

건설기계와 국내 유압기계 산업의 발전

Development of Domestic Hydraulic Machinery Industry and Construction Machine

신 기 철
K. C. Sin

1. 서 론

건설 기계의 국내 생산은 70년대에 선진국과의 기술제휴로 지게차, 굴삭기 등 일부 기종을 조립 생산 하면서 시작되었으며, 이후 국내 건설 공사의 기계화 시공의 발전으로 건설 기계 수요가 급격히 증가됨에 따라 대우중공업(주), 삼성중공업(주), 현대중공업(주) 등 대기업의 적극적인 참여와 기술 개발로 건설 기계 생산량이 급격히 증가하였다.

국내 건설 기계 생산은 현대양행(주)를 시작으로 볼보건설기계코리아(구 삼성중공업)는 프랑스의 Case Poclain, 일본의 Komatsu, Yammar 등과, 대우는 Kubota, Hitachi(日本)등과의 기술 제휴를 통하여 생산 판매를 하여 왔고, 이를 기반으로 고유 모델 개발로 발전시켜왔다. 한편 현대는 미니 굴삭기의 경우는 일본의 Handozer, Komatsu등과 제휴하였으나, 중대형 굴삭기의 경우는 처음부터 자체 독자 개발로 출발하였다.

한편 건설 기기용 유압 기기 산업의 시작은 1978년 동명중공업(주)가 일본의 Kawasaki사와의 기술제휴를 통하여 밸브류와 유압 모터 그리고 유압 조타기의 국내 생산을 준비한 단계부터라고 볼 수 있다. 이후 1985년 일본의 Teijin Seiki사와의 기술제휴로 액셀 피스톤형의 유압 굴삭기용 주행 모터 생산을 시작하였고 추가로 1989년 Kawasaki사와의 기술제휴를 통하여 액셀 피스톤형의 메인 펌프와 선회 모터 개발이 본격적으로 시작되었다.

그러나 이 기간 중 개발에 가장 문제가 되었던 부분은 유압 부품의 소재이고, 특히 고압용 주물의 국산화가 어려워 거의 수입에 의존하였다. 아울러 펌프, 모터의 핵심부품인 회전 부품(Rotary Parts)도 기술 제휴선의 공급에 의존하였고 국산화가 가능하였던 부분은 가공 설비의 정도 불량이나 작업 공정의 부정확으로 상당히 많은 품질 문제점을 유발하였다.

1990년대는 건설 기계의 수출 성장기로서 정부의 건설 경기 과열 억제책 발표로 인해 내수 시장은 침

체하고 반면에, 선진국의 기술 습득과 고유 모델 개발을 통한 건설 기계의 해외 수출이 크게 증가하기 시작하였다.

이 영향으로 이 기간의 국내 유압기기 산업은 펌프와 모터를 중심으로 국산화 개발이 본격적으로 발전되는 전환기를 맞이하였다. 건설 기계 제조사의 지원 하에 제일유압(주)는 1980년대 피스톤 펌프·모터의 회전 부품(Rotary Parts) 제조 기술을 바탕으로 1990년 초반 일본의 Chuetsu Metal사와 이중 재질 접합 기술에 대한 기술 제휴로 실린더 블록과 밸브 플레이트에 대한 동접합 소재 기술 및 제조 기술을 확보한 후, 1990년 후반 소형 굴삭기 용도의 주행 모터와 선회 모터를 개발하였으며, 1993년 후반 카고 크레인 용도의 원치 모터 및 선회 모터를 개발하였다. 또한 1995년 중반에는 가변용량형 펌프와 정용량형의 모터가 일체형으로 배열된 콤팩트하고 고압화된 HST(Hydraulic Static Transmission)를 개발하였고 굴삭기 전기종에 사용 중인 원격 제어 밸브를 조이스틱 형과 페달 형으로 개발하여 특허 등록을 하였으며, 1996년 후반에는 중형 굴삭기용 주행 모터와 선회 모터를 개발하였다.

특히, 제일유압(주)에서 개발된 제품은 전 품목이 모기업의 지원과 자체기술로 이루어진 신개척(Frontier)형 제품으로 평가 받을 수 있다고 본다. 이와 같이 1990년대는 동명중공업(주), 제일유압(주), 한일유압(주)가 건설 장비용 유압기기 개발에 심혈을 기울인 시기였다고 할 수 있다. 그러나 건설 기계 산업을 포함한 한국의 전반적인 산업은 1997년 말에 발생한 IMF지원 금융위기 사태로 인하여 극심한 침체를 맞게 되어 아직 성숙되지 못한 유압 기기 산업이 어려움과 동시에 기회를 맞이하였다. 제품 신뢰성 확보 부분은 어려움이었지만 달려 폭등은 새로운 기회로 작용하였다.

이에 국내 건설 기계 제조사는 국산화를 통한 원가절감으로 가격 경쟁력 확보가 매우 중요시되었다. 따라서 국내 유압기기 제조사가 회생하는 계기가 되

어, IMF지원 금융위기 사태로 인하여 국내 유압기기 산업이 중흥기를 맞이하는 계기가 되었다.

유압 기기 소요량의 대다수를 차지하는 굴삭기의 경우, 생산량이 많지 않은 일부 기종의 펌프, 모터, 제어 밸브를 제외하고는 거의 전기종에 대한 국산화가 이루어졌고 생산량의 증가에 따라 자연스럽게 수익성이 개선되어 기술 개발에 대한 투자도 활발히 이루어졌다.

이와 더불어 중국에 진출한 국내 건설 기계 제조사(현대, 대우)의 생산량이 중국 시장의 활황에 힘입어 2000년도부터 급속히 증가하게 되었다(표 1, 2 참조). 이러한 국내 건설기계 제조사의 중국 생산 물량 증대는 국내 유압 기기 조달의 증대로 이어져 국내 유압기기 산업의 전환기를 맞이하는 절대한 계기를 마련하게 되었다. 또한 국산화가 가장 힘들었던 멀티플 제어 밸브의 개발도 활발하게 진행되었다.

2. 유압 기기와 건설 기계의 기술 개발 동향

2.1 설계 기술

최근에는 유압 기기에 대한 개발 동향이 소형·경량화, 고회력·고밀도화의 방향으로 진행되어가고 있으므로, 고압화 및 고속화가 필연적으로 요구되고 있다. 특히 고압화, 고속화를 달성하기 위해서는 습동 부위의 누유 증대에 대한 대책뿐 아니라, 내마모 및 소착 방지에 대한 기술과 각 구성 부품들의 강도 향상 기술을 동시에 필요로 하고 있다.

반면, 고압화, 고속화 경향은 필연적으로 진동과 소음 증대를 초래하기 때문에, 방진 및 저소음화에 대한 기술 및 연구도 선진외국 유압 전문 업체에서는 대단히 활발히 진행되고 있다.

뿐만 아니라, 유압 기기들의 고속, 고정도화 및 고기능화를 위해서는 이들 유압 기기들을 구성하고 있는 부품들에 대한 기구학적인 해석, 강도 해석, 열·유체 해석 등에서부터, 이들을 조합한 시스템 동특성 시뮬레이션도 가능한 한 간편하면서도 고속, 고정도로 수행되어야 한다. 미국, 독일, 일본 등 선진 외국에서는 이미 이들에 대한 각종 시뮬레이션 프로그램이 활발히 연구, 개발되고 있다. 따라서 유압 회전 부품(Rotary Parts)의 고압, 고속화에 대한 설계기술 및 고압, 고속화에 따른 방진, 저소음화 설계기술의 확보가 필수적이며 고기능, 고도정화 설계를 위한 시뮬레이션 기법 및 프로그램 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

표 1 2003년도 중국 굴삭기 판매량¹⁾

총 판매량	수입량	현대	대우	고마츠 산투이	합비 히타치	성도 센강	기타
34,800	28,200	7,011	6,019	5,027	4,297	2,396	3,450

단위 : 대

표 2 2003년도 중국 굴삭기 기종별 판매 비율¹⁾

22~22 TON급	25TON급	30TON 이상	15TON 이하	계
82%	2%	6%	10%	100%

특히, 건설 기계의 원격 제어 및 무인화를 위한 연구, 개발이 진행되면서 유압 기능 부품에 있어서 전기, 전자 제어에 대한 기술도 필연적으로 요구되고 있다. 유압 기능 부품 설계에 있어서 전기·유압 제어, 제어 기구 해석 및 설계 기술, 전자화 및 메카트로닉스화 설계 기술 등에 대한 국내 수준은 아직도 개선의 여지가 많으며, 이 분야 기술의 선진화를 위한 지속적인 노력이 필요하다.

2.2 제조 기술

건설 기계용 유압 기기는 주로 고압, 대용량을 필요로 하기 때문에 설계 기술뿐만 아니라, 제조 기술 및 고압 주물 개발을 포함한 신소재 응용 기술 또한 간과되어서는 안 된다.

정밀 가공 기술, 작동유의 오염도 관리 기술, 이종 재질 접합 기술, 스웨이징 등 제조 기술에서부터 성능 및 내구성은 물론 신뢰성 시험 등의 시험·평가 기술에 이르기까지 지속적인 연구·개발을 필요로 하는 기술이 산재해 있다.

따라서 이종 재질 접합기술 및 케이싱류의 고압주물 개발이 필요하며, 정밀가공 설계, 고강성 회전 부품(Rotary Parts)의 제작 및 열처리 기술의 확보가 필수적이며 내구성, 신뢰성 시험·평가 및 장비 제작 기술에 대한 연구 또한 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

그러나, 아직 국내 유압 기술은 유압 기능 부품에 대한 이론적 해석은 물론, 이들 요소의 설계 기초 자료(데이터) 축적 또한 미흡한 실정이므로 이에 대한 연구 및 기술개발 또한 시급히 이루어져야 하겠다.

3. 유압기기와 굴삭기

3.1 굴삭기의 유압기기 동력전달 경로

굴삭기의 유압기기 동력전달 경로를 그림 1에 나타낸다.

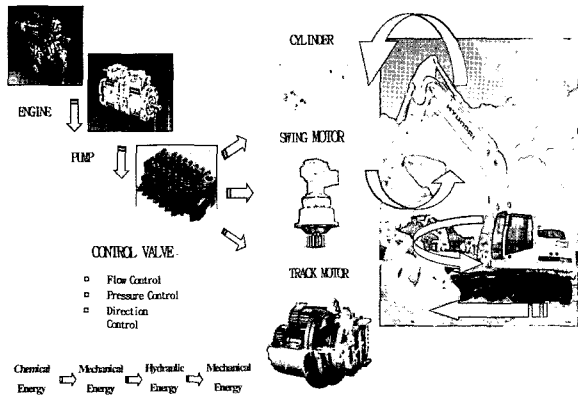


그림 1 굴삭기의 유압기기 동력전달 경로

3.2 굴삭기의 유압시스템

굴삭기의 유압시스템을 그림 2에 나타낸다.

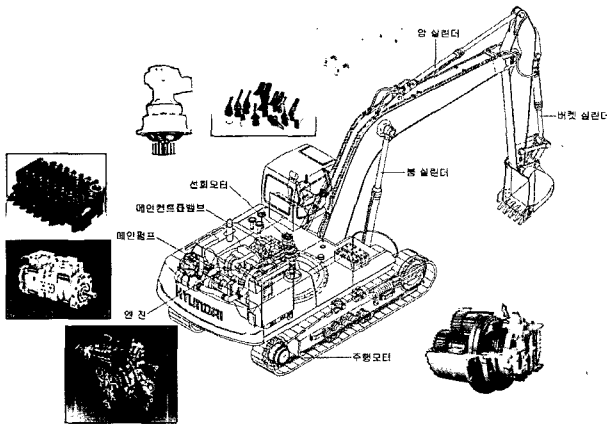


그림 2 굴삭기의 유압시스템

3.3 굴삭기 유압 기기의 기능

굴삭기 유압기기에는 메인 펌프, 제어 밸브, 선회 장치, 주행 장치, 원격 제어 밸브 등이 있다.

3.3.1 메인 펌프

엔진, 모터 등 외부로부터 기계적 에너지를 전달받아서 압력 및 유량의 유체에너지를 생산한다.

1) 유량 제어(Flow Control) 기능

원격 제어 밸브의 레버 각도에 따라 조작되는 주 제어 밸브의 신호 압력에 의하여 펌프의 유량이 토출되므로 레버의 조작에 따른 미세조작이 가능하여 동력을 효율적으로 이용할 수 있는 기능이다.

2) 출력 제어(Power Control) 기능

2개의 가변용량 펌프에서 펌프의 압력이 높아질수록 펌프 사판 경사각이 작아져서 유량은 감소하고, 펌프의 압력이 서로의 압력을 감지하여 엔진의 전마력을 효과적으로 사용하므로 엔진의 과부하를 방지하는 기능이다.

3) 감압 제어(Power Shift) 기능

전자 비례 감압 밸브를 이용하여 컨트롤러에 의해 자동 조정되는 전류를 2차 압력으로 변환시켜 변환된 2차 압력으로 펌프의 입력 마력을 제어하는 기능이다.

3.3.2 주 제어 밸브

유량 제어, 압력 제어 기능과 개별 및 복합제어가 가능한 액추에이터 제어 기능이 있다.

1) 유량 제어 기능

펌프로부터 토출된 유압유는 제어 밸브의 센터 바이패스 라인과 포트 릴리프 밸브를 거쳐 오일 탱크로 복귀한다. 스톱이 중립위치에 있으면 신호 압력이 상승하여 토출량을 감소시키고, 스톱을 움직여 액추에이터로 유량을 보내면 신호 압력이 감소하여 펌프의 토출량이 증가하는 기능이다.

2) 압력 제어 기능

압력 제어 밸브(Main Relief Valve)를 설치하여 부하에 따른 압력이 자유롭게 변화할 수 있도록 하는 기능이다.

3) 액추에이터 제어기능

① 유량 합류 기능

두개의 펌프 합류 기능으로 작업 속도를 증가시키는 기능이다.

② 주행 직진 기능

주행 중 다른 액추에이터를 작동할 경우 주행 모터의 유압 유량의 감소로 인한 주행 사행 등을 방지하기 위한 직진 주행(Straight Travel) 밸브의 적용으로 주행 단독 조작시 펌프 1은 좌측 주행(Left Travel)에 펌프 2는 우측 주행(Right Travel)에 유량을 공급하다가 주행 복합 조작 시에는 펌프 1은 기타 액추에이터에 펌프 2는 양쪽주행 모터에만 유량을 공급하는 기능이다.

③ 자동 감속 제어 기능

주 제어 밸브의 파일럿 라인에 압력 스위치 2개를 설치하여 모든 작업 레버가 중립위치에서 약 4초가 경과하면 자동적으로 엔진의 회전속도를 떨어뜨리고 다시 작업을 하면 설정한 엔진회전 속도로 회전수를 높여 지속적인 작업 수행이 가능하여 연료절감 및 운전자의 편의성을 증대한다.

④ 승압 기능

승압기능은 굴삭력 증대를 위한 목적으로 압력 제어 밸브로 압력을 일시적으로 증대시켜서 순간적으로 강력한 힘을 발휘하여 장애가 되는 작업환경에서 원활한 작업이 가능 하도록 한다.

⑤ 부하 침하 방지 기능

주 제어 밸브의 스펠과 블록과의 틈새를 통한 누유로 인하여 발생하는 자연하강을 방지하기 위하여 붐과 암 홀딩 밸브를 설치하여 레버 중립 시 자연 하강을 방지하여 운전자가 원하는 위치에서 인양작업 등을 용이하게 할 수 있도록 한다.

⑥ 유량 재생 기능

암인(Arm In) 작동시 암 하중에 의하여 암 실린더가 빠져나오므로 복귀하는 유량을 제어하지 않으면 암 실린더 속도가 지나치게 빨라져서 펌프로부터 공급되는 유량이 실린더 속도에 비해 부족해지기 때문에 캐비테이션이 발생한다. 이 현상을 방지하기 위하여 유량 재생(Arm Regeneration) 밸브를 설치하여 탱크로 복귀하는 유량을 다시 암인 쪽으로 공급하여 캐비테이션과 암인 시 암이 멈췄다 들어오는 현상을 방지할 수 있도록 한다.

⑦ 선회 가변 기능

선회 선행 밸브(Swing Priority Valve)를 설치하여 암과 선회 또는 붐과 선회 동시 작동 시 붐과 암 쪽 공급 유량을 조절하여 선회 속도를 증가시키거나 감소시키는 기능이다.

3.3.3 선회 모터

모터와 감속기로 구성되어 있으며, 유압펌프의 토출 유량을 주 제어 밸브로부터 공급받아서 원격 제어 밸브의 조이스틱 레버 조작에 의해 양쪽으로 회전하는 모터이다(그림 1).

1) 메이커 업 기능

선회동작을 하다 정지 시 입력 포트에 공급되는 유량은 중단된 상태지만, 회전관성에 의해 선회 모터는 계속 회전하려고하여 모터가 펌프의 역할을 하므로 유량공급이 없으면, 캐비테이션이 발생한다. 메이커 업 기능은 이러한 현상을 방지하기 위한 기능이다.

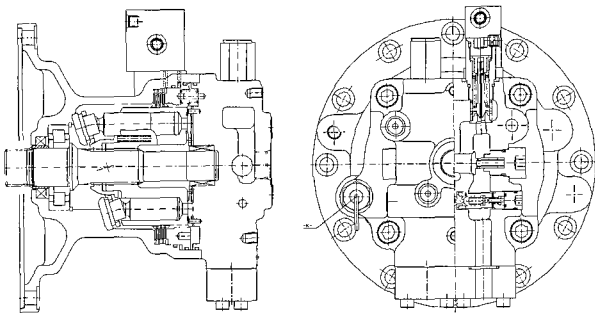


그림 1 선회 모터의 구조

2) 시간 지연 기능

선회 정지 시 회전관성에 의해 선회 모터가 계속 회전하려고 하므로 선회 모터가 완전히 정지한 후 파킹 브레이크가 원활히 작동할 수 있도록 시간을 지연시켜 주는 기능이다.

3) 파킹 브레이크(Parking Brake) 기능

선회를 하기 위하여 레버를 조작하면 파일럿 압력에 의하여 파킹 브레이크가 해제되어 선회가 가능하며, 파일럿 압력이 차단되면 지연 시간 경과 후, 스프링 힘에 의하여 브레이크를 작동시킨다.

4) 반전방지 기능

선회 정지 시 관성에 의해 선회 모터는 계속 회전하려고 한다. 또한 정지 시에는 역방향으로 회전하려고 하는 힘이 발생한다. 역방향 회전을 방지하기 위하여 선회 모터의 입·출구 압력이 같아지도록 하여 역회전을 방지하기 위한 기능이다.

5) 릴리프 밸브 기능

선회 모터의 사용 압력을 제어하여 과부하 시 선회 모터를 보호하고 브레이크 기능을 한다.

3.3.4 트랙 모터

모터와 감속기로 구성되어 있으며, 유압펌프의 토출유량을 주 제어 밸브로부터 공급받아서 원격 제어 밸브의 주행 페달 조작에 의해 양쪽으로 회전하는 모터이다(그림 2).

1) 파킹 브레이크 기능

페달을 조작하면 파일럿 압력에 의해 마찰판식 파킹 브레이크가 해제되어 주행이 가능하며, 정지 시에는 스프링 힘에 의하여 파킹 브레이크가 작동한다.

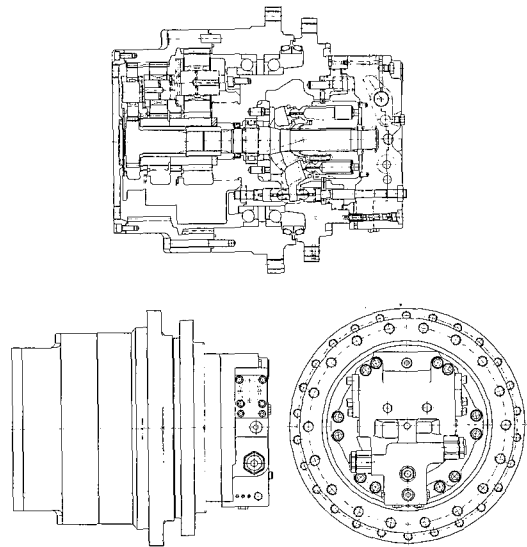


그림 2 트랙 모터의 구조

또한 급작스런 브레이크 해제에 의한 충격을 방지하기 위하여 유로내에 오리피스를 설치한다.

2) 주행 1속/2속 절환 및 자동변속 기능

2속 절환 스플이 중립을 유지할 때 파일릿 라인에 압력이 공급되지 않으므로 모터 사판 경전각이 최대가 되어 내용량 저속회전이 되며, 2속절환 스플이 작동하여 2속 절환 파일릿 라인에 압력이 공급되면 모터 사판 경전각이 최소가 되므로 소용량 고속회전이 된다.

또한 주행 모터 자동 2속 기능을 추가하여 설정압력을 부여할 시 설정압력 이상이면 자동으로 1속 변속되고 이하가 되면 자동으로 2속 변속된다.

3) 카운터밸런스 밸브의 기능

경사지 주행 및 주행정지 시에는 자중과 관성에 의하여 주행속도가 빨라지며 캐비테이션이 발생할 수 있다. 카운터밸런스 밸브는 캐비테이션 방지 및 경사지 주행 시 정속 주행을 가능하게 한다.

4) 릴리프 밸브의 기능

주행 모터의 사용압력을 제어하며, 과부하시 주행모터를 보호하고 브레이크 기능을 한다.

3.3.5 원격 제어 밸브

1) 조이스틱형

파일릿 펌프의 압력을 감압하여 주 제어 밸브의 스플을 움직여 붐, 암, 버킷 실린더 및 선회 모터를 작동하는 역할을 한다. 레버의 조작량에 따른 응답성과 미세 조작성이 우수해야 안정되고 뛰어난 작업을 할 수 있으며 편의성을 확보할 수 있다.

2) 페달형

파일릿 펌프의 압력을 감압함으로써 주 제어 밸브의 스플을 움직여 선회 모터를 작동하는 역할을 한다. 급격한 전·후 및 좌·우 레버 조작에서도 무충격 및 응답성, 미세조작성이 우수하여야 주행안정성과 편의성을 도모할 수 있다.

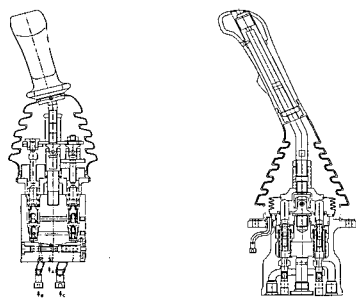


그림 3 조이스틱형 원격 제어 밸브

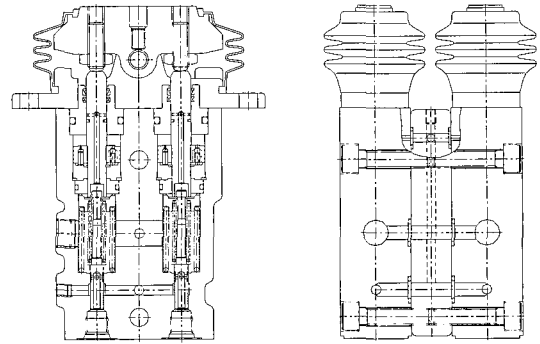


그림 4 페달형 원격 제어 밸브

4. 결 론

굴삭기용 장비 중 핵심 기능품인 유압 펌프, 모터와 주 제어 밸브는 국산화가 이루어졌지만, 국내업체 기술 수준은 아직도 해외 선진국에 비하여 다소 떨어지는 것이 사실이다. 그러므로 기반기술인 유압 산업이 발전되면 기계 산업 모든 분야에 대한 파급효과가 매우 클 것이다.

또한 유압기기를 가장 많이 사용하는 건설기계산업분야는 중국시장의 활성화에 발맞추어 유압기기의 수출이 활발하게 이루어지고 있는 상황이며, 국내 건설장비 제조업체가 중국의 굴삭기시장 판매량 1, 2위를 유지하며 지난 2년간 최대의 호황을 누리고 있다. 최근에는 중국정부의 긴축정책으로 인하여 건설기계 산업 전반에 걸쳐 판매량이 급속히 감소하고 있으나, 중국정부의 정책목표인 연착륙이 가능한 기조로 전환한다면 건설장비 수요는 예년 수준을 회복함과 동시에 지속적인 성장이 이루어질 것으로 전망한다. 이러한 상황에서 해외 선진 유압업체들도 또한 우수한 유압기술력과 경제성을 확보한 유압제품을 내세워 중국건설기계시장 진입을 적극적으로 추진할 것이다. 이로 인하여 추후 건설장비 시장에 대한 점유율 경쟁은 더욱 더 치열해질 것으로 판단된다.

이러한 현실에 대응하기 위하여 3.3절에서 열거한 건설기계 유압기기 기능에 대한 항목별 기술 개발 목표를 설정하고 유압 기능품의 기술력을 향상시켜야 할 것이다. 또한 국내 유압업체가 세계 우수 유압업체의 생산품과 대등한 품질수준, 유연한 납기 및 가격 경쟁력 등의 대응책을 마련하지 못할 경우 모처럼만에 맞이한 유압산업 활황기에도 불구하고 향후 국내 유압기기산업의 발전 전망은 그리 밝지만은 않을 것이다.

이를 극복하기 위해서 정부의 대폭적인 부품산업

지원과 대학, 연구소, 제작회사가 참여하는 산·학·연이 연계된 공동기술 개발이 절실하다. 유공압시스템 학회에서도 국내의 유압기기 설계, 제조기술의 선진화를 유도할 수 있는 공동 기술 개발 과제의 발굴 및 수행, 기술 정보 교류의 기회 제공 등의 노력을 지속적으로 기울여 줄 것을 기대하며, 이를 통하여 유공압 시스템학회도 더 많은 발전이 있으리라 기대한다.

참 고 문 헌

- 1) 중국공정기계협회, “중국공정기계”, 5월호, 2004.
- 2) M. Kawanaka, “건기의 외관 DESIGN과 거주성”, 1999.

[저자 소개]

신기철(책임저자)

E-mail : jeil@jeilhyd.co.kr

Tel : 051-204-4042

1959년 3월 4일생

1981년 부산공업대학 졸업, 1984년 제일유압 입사, 현재 (주)제일유압 영업이사

