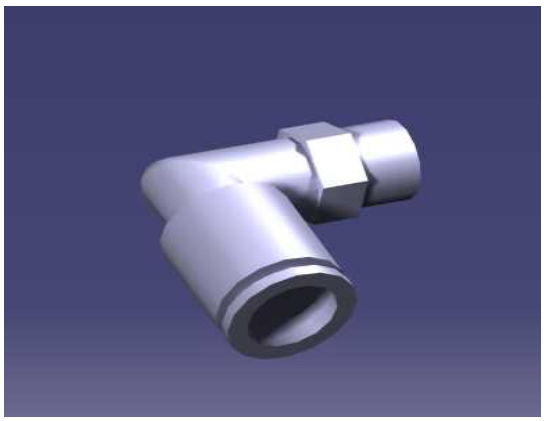
<Fig. 3-2-1 실린더 모델링>

<Fig. 3-2-1> 은 소형 브레이커(0.8~2.5 Ton)의 본체에 들어있는 실린더 블록의 형상이다. 위쪽의 큰 구멍은 피스톤이 상하 왕복운동을 하는 피스톤홈이고 정면에 있는 구멍 두 개는 구동유의 IN, OUT회로가 연결되는 구멍이다. 아래쪽 구멍 부위에는 치즐이 연결되는 곳이다. 위 실린더의 재질은 SCM415이며 표면에는 침탄열처리가 되어 있고 크기는 전장 295㎜에 중량이 약 25㎏이다.

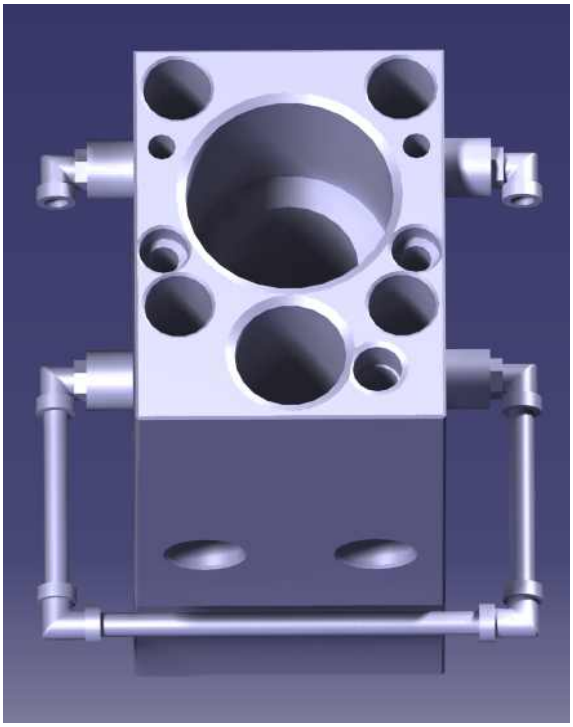
2)변형된 1차 설계 모델링

<Fig. 3-2-2 가공 실린더 모델링>

<Fig. 3-2-2> 는 기본이 되는 3차원 모델링에서 변형을 시킨 형상이다. 피스톤 홈의 양쪽의 공간에 지름10㎜의 구멍을 깊이220㎜로 수냉식 회로를 뚫고 실린더의 양쪽 옆면에 냉각수가 회로를 순환 할 수 있도록 2개씩의 입구와 출구를 만들었으며 구멍과 호수를 연결시켜주는 카플러(Fig. 3-2-3) 를 장착하기 위해 너트를 만들었다.

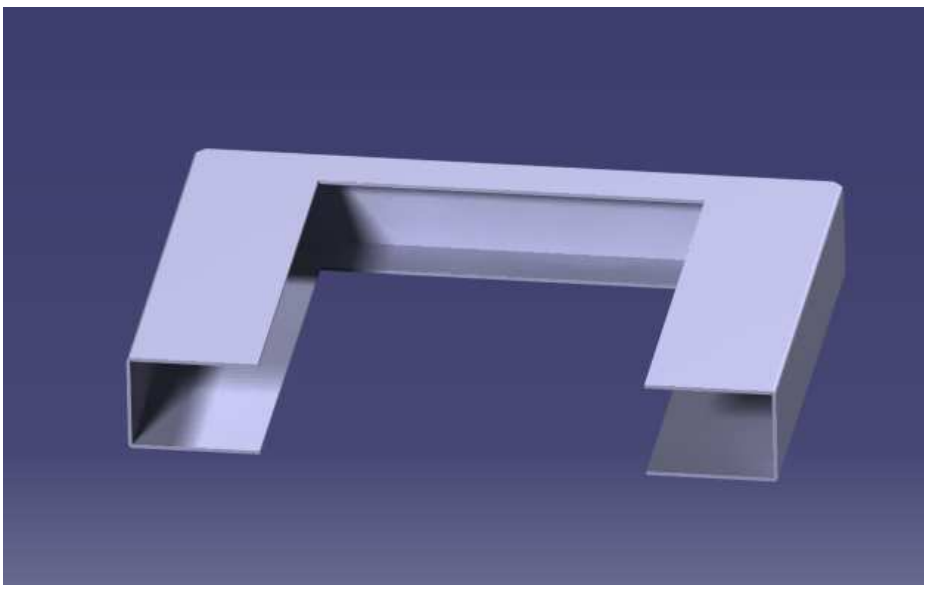


<Fig. 3-2-3 카플러 모델링>



<Fig. 3-2-4 실린더 가공 조립 완료 모델링>

<Fig. 3-2-4> 는 변환된 실린더에 카플러와 호수를 결합시킨 형상을 보여 주고 있다. 왼쪽 위쪽의 입구로 냉각수가 유입되며 밑으로 순환하면서 반대편으로 이동하고 오른쪽위쪽의 출구로 냉각수가 배출된다. 그리고 카플러와 호수가 브레이커 작동 시 내부적인 충격과 외부적 요인에 의하여 손상이 되지 않게 커버(Fig. 3-2-5) 를 보여주고 있다.



<Fig. 3-2-5 실린더 호수 커버 모델링>

<Fig. 3-2-6 가공 실린더 완성도 모델링>

<Fig. 3-2-6> 은 변환된 실린더블록과 카플러, 호수, 커버가 모두 결합되어 있는 형상을 보여주고 있다.

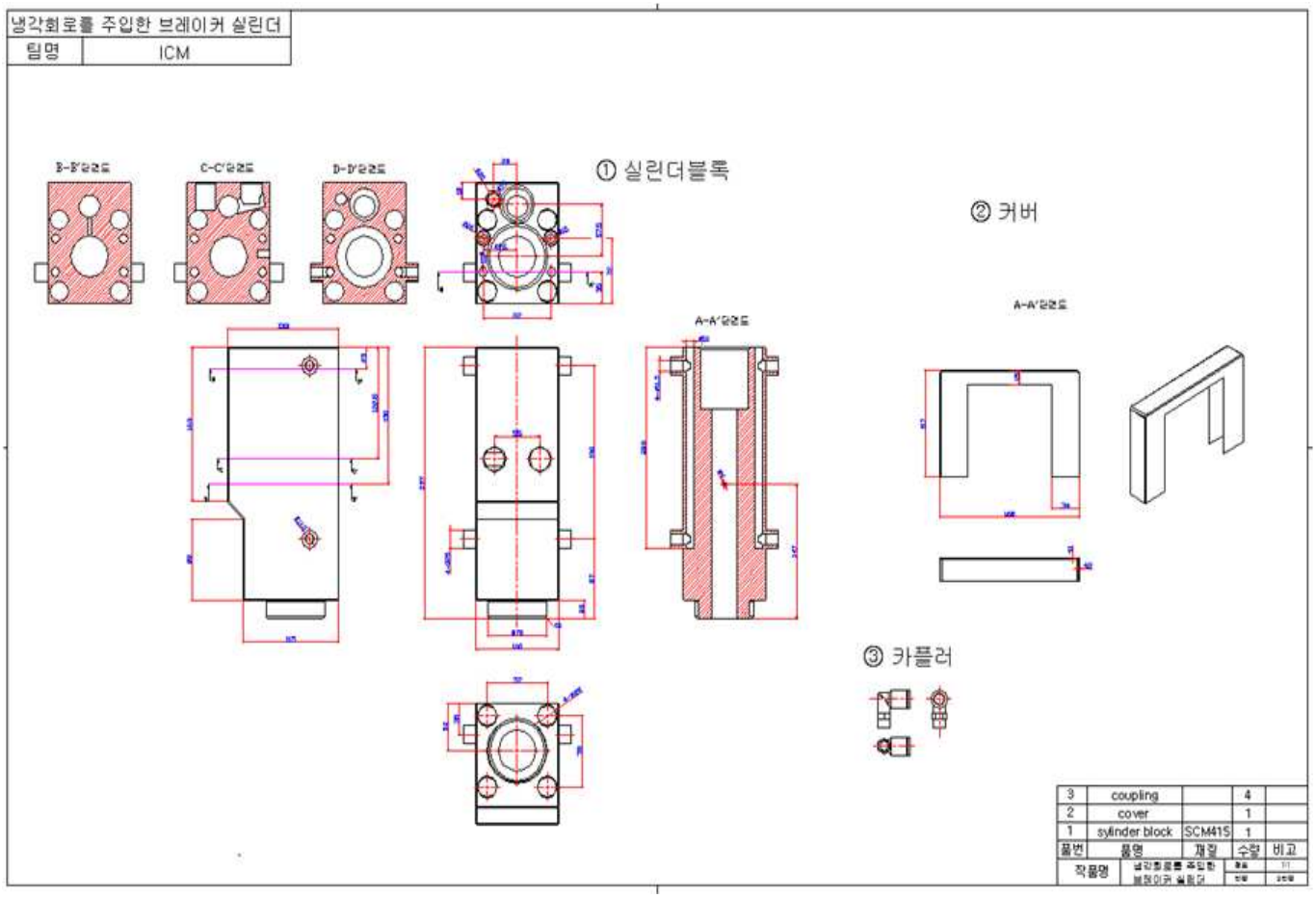
3)변형된 2차 설계 모델링

<Fig. 3-2-7 2차 설계 모델링>

<Fig. 3-2-7> 은 기본 모델링에서 필요하지 않는 구멍을 이용하여 새로 뚫은 구멍과 같이 확장시켜 더 효율적인 냉각회로를 뚫기 위해 모델링하였다. 구멍을 확장시켜 뚫게 될 시 표면과의 두께가 얇아지므로 강도에 이상이 생기지 않을 정도로 양쪽측면에 패드를 시켜 보완시킨 형상이다. 위의 변형된 2차 모델링과는 다르게 냉각수를 이용하지 않고 작동시 사용되는 구동유를 내부로 침투시켜 냉각을 시키는 구조로 되어 있다.

나) 2D 설계도면

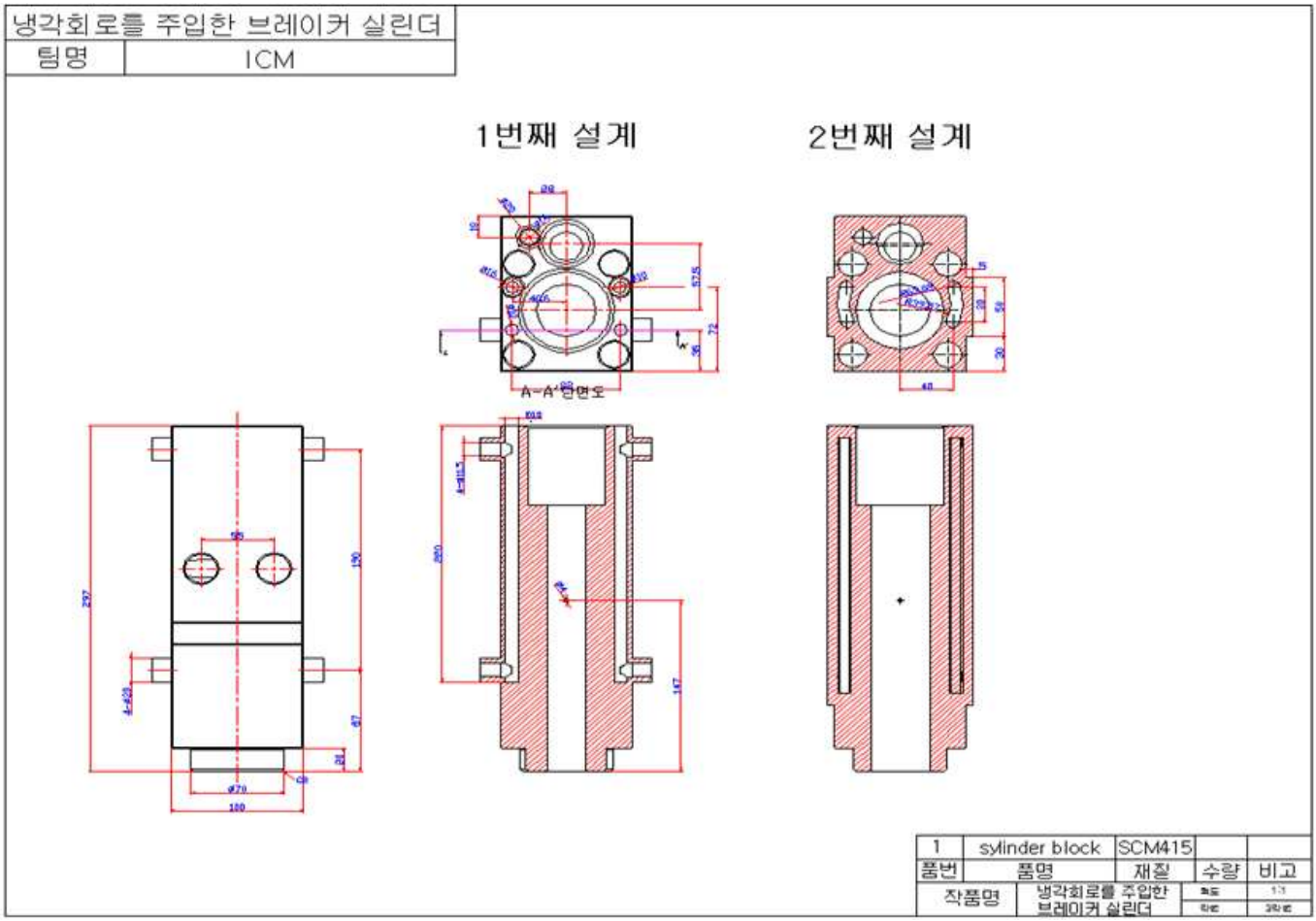
1) 변형된 1차 설계 모델링



<Fig. 3-2-8 1차 설계 모델링>

<Fig. 3-2-8>은 변형된 1차 설계 모델링을 2D도면으로 나타내어 정확한 치수를 기입하여 제작 시 편리하게 가공할 수 있도록 표시하였다. 세가지 부품으로 나누어져 있고 실린더 모델링의 내부 냉각회로구조를 이해 쉽게 볼 수 있도록 단면도가 나타나와 있다.

2) 변형된 1차 2차 설계 모델링의 비교



<Fig. 3-2-9 2차 설계 모델링>

<Fig. 3-2-9>는 변형된 1차, 2차 설계 모델링의 비교도면이다. 1번째 설계도면은 냉각면적을 144.4cm^2(1차)로 했으며, 2번째 설계도면은 426.94cm^2(2차)로 3배정도 넓은 표면적을 가지고 있다. 냉각속도는 표면적이 클수록 빨라진다. 그러므로 2번째 설계가 더 효율 적일 것으로 보인다.

제3절 형상 ansys해석

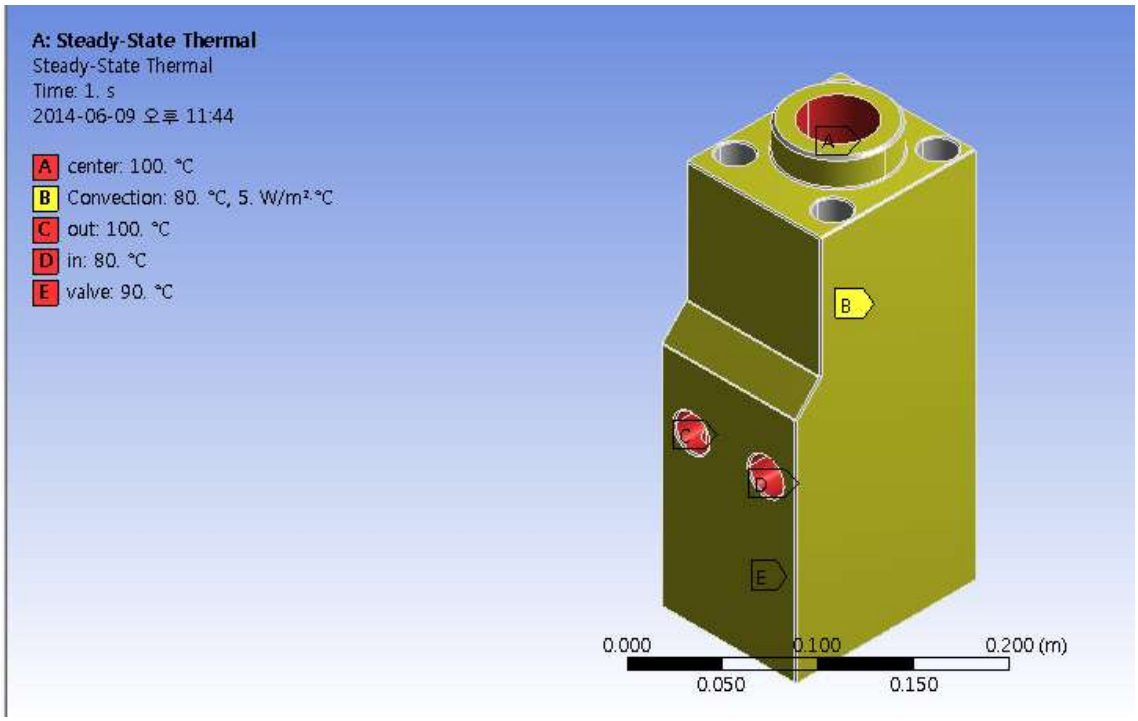
가) 소재 물성치

Property	Cylinder
Material	SCM415
Hardness (Hrc)	58-62
Young's Modulus (N/m^2)	1.90E+11
Poisson's Ratio	0.29
Density (kg/m^3)	7850
Thermal Expansion (/K)	1.80E-05
Thermal conductivity (W/Mk)	41
Specific Heat (J/kg·K)	500

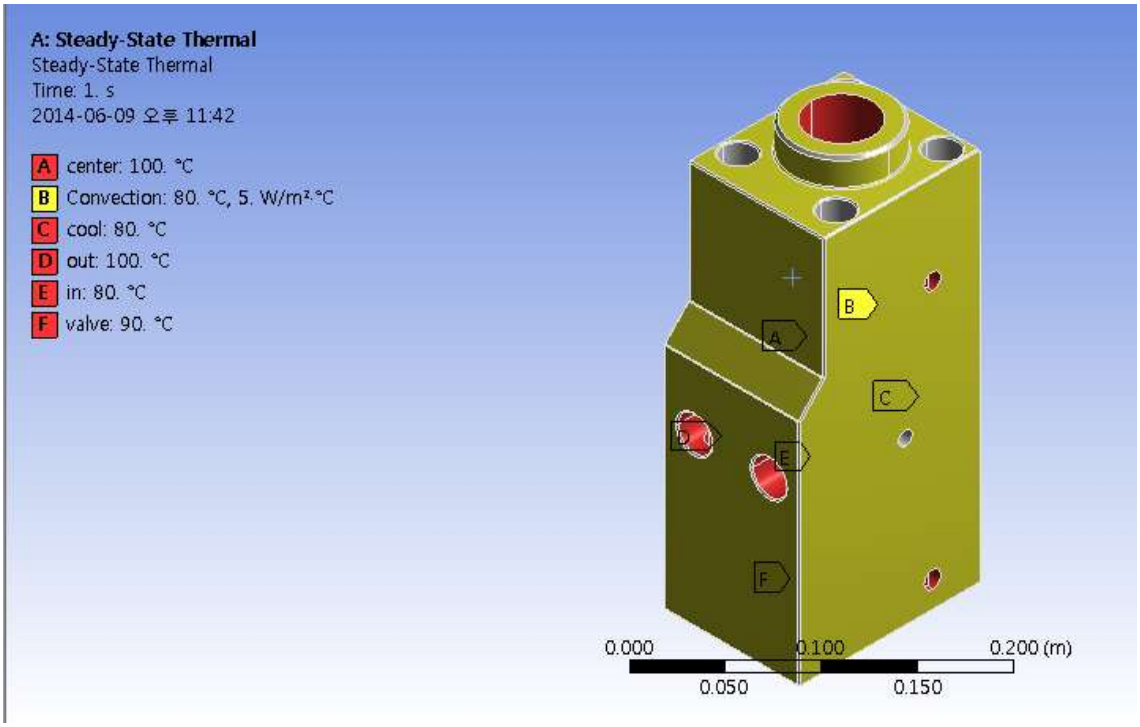
<Table. 3-3-1 소재 물성치>

<Table. 3-3-1>는 ansys 해석프로그램을 사용하기 위함 실린더의 물성치 조건이다.

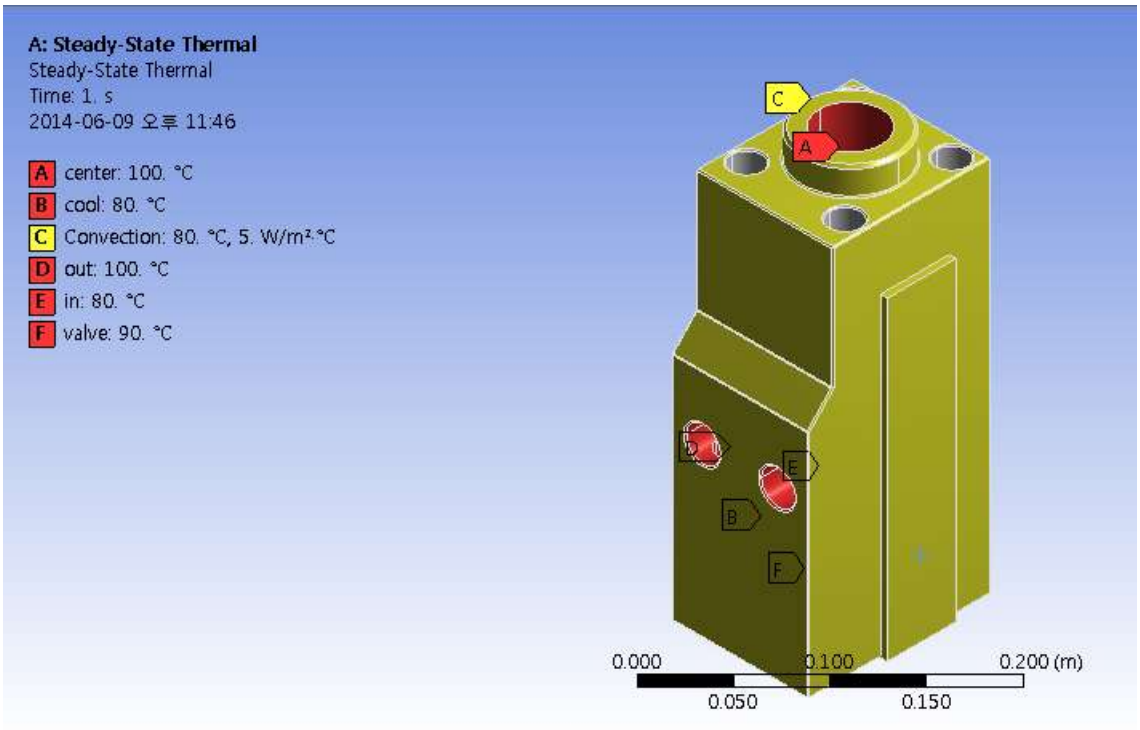
가) 구속조건



<Fig. 3-3-1 구속조건>



<Fig. 3-3-2 구속조건>



<Fig. 3-3-3 구속조건>

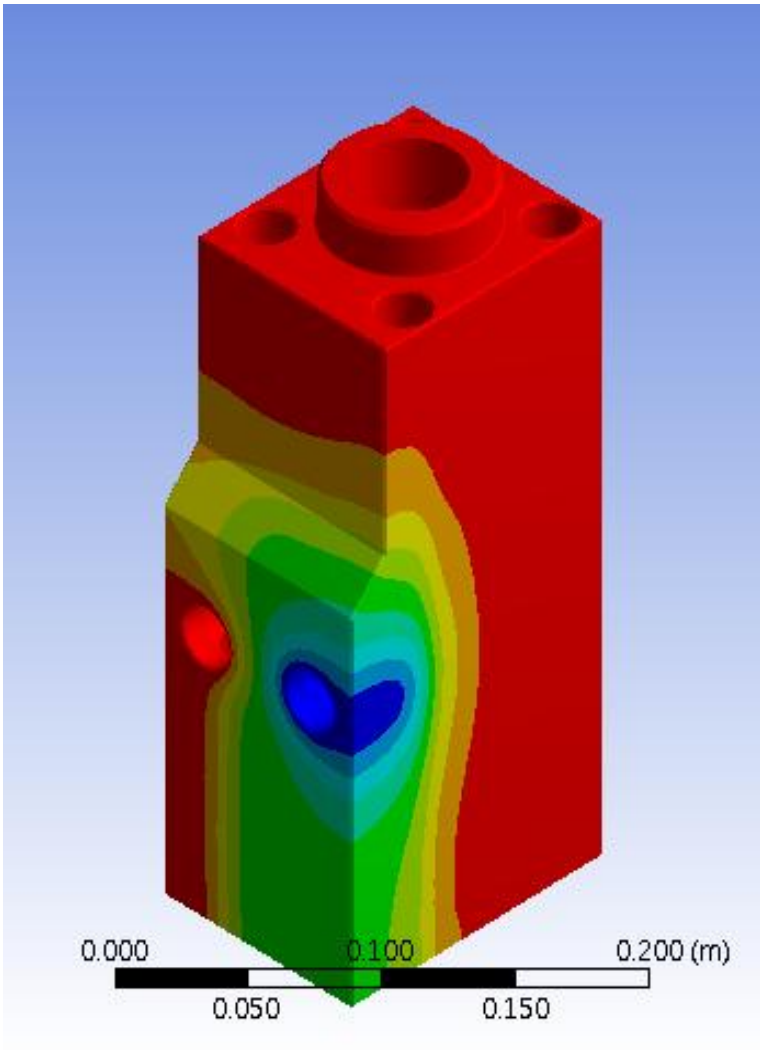
<Fig. 3-3-1>, <Fig. 3-3-2>, <Fig. 3-3-3>은 실린더의 냉각 부분에 대한 ANSYS 해석을 위한 조건들이다.

	위치	온도(° C)
A	실린더	100
B	냉각회로	80
C	대류	80
D	OUT 회로	100
E	IN 회로	80
F	밸브	90

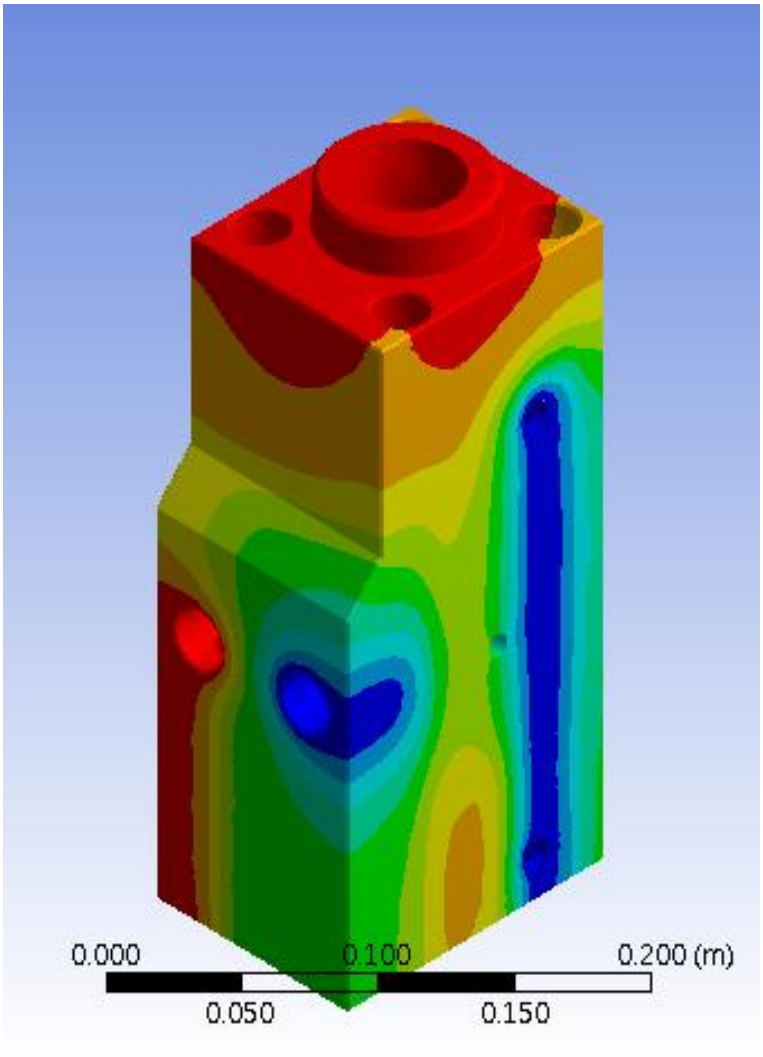
<Table. 3-3-2 해석 조건>

<Table. 3-3-2>는 ANSYS를 해석하기 위한 해석 조건으로 IN 회로 는 굴삭기에서 유압유를 80도 로 유지 하여 주기에 설정 하였으며 계산과 가상의 온도를 설정하여 해석한다.

나) ANSYS 해석

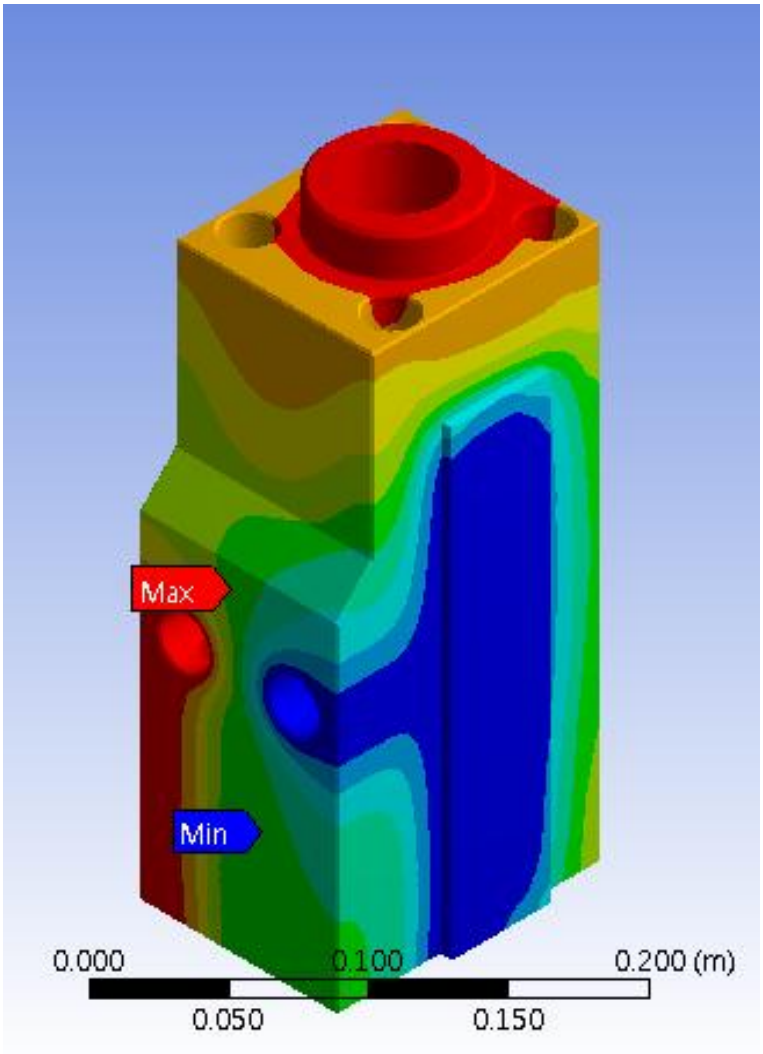


<Fig. 3-3-4 기존실린더>



<Fig. 3-3-5 1차 설계>

<Fig. 3-3-4>는 실제 실린더를 온도에 따라 해석 하여 나온 결과이다. <Fig. 3-3-5>는 1차적으로 설계 제작한 결과이다. 기존 실린더에 비해 온도 상승 율이 작다는 것을 알 수 있다. 하지만 실린더 헤드와 연결되는 부분이 온도가 높다.



<Fig. 3-3-6 2차 설계>

<Fig. 3-3-6>은 제작 한 설계의 부족한 부분을 보안하기 위해서 제설계한 실린더의 결과이다. <Fig. 3-3-5>에 비해 온도 헤드 부분과 연결 되는 부분의 온도 상승률이 작아짐을 알 수 있다.

제4장 제작

제1절 가공 부품

<Fig. 4-1-1>

<Fig. 4-1-2>

<Fig. 4-1-1>은 실린더 의 냉각 회로를 연결 하는 통로 카플러와 호수이며 <Fig. 4-1-2>은 수잔 중공업의 실린더로 미니 굴삭기에 사용되는 브레이커 실린더이다.

	몸체 중량	총중량	전잔	전폭	작동 유량	작동 유압	타격수	호스 직경	로드 직경	대차 중량
단위	kg	kg	mm	mm	$l/\min$	kgf/cm^2	bpm	$inch$	mm	m^2
SB10	53	70	972	192	15~30	90~120	800~1400	3/8	40	0.07이하

Table.4-1-1

브레이커의 는 수산중공업의 'SB10' 이름의 브레이커 이며 미니 굴삭기에 사용되는 브레이커 이다. 'SB10' 의 사양은 <table.4-1-1>이다.

제2절 가공

가) 가공 기계

<Fig. 4-2-1>

<Fig. 4-2-1>은 레디얼 드릴링 머신으로 드릴링 헤드를 컬럼에 연결된 암에 장착하여 가공물의 이동 없이 드릴링 머신의 이동만으로도 가공물에 구멍을 가공할 수 있도록 만든 기계이며, 일만 드릴링 머신 보다 큰 가공물을 가공할 수 있다.

<Fig. 4-2-2>

<Fig. 4-2-2>은 건 드릴링이며 절삭유(압축공기 혹은 적절한 냉각제)가 드릴의 홈을 따라 절삭면으로 공급되어지는 구조이다. 그래서 깊은 구멍(깊이 와 직경의 비 300배까지)에 사용된다. 일반 드릴 로 사야용 할 수 있었지만 실린더 가공 시 깊이가 깊고 재질이 SMC415 이며 열처리 되어 건드릴 가공으로 가공 한다.

<Fig. 4-2-3>

<Fig. 4-2-3>은 아르곤 아크 용접기 이며 아르곤 가스 분위기 속에서 노출된 금속 전극과 용접할 실린더 사이에 발생되는 아크로 가열하여 실시하는 용접이다.

나) 가공 문제점

<Fig. 4-2-4>

<Fig. 4-2-4>는 원의 구멍의 깊이가 210㎜ 이어서 레디얼 드릴링 머신으로 가공이 불가능하다는 문제점이 생겨 건 드릴링 머신으로 가공 하여 문제 해결함.

<Fig. 4-2-5>

<Fig. 4-2-5> 와 레디얼 드릴링 머신 가공 중 머신이 재질이 SMC415 이고 열처리가 되어 있어 가공이 불가능 하다는 문제점이 생겨 건 드릴링 머신으로 가공 하여 문제 해결함.

<Fig. 4-2-6>

<Fig. 4-2-6>의 건드릴 가공 후 바깥쪽 벽면이 4㎜ 로 얇아 탭 가공을 하여 카플러를 연결한다면 카플러의 나사선이 홀 가공 한 홀의 반을 막아 버리는 문제 가 생겨 카플러를 연결할 수없는 문제가 생긴다.

<Fig. 4-2-7>

<Fig. 4-2-6>의 문제점을 해결하기 위해서 너트를 제작하여 <Fig. 4-2-7> 과 같이 아르곤 용접을 하여 카플러를 연결 할 수 있도록 재작한다.

제5장 결과 고찰

현재 우리나라도 세계와 비교하여 뒤지지 않는 기술력을 가지고 있었다. 하지만 아직까지 생각보다 연구가 적어서 의외였고, 그래서 우리는 수명연장이라는 초점을 두고 실린더의 과열로 인해 고착되는 부쉬와 열팽창으로 인한 피스톤과 실린더 간극 좁혀짐으로 생기는 스크래치를 줄이는 것도 좋다고 생각하였다 하지만 도면을 구하기는 우리에게 역부족 이였고 열을 측정하기 위해선 추측을 할 수 밖에 없었다. 그래서 열팽창을 기준으로 계산해 보았더니

위에서 팽창률을 이용해 온도추정결과 브레이커의 온도가 약 80℃ 올라갈 때 마다 간극이 0.2mm씩 좁아진다고 추정하였다. 피스톤과 실린더 사이의 최소간극을 모르지만 0.2mm도 큰 치수라 생각했기 때문에 주철이 0.1mm 팽창하는 80℃가 되지 않게 이보다 8℃(10%) 낮춘 온도 72℃로 목표를 설정하였다. 냉각쿨러 선정은 이해하기가 어려워서 한국생산기술연구원의 오 주영 박사님을 다시 뵈어 상세한 설명 및 자료들을 좀 더 제공받아야 할 것 같다. 냉각쿨러를 선정하면 동력을 끌어와야 하는데 그때 굴삭기와의 효율도 고려해야 한다는 것 도 큰 과제인 것 같다.

제6장 결론

제1절 결론

국가가 발전함에 따라 산업이 성장하고 재개발 등에 의해 콘크리트 등 을 파쇄 하고 암석을 캐는 일이 많아짐에 따라 굴삭기 어태치먼트인 브레이크의 성능을 향상시켜 잔 고장을 방지하고 정비 율을 줄여 소비자의 부담을 줄이고 온도 상승률을 감소 시켜 작업 효율을 증가 시킬 것이 본 프로젝트의 목표이다.

우선 유압 브레이커(hydraulic breaker)는 일반적으로 건설 중장비인 굴착기(excavator)에 장착되어 굴착기의 유압을 동력으로 사용하는 부착작업기(attachment)의 일종으로 부착작업기 중 40%를 차지한다. 주로 포장도로의 보수작업, 콘크리트 건축물 해체작업, 암석 및 콘크리트의 파쇄작업 등을 위하여 토목 및 건설현장에서 많이 사용되고 있다.

굴삭기의 문제점은 작동시 브레이커에서 온도가 100℃이상 올라가 고온과 저온의 반복 노출되어 O-ring이 경화되어 6개월에 1번씩 O-ring 교체를 위해 정비를 한다. 브레이커의 과도한 열은 부품을 팽창시켜 간극을 좁히고 스크래치를 야기 시키므로 냉각이 필요 하고 열 발생 원인은 구동 시 넓은 구멍에서 좁은 구멍으로 유압유의 흐름으로 체적 변화에 의한 경우, 피스톤과 로드의 부딪힘으로 인한 경우에도 열이 발생시킨다. 한국생산기술연구원 건설기술 센터 등 다양한 조사를 통해 유압구동과정 과 브레이커의 메커니즘에 대해서도 알 수 있었다. 또 브레이커 실린더 고착 및 크랙의 원인 이 밸브의 고속 운동으로 인한 고착 과 오일 씰의 경화로 인한 불순물, 내부 스크래치가 발생하며 브레이커의 잘못된 사용으로 인해 피스톤의 뒤틀림이 발생해 스크래치가 발생하거나 실린더나 치즐의 한쪽만 마모가 일어날수 있다.

유압 브레이커의 실린더/피스톤의 고장을 분석하고 잠재적으로 굴삭기가 많이 사용된다는 자료조사를 근거로 시장조사의 범위를 넓혀 조사한 결과 프로젝트와 유사한 특허의 유무 까지 확인하였다. 그 결과 브레이커의 개발방향이 타격력 이나 소음, 경량화 등으로 치중되어 있어 본 프로젝트가 현 브레이커 시장에 차별성을 두고 있고 장비의 수명에 대한 수요에 충분한 시장가능성을 띄고 있다고 생각한다.

제1절 제언

1년이라는 기간 동안 설계프로젝트를 수행하면서 중요한 것을 배우고 많은 문제점에 직면하면서 그것을 해결해 나가는 방법을 터득하고 배웠다. 그 과정 중 주제를 선정함에 있어서 어려움이 있었지만 그것을 조원들과의 팀워크를 통해 의견을 제시하고 지적함으로써 좋은 결과가 있었다. 그리고 제품을 설계하고 해석하고 제작하는 과정 중 문제점을 해결하기 위해 4년 동안 배운 전공지식과 서적, 정보들을 이용하였고 그 밖의 해결하기 힘든 부분들은 교수님들의 조언을 통하여 설계프로젝트에 한발 나아갈 수 있었다. 또한 벤치마킹을 위해 다른 업체들을 직접 방문 하면서 전문가의 조언을 받았고 훗날 우리가 취업하게 될 업체의 규모와 발전가능성을 볼 수 있었던 좋은 기회였다.

지금까지 설계프로젝트를 하면서 부족한 점들이 있었지만 개인이 아닌 팀원들과의 화합을 통해서 많은 것을 배울 수 있었고 끝으로 보고서 작성과 최종발표를 하기까지의 많은 도움을 주고 이끌어 주신 임학규 교수님과 이덕영 교수님께 감사의 말씀을 드립니다.

1.참고문헌

1) ANSYS workbench 14.0 왕초보 탈출하기
태성 에스엔이 FEA산업부 - 시그마프레스

2) Sin, D. S. and Kwan, k. b and Lee, k. w. and Choi, h. s
Summary of Recent Developments of Hydraulic Breakers 2011

3) I want to know the hydraulic(실제편)
Lee, j. g 역(기전연구사)

4) 유한요소법을 이용한 유압브레이커 Cylinder와 Piston의 열-구조 연성해석을 통한 안정성 평가
인하대학교 대학원 기계 공학과(기계전공) 최영호

5) 범용 유압 브레이커의 성능 최적화를 위한 연구
한국생산기술연구원 신대영, 권기범

6) 유압 브레이커의 해석용 TOOL 개발 및 성능 분석
한국정밀공학회지 제17권 제4호

7) 유압 브레이커(Hydraulic breaker)의 고장분석을 통한 수명분석 연구
아주대학교 하호진, 김광섭

8) 유압 브레이커의 타격 에너지 측정을 위한 유압 변환장치 개발
한국정밀공학회지 제21권 제4호 이근호, 이용범, 정동수