

유압브레이커의 기술개발 동향 Summary of Recent Developments of Hydraulic Breakers

신대영 · 권기범 · 이강원 · 최현석
D. Y. Shin, K. B. Kwon, K. W. Lee and H. S. Choi

1. 서 론

유압브레이커는 그림 1과 같이 일반적으로 굴삭기에 장착되어 굴삭기의 유압을 동력원으로 사용하는 어태치먼트(attachment) 장비의 일종으로 도로보수 및 건축물 해체작업, 암반의 파쇄작업 등 토목 및 건설현장에서 널리 사용되고 있다.

한국의 유압 브레이커 생산은 1970년대 수산중공업에서 일본의 기술 도입으로 생산기술을 습득하여 생산하기 시작하여 1970년대 중반 일본의 중고 생산 설비를 들여와 본격적인 생산체제를 구축하였다. 1980년대에는 자체 생산을 통한 국내시장의 조달 및 수입대체효과를 가져왔으며, 1985년 이후부터는 본격적인 수출화 전략으로 세계시장 진입을 시작하여 유럽 미주지역 등에 진출하였으며, 1990년대 후반에는 중국시장의 개방화에 의한 중국시장 진입을 시도하면서 중국시장에서의 가격 및 품질경쟁력에서의 우위를 점하고 있다.

유압브레이커는 현재 우리나라가 세계 최대 생산국이며 글로벌 시장점유율 20%를 기록하고 있는 수출주도형 건설기계로, 국내 100여개 기업이 해외에 수출하고 있다.



그림 1. 유압브레이커의 사용

2. 유압 브레이커의 구조 및 작동과정

2.1 유압 브레이커의 구조

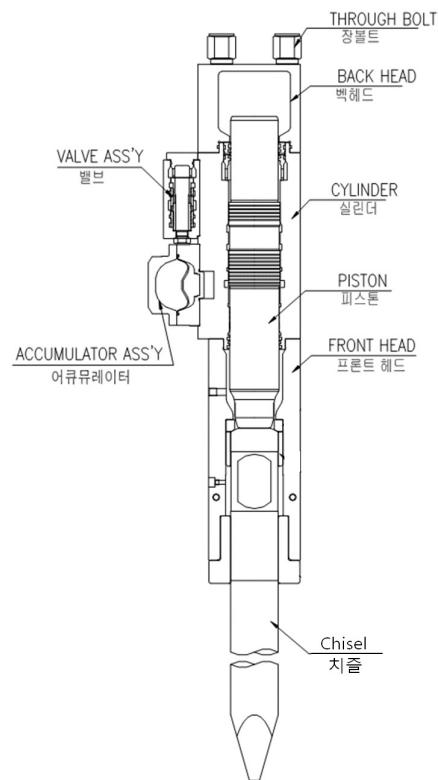


그림 2. 유압브레이커의 구조

유압 브레이커는 그림 2에서와 같이 유체의 흐름 방향을 전환시켜주는 방향조절밸브 (Direction control valve), 유압에너지를 저장하고 부족한 유량을 보충함과 동시에 충격압력을 흡수하는 축압기 (Accumulator), 질소가스로 충전되는 백헤드(Back Head), 왕복운동을 하면서 타격을 가하는 피스톤 (Piston), 작업 대상물을 파괴하는 치즐(Chisel) 등으로 구성되어 있다.

2.2 유압 브레이커의 작동과정

유압 브레이커는 유압과 질소 가스의 에너지를 피스톤의 운동에너지로 변환하고, 변환된 운동에너지는

치즐을 통하여 작업 대상물에 전달되어 그 대상물을 파쇄하는 원리로 된 기계장치이다.

그림 3을 참고하여 구성 요소별로 작동 과정을 분석하여 보면, 유압 펌프로부터 송출되는 고압의 유체는 브레이커의 공급라인을 통해 유입되어 피스톤의 Lower chamber 와 방향제어 밸브의 High chamber 에 동시에 압력을 가하게 된다. 이 때, 방향 제어 밸브 스톱은 좌측 방향으로 힘을 받게 되고, 피스톤은 우측 방향으로 힘을 받게 된다. Lower chamber에 가해지는 압력으로 피스톤은 우측으로 이동하게 되고, 백헤드의 질소 가스는 에너지를 축적하게 된다. 피스톤이 상사점을 지나게 되면, 공급라인을 통해 들어오던 고압유는 Pilot 유로를 통해 방향 전환 밸브의 Alternate chamber로 들어가게 되고, High chamber와 Alternate chamber의 수압 면적차에 의해 밸브는 우측으로 이동하게 된다. 밸브가 우측으로 이동하게 되면 피스톤의 Upper chamber로 통하는 유로를 개방시켜 저압의 상태에 있던 Upper chamber를 고압으로 바꿔준다. Upper chamber와 Lower chamber의 수압 면적 차이에 의한 힘과 백헤드의 질소 가스에 의한 압축력에 의해 피스톤은 좌측으로 이동을 하며, 치즐을 타격하게 된다. 피스톤이 좌측으로 이동함에 따라, 우측에 있던 방향 전환 밸브는 다시 좌측으로 이동하여 피스톤의 Upper chamber를 리턴부로 연결하여 다시 저압 상태로 만들어 주며, 타격 후 피스톤은 다시 우측으로 이동하는 반복행정을 하게 된다.

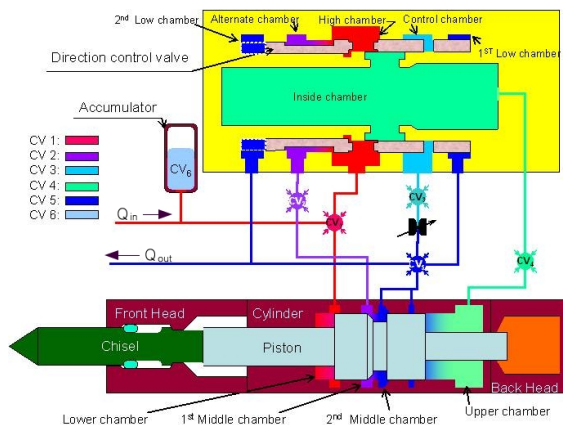


그림 3. 유압브레이커의 도식화

3. 국내외 기술현황

3.1 국외 현황

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 규제 로 인해서 방음 머플러, 방진 장갑 등의 대책이 실시 되고 있고 초미니 굴삭기 출현으로 이에 맞는 브레이커 개발에 힘쓰고 있다. 또한 제품의 고타격을 통한 효율성의 제고, 내구성 향상, 압력과 유량작동 조절, 수중에서도 사용할 수 있는 제품, 부품의 간소화, 경량화, 작업의 편의성 등이 추구하고 있으며, 암반에 따른 진동수 자동조절기능 및 Impact Rate의 자동조절기능, 파석분 유입방지를 위한 이중 방지 구조, 분해 조립의 자동화 및 간소화 추진등도 이루어 지고 있다.

3.2 국내현황

국내에서 유압브레이커를 생산하는 기업은 약 100여개 업체에 이르고 있으나 선도기업군으로는 수산중공업, 대모엔지니어링, 에버다임 등 약 10여개 업체에 이르고 있으며 기업규모면에서 중소기업군으로 형성되어 있어 기술개발 및 시장개척에 매우 취약한 상태에 있는 실정이다.

국내 업체의 기술개발 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 중이다

4. 연구개발과제 동향

국내에서는 1980년대 이후부터 유압브레이커에 대한 연구가 대학과 산업체에서 꾸준히 진행되어 왔으나, 대부분 성능 향상과 부가적인 운전 편의성 등에 관한 연구개발이 주였으며 선진국 사례에 의한 연구개발이 진행되었다. 하지만 최근 대학 및 산업체의 연구개발과제 동향을 보면 성능 향상에 대한 연구개발 뿐만 아니라 환경에 대한 관심 증가로 친환경, 소음저감에 관한 연구개발이 활발히 이루어지고 있고, 점차 대형화 되어가고 있는 건설기계의 트렌드를 따라 대형 유압브레이커의 개발에도 힘쓰고 있다.

표 1은 2000년대 대학 및 산업체에서 수행한 연구개발과제 내용이다. 이와 같이 최근 유압브레이커의 연구개발 동향은 성능 최적화, 저소음, 친환경, 대형화에 초점이 맞춰져 있음을 알 수 있다.

표 1. 유압브레이커 관련 연구개발과제

주관연구기관	과제명
아주대학교	유압브레이커 저소음 housing 개발 (2005-2006)
대덕대학	고출력 소형 회전식 유압브레이커 개발 (2006-2007)
	공타 제어 시스템을 장착한 고성능 유압 브레이커 개발 (2009-2010)
우송공업대학	최적설계를 통한 고성능의 대용량 유압브레이커 개발 (2008-2009)
우송대학	유압시스템 최적화를 통한 유압브레이커 국산화 개발 (2009-2010)
대모엔지니어링(주)	자동그리이스 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)
	유압브레이커의 사상전용기 개발기술 (2008-2009)
	친환경 고성능 소형 5톤급 유압브레이커 개발 (2010-2011)
지성중공업(주)	초저소음형 유압브레이커 개발 (2010-2011)

출처 : 국가과학기술지식정보서비스

이 중 최근 트렌드를 잘 반영하고 있는 대표적인 연구개발 과제로 대모엔지니어링(주)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 대모엔지니어링에서 ‘타격력 가변형 70톤급 초대형 유압브레이커 개발’ 과제를 성공적으로 수행하므로써 Atlas Copco, Montabert, NPK 에서만 제작 판매되고 있는 제품과 대응하여 수입 대체효과 및 수출 파급효과를 기대할 수 있었다.

또한 ‘환경규제 대응 친환경 저소음 유압브레이커 개발’ 과제를 통해 2008년도 환경규제에 대응하는 20-25톤급의 고효율 고성능의 친환경 저소음 유압브

레이커를 개발하였고, 소음 88dB 미만의 선진국형 저소음 제작기술 및 소음, 진동 특성분석 기술을 확보하여 품질안정 및 기능추가로 인한 수출 활성화 및 매출증대의 성과를 보였다.

5. 연구논문 분석

현재 국내 학술지에 게재된 유압브레이커관련 논문은 약 20여편 정도 된다. 이들 논문들을 연구 수행주체별로 분류하여 비교해 보면 그림 4와 같이 한양대, 고려대 등의 대학이 45%, 한국생산기술연구원, 한국기계연구원 등의 연구기관이 33%, 수산중공업, 대모엔지니어링 등의 기업체가 22%로 나타났다.

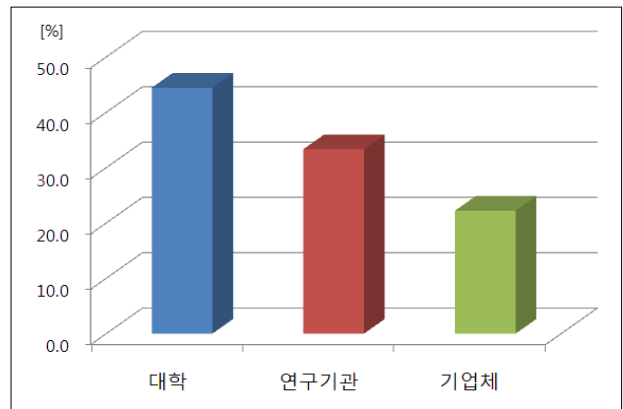


그림 4. 유압브레이커 논문의 연구 수행주체별 분포

유압브레이커 관련 논문들을 연구주체별로 분류하면 소음저감에 대한 연구, 피스톤과 치즐의 충돌 해석에 대한 연구, 타격성능(타격에너지, 타격수) 향상에 대한 연구, 유압시스템 해석용 Tool 개발에 대한 연구, 타격에너지 측정 방법에 대한 연구, 리턴라인 맥동 감소에 대한 연구, 소음측정 방법에 대한 연구, 수명분석에 대한 연구, 중량감소에 대한 연구로 분류할 수 있다. 이 가운데 가장 많이 연구된 주제는 타격성능 향상에 대한 연구로 나타났으며 그 다음으로는 소음저감에 대한 연구가 많은 것으로 나타났다.

그림 5에 나타난 유압브레이커 관련 논문의 각 연구주체별 백분율 순위에 따라 제시하면 ‘타격성능 향상에 대한 연구’가 29%, ‘소음저감에 대한 연구’가 24%, ‘피스톤과 치즐의 충돌 해석에 대한 연구’, ‘유압시스템 해석용 Tool 개발에 대한 연구’, ‘타격에너지 측정 방법에 대한 연구’가 각 10%, ‘리턴라인 맥동 감소에 대한 연구’, ‘소음측정 방법에 대한 연구’, ‘수명분석에 대한 연구’, ‘중량감소에 대한 연구’가 각 5%인 것으로 나타났다.

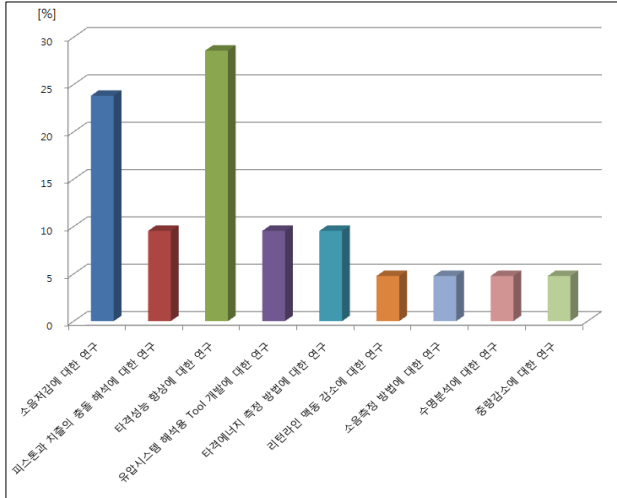


그림 5. 유압브레이커 논문의 연구 주제별 분포

타격성능 향상(타격성능 최적화)에 대한 논문들 가운데 고려대학교의 ‘Taguchi 방법을 이용한 유압브레이커의 최적설계(2005년)’에 대한 논문에서는 민갑도 해석을 통하여 유압브레이커의 설계변수들이 타격에너지에 미치는 영향을 규명하고 주요 설계 변수들을 추출하였으며, Taguchi 방법을 이용하여 유압브레이커의 성능을 최대화시킬 수 있는 설계변수들을 최적화 하였다. 그 결과로 유압브레이커의 타격에너지는 기존설계에 비하여 약 33% 증가하였고, 출력도 19.4% 증가하였으며 유압브레이커 내부의 압력맥동현상을 저감시켰다.

한국생산기술연구원의 ‘범용 유압 브레이커 성능 최적화를 위한 연구(2009년)’에 대한 논문에서는 가공성과 장비 크기 그리고 구조 안전성을 고려하는 설계변수를 추출한 후에 실험계획법을 이용한 요인분석을 수행하였으며 회귀분석을 통하여 유압브레이커의 성능(타격에너지, 타격수)에 대한 설계인자의 관계식을 유도하였다.

또한 소음저감에 대한 연구 논문들 중 한국생산기술연구원의 ‘치즐 변경을 통한 유압 브레이커의 소음저감(2010년)’에 대한 논문에서는 브레이커의 전체 소음에 가장 크게 영향을 미치는 부품이 치즐이라는 것을 확인하였으며 치즐의 간단한 설계변경을 통하여 기존 치즐에 비해 유압브레이커의 소음을 약 4~5dB 정도 저감시켰다.

5. 결 론

지금까지 유압브레이커에 대한 기술현황 및 연구개발 동향에 대해서 살펴보았다.

국내 기술개발현황은 세계 선진 기술개발패턴과 유사하게 이루어지고 있으나 아직까지는 품질면에서 떨어지고 있어 이들 부분에 대한 기술개발에 노력하여야 한다. 또한 생산기술에 있어서도 대부분의 업체들이 부품을 아웃소싱하여 단순가공조립생산시스템을 이루고 있다. 그러나 유압기술, 소재기술, 열처리기술은 제품의 품질을 결정하는 중요한 기술이므로 이들 기술개발에 대한 적극적인 투자가 이루어져야 할 것이다.

현재 타격성능 향상과 소음저감에 대한 연구가 주를 이루고 있는 유압브레이커의 연구 주제를 조금 더 다양화할 필요가 있다. 물론 이러한 성능 최적화 및 저소음에 관한 연구들도 매우 중요하지만 유압브레이커의 내구성 향상에 대한 연구, 수중에서 사용 가능한 유압브레이커 개발, 지반상태에 따라 타격성능을 능동적으로 제어가 가능한 차세대 지능형 유압브레이커 개발 등 다양한 연구주제에 대한 선행연구가 기업뿐만 아니라 여러 대학 및 연구기관에서 이루어져야 하겠다.

참고문헌

- 1) Ko, S. H. and Lim, J. H., "Modeling and Analysis of a Hydraulic Breaker Considering Elastic Impact between the Piston and Chisel," KSME, Vol. 19, No. 2, pp. 338~347, 1995.
- 2) Ih, S. H., Chae, K. S., Lee, J. H., Park, S. H., Ha, T. G. and Lim, J. H., "Development of Low-noise Hydraulic Breaker" KSME 1999 Fall Conference, Vol. A, pp. 779~784.
- 3) Lee, Y. K., Sung, W. J., Song, C. S., "The Development of an Analysis Tool and the Performance Analysis of a Hydraulic Breaker System" Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 17, No. 4, pp. 189~196, 2000.
- 4) Lee, S. H., Han, C. S., Song, C. S., 2003, "A Study on the Performance Improvement of a High Efficiency Hydraulic Breaker" Journal of the KSTLE Vol. 19, No. 2, April 2003, pp. 59~64
- 5) Sung, W. J., Noh, T. B., Song, C. S., "A Study on the Reducing the Return Line Pressure Fluctuation of the Hydraulic Breaker System" Journal of the Korean Society of Precision

Engineering, Vol. 20, No. 9, pp. 70~76, 2003.

6) Lee, G. H., Lee, Y. B. and Jeong, D. S., "Development of the Hydraulic Pressure Transducer System for Testing the Impact Energy of Hydraulic Breaker" Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 4, pp. 154~160, 2004.

7) Baek, H. Y., Chang, H. W. and Lee, I. J., "Optimal Design of a Hydraulic Breaker using Taguchi Method" KSME 2005 Fall Conference, pp. 2033~2038.

8) Kim, B. S., Kim, M. K., Byun, D. W., Lee, S. M. and Lee, S. H., "A Study on the Structural Improvement of Bracket Housing for Structural Noise and Vibration Reduction in Hydraulic Breaker" Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 23, No. 11, pp. 108~115, 2006.

9) Lee, S. I., Kim, C. H., Kim, K. E., Jeong, Y. K., Kim, H. J. and Cheon, J. H. "Measuring the characteristics of radiated noise from the hydraulic breaker" KSNVE 2007 Spring Conference.

10) Park, J. W., Lee, K. W. and Kim, H. E., "A Study on the Analysis of Impact strain for Hydraulic Breaker Chisel" Journal of KFPS, Vol. 4, No. 4, pp. 21~27, 2007.

11) Ha, H. J. and Kim, G. S. "A Study about Reliability Analysis of Hydraulic Breakers through Failure Mode Effect Analysis" Journal of Applied Reliability, Vol. 9, No. 3, pp. 177~193, 2009.

12) Shin, D. Y., Kwon, K. B., Yang, H. J. and Nam, K. S. "A study for the performance optimization of the hydraulic breaker" KSME 2009 Spring Conference, pp. 1325~1330.

13) Choi, S. and Chang, H. W. "Performance Improvement of an Integrated-type Fully-Hydraulic Breaker by Sensitivity Analysis" Journal of KFPS, Vol. 6, No. 1, pp. 17~24, 2009.

14) Ryoo, T. J. and Chang, H. W. "Performance Optimization of a Gas-Assisted Hydraulic Breaker with Dual Stroke" Journal of KFPS,

Vol. 7, No. 1, pp. 11~19, 2010.

15) Kim, C. H. and Kim, I. S. "Noise Reduction of a Hydraulic Breaker by Change of a Chisel" Journal of KSNVE, Vol. 20, No. 2, pp. 138~143, 2010.

16) Park, G. B., Park, C. H., Park, Y. S. and Choi, D. H. "Optimal Design for Minimizing Weith of Housing of Hydraulic Breaker" Journal of KSME, Vol. 35. No. 2, pp. 207~212, 2011.



신 대 영(책임저자)

E-mail : dyshin@kitech.re.kr

Tel : 053-580-0140

1962년 8월 6일생.

2000년 한양대학교 정밀기계공학과 박사과정 졸업. 1991년 한국생산기술연구원 입사, 유공압시스템학회, 대한기계학회 등의 회원, 공학박사.



권 기 범

E-mail : kbkwon@kitech.re.kr

Tel : 053-580-0149

1983년 4월 24일생.

2009년 한국산업기술대학교 기계설계공학과 학사, 2011년 동대학원 기계시스템설계 전공 석사, 2009년~2011년 한국생산기술연구원 학생연구원, 2011년~현재 한국생산기술연구원 메카트로닉융합연구그룹 연구원



이 강 원

E-mail : ggang@kitech.re.kr

Tel : 053-580-0101

1960년 7월 5일생.

1999년 한양대학교 대학원

졸업(공학박사). 1983년 대우조선공업(주) 기술연구소 대리, 1989년 한국생산기술연구원 입사 현 수석연구원, 대경지역 본부장(현), 한국반도체 디스플레이 장비학회 수석기술이사, 한국진동소음학회 정회원



최 현 석

E-mail : hchoi@kitech.re.kr

Tel : 031-8040-6388

1969년 7월 17일생.

2005년 한양대학교 정밀기계공학과 졸업. 동년 UC Berkely 기계공학과 Postdoc, 2009년 한국생산기술연구원 입사. 공정시스템 및 로봇 시스템 연구. 대한기계학회 등의 회원. 공학박사