

유공압과 수압(水壓)산업의 미래



조 정 대

(KIMM 첨단산업기술연구부)

'94 부경대학교 제어계측(학사)
'96 한국해양대학교 제어계측(석사)
'96 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

함 영 복

(KIMM 첨단산업기술연구부)

'87 금오공과대학교 기계공학(석사)
'90 금오공과대학교 유압공학(석사)
'01 금오공과대학교 유압공학(박사수료)
'90 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



윤 소 남

(KIMM 첨단산업기술연구부)

'86 제주대학교 기계공학(학사)
'90 부경대학교 유압제어(석사)
'94 부경대학교 유압제어(박사)
'94 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

세계 유공압 시장의 발전과 유공압 분야가 우리 산업계에 미치는 영향 및 기여도에 비해서 유공압 기기는 여전히 기계류부품의 일부분에 속하고 있고, 이로 인하여 시장현황이나 동향분석에 필요한 자료의 획득이 어려워 시장규모나 동향을 분석하기가 쉽지 않다. 예로, 국내에서 발행되는 수출입동향 분석 책자나 통계조사표, 월간 혹은 계간으로 발행되는 책자의 내용에도 펌프나 콘트롤밸브 항목이 있으나, 수압, 가스, 유압에 대한 구분이 전혀 없어 유압과 공기압 기기들에 대한 독립적인 예상이 매우 어려운 실정이다. 특히 유공압 기기는 유공압 부품 자체에 대한 수요보다도 하나의 시스템으로 완성되어 상품화되는 경우가 거의 대부분이기 때문에 더욱 어려우며, 유공압 기술이 집적되어 있는 자동차, 건설중장비, 사출기(프레스), 제철설비, 자동화기기들 중에서 유공압만을 독립적으로 산출해내는 것 또한 어려운 작업 중에 하나라는 생각을 해본다.

본고에서는 Ogasawara^[1]와 Akimoto^[2]씨의 자료를 토대로 하여 세계 및 국내 시장 규모를 예측하기로 하며, 수입대체 및 수출을 위한 전략을 유공압 기기별로 나누어 간단히 서술하고, 유공압 산업의 발전과 유공압 관련 기기의 고유모델 개발로 국제경쟁력 강화와 국내 유공압 기기의 수출로 인한 외화 획득을 염원하는 차원에서 유공압 산업을 전망하고자 한다. Mitsumori^[3]와

Yamaguchi^[4]씨의 자료를 통해서 환경친화 및 에너지 절약면에서 주목을 받고 있는 수압시스템에 대하여 전망을 하고자 한다. 서두에서도 밝혔던 바와 같이 책자나 통계자료의 부족으로 정확한 시장 규모나 전망을 할 수는 없으나, 비교적 근거있는 자료를 통하여 예측되기 때문에 매우 유용한 자료라고 판단되며, 여기에서 서술되는 유공압 및 수압기기의 개발동향은 유공압 관련 종사자들에게 아주 유익한 정보가 될 것이라 기대한다.

2. 국내의 유공압 시장 규모와 전망

Ogasawara^[1]씨의 자료에 의하면 1995년도 전 세계의 유공압기기 시장 규모는 약 41조 4천억원 (31,828백만 US\$)으로 이 중에서 유압기기는 29조 8천억원(22,972백만 US\$), 공기압 기기는 11조 6천억원(8,856백만 US\$) 이었으며, 지역별 점유율을 보면 표 1에 보이는 바와 같이 북아메리카 및 북·서부유럽에서 전체 시장의 60[%] 이상을 차지하고 있다. 일본이 주도하기는 하나, 우리나라가 포함된 동남아시아가 20[%] 이상을 점유하고 있어, 유공압 시장은 매우 넓으며, 시장 확보를 위한 연구 개발의 필요성이 요구된다고 할 수 있다. 이 중에서 우리나라의 유공압 시장 점유율은 전 세계 시장의 약 1[%]를 점하는 4,800억원 정도인 것으로 확인되었으며, 유압기기가 1.3[%]인 3,874억원 정도이고, 공기압 기기가 약 0.8[%]인 928억원이었다. 또한, 년도별 유공압기기 시장은 꾸준히 성장하고 있으며, 매년 약 3%의 성장률을 보이고 있기 때문에 간단히 2001년도에는 약 6,000억원 정도가 될 것이라는 예상을 할 수 있다. 여기에 자동차, 항공분야 및 선박, 공작기계 등을 포함하면 1조원을 쉽게 넘고 있음을 알 수 있으며, 이를 뒷받침 해주는 자료로는 표 2에 보이는 우리나라의 유압 시장 현황이다. 표 2의 자료는 Akimoto^[2]씨의 원고에서 발췌한 것으로 유압시장만을 표시한 것인데도 불

구하고 이미 1998년도에 6,500억원에 육박하고 있다. 이 결과를 2005년도까지 예상하면 유공압 시장은 약 1조 1천억원이며, 유압시장이 약 8,000억원, 공기압 시장이 3,000억원이 될 것이다.

표 1. 유공압기기의 지역별 점유율^[1]

지 역	유압기기[%]	공압기기[%]
북아메리카	36.0	29.8
북·서부 유럽	31.8	31.7
동유럽	5.9	3.7
중동 및 아프리카	3.4	2.8
동남아시아	20.4	31.0
남아프리카	2.5	1.0
합 계	100	100

표 2. 우리나라의 유압시장 현황^[2]

분 야	수요 규모(백만원)
공작기계	115,500
플라스틱기계	61,000
철광 관련	98,500
선박관련	71,280
건설기계	209,700
농업기계	45,360
기타	46,660
합 계	648,000

저자들의 조사에 의하면 제휴사 대부분이 일본이며 현재까지도 매우 긴밀한 협조들이 이루어지고 있는 것으로 사료되지만, 국내 유공압 기술이 세계 선진국과의 경쟁에서 이기려면 기술 의존보다는 연구를 통한 독자기술 개발이 시급하다고 볼 수 있으며, 독자기술 개발이 더 나아가서는 경제회복과 인력수급에 일익을 담당한다는 사실을 주지시키고 싶다.

3. 개발동향

지금까지는 국내외 유공압 시장 규모 및 동향을 살펴보았으며, 여기에서는 유공압기기의 개발 동향을 살펴보기로 하자. 유공압기기에 있어 최대의 과제는 소음, 누설, 안전확보, 위치결정제어,

표 3. 유압모터의 성능 비교

형식	명칭	분류	배제용적 [cc/rev]	최고압력 [MPa]	최고회전속도 [rpm]	최고효율 [%]	기동 토크비 [%]	
회전식	기어모터	외접형	4~500	9(대형)~21	1800(대형)~3500(소)	75~85	75~85	
		내접형	7~1000	35~41	150(저속 고 토크)~5000(소형)	60~80	65~85	
	평형형 베인모터	보통베인형	10~220	3.5~7	1200(대형)~2200(소)	65~80	75~90	
		특수베인형	25~300	14~17.5	1800(대형)~3000(소)	75~85	75~90	
	나사모터	삼 축 형	3~1300	1~17.5	1000(대형)~10000(소)	75~83	60~65	
왕복식	액셀피스톤 모터	사 축 식	5~920	21~40	1000(대형)~4000(소)	88~95	85~95	
		사 판 식	4~500	21~40	2000(대형)~4000(소)	85~92	85~95	
	레이디얼 피스톤 모터	편심식	회전 실린더형	6~500	14~25	1000(대형)~1800(소)	85~92	80~90
			고정 실린더형	125~7000	14~25	70(대형)~400(소형)	85~92	80~90
		다 행 정 식	25~38100	17.5~25	18(대형)~750(소형)	85~92	95~100	

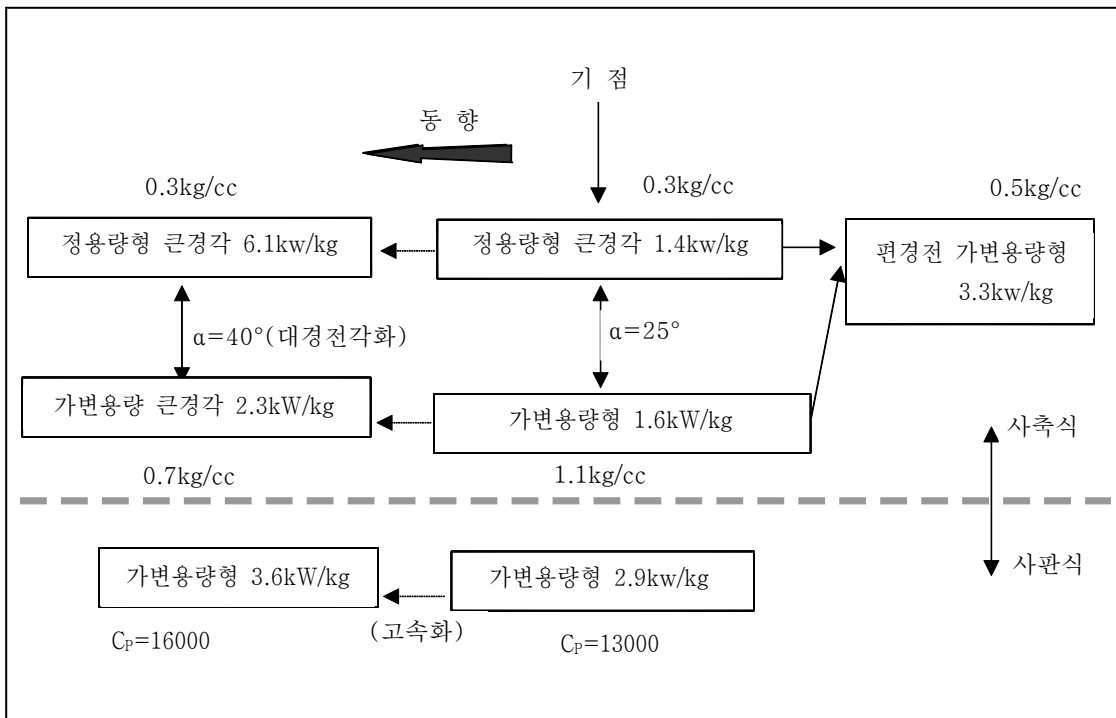


그림 1. 액셀 피스톤 펌프 기술 동향

표 4. 피스톤 펌프의 고압화 과제와 대책

과제	고려대상	부품 또는 구조
고효율화	강성향상과 변형억제	Housing, Shaft, 사판지지 구조
	실린더블록 자세변화의 보장	구면 Port Plate
	정압 베어링 기구의 적정화	Shoe, 사판지지 베어링, port
	면압 저감	Piston 구부 와 Shoe, Spline
고신뢰성	내마모·내소성 개선	Piston/Cylinder Block, Shoe
	주축 베어링의 피로수명 향상	회전축 베어링의 동부하용량
	윤활성의 향상	고정제 내마모성 작동유
	Contamination Control	Port Plate/Cylinder Block
장수명화	Cavitation 부식의 억제	Port Plate/Cylinder Block
	Seal 재질의 수명향상	내압 Oil Seal의 밀봉특성 향상
	압력변동의 완화	Port Plate의 V형 노치
저소음화	사판 지지구조의 강성 향상	Cradle형 사판
	맥동저감	맥동 감쇄기의 부착

에너지절약으로 볼 수 있는데, 각각의 유공압 기기마다 어떠한 방식으로 이를 해결하려 하는지, 또한 새로운 기술들은 무엇인지에 대해 살펴보기로 한다.

3.1 유공압 펌프/모터

표 3에 유압모터의 성능을 비교하여 보았다. 표 중의 수치는 국외에서 생산 또는 판매중인 유압모터에 대한 평균성능(카탈로그 값)이며 특수한 용도에 대해서는 이 표 범위 밖의 것도 있다. 또 표의 기동 토크비란 운전 토크에 대한 기동토크의 비율이다. 저속 고 토크용으로 특별히 설계된 것을 제외하고, 고속유압모터는 같은 형식의 유압펌프와 대개 동일 구조이므로 최고압력·최고회전속도 및 최고효율은 유압펌프에 대한 값에 가

깝다. 출력밀도를 기술적 측면에서 그림 1과 같이 전망할 수 있다. 유압 동력은 압력×유량(회전속도)에 비례하기 때문에 고출력 밀도화 하기 위해서는 압력, 유량 어느 한쪽 또는 양쪽을 크게 할 필요가 있다. 펌프 또는 모터에 있어서 회전속도(유량)의 사용한계는 캐비테이션(cavitation)한계에 의해 정해지고, 고출력 밀도화의 요소로 되는 압력의 사용 한계는 재료의 피로파괴 한계에 의해 정해진다. 이것의 곱이 출력 밀도가 되지만 사용한계는 요동부의 열평형에 의해 정해지고 일반적으로 회전속도·압력 각각의 한계 치의 곱보다 작은 값으로 된다. 이 요동부의 열평형에 관해서는 씌일(seal)과 윤활이라는 상반되는 문제로 되어 펌프·모터의 경우 누설방지(용적효율 확보) 때문에 완전 유체 윤활 상태로는 설계되어지지 않고, 일부는 고체간 접촉(metal contact)를 수반

하는 혼합 윤활 상태로 여겨지고 혼합 윤활 상태 및 그 부근의 현상을 이해하는 것이 문제이고, 이론적으로 미완성 영역으로 되어있다. 산업기계의 경우, 보통 전동기로 구동되고 고속화(고속회전)는 사용되는 전동기의 회전수에 의존하므로 일반적으로 되며, 고압화에 초점이 맞춰진다. 시스템 압력의 고압화는 펌프와 모터를 시작으로 배관 및 보조기기의 소형화에 의한 기계의 소형화(down sizing)을 이루고 있으며 유압 기기는 중량 및 가격(cost)의 저감이 요구된다. 건설기계분야는 산업기계보다 한발 앞서 고압화 되어있지만 산업기계분야는 실내에서 사용되는 것이 많고 가동시간이 주야 구별 없이 사용되는 경우도 있으므로 소음 레벨의 상한치가 건설기계 분야 쪽의 펌프보다 엄격하고 펌프의 수명시간도 보다 긴 것이 요구되어지기 때문에 고압화에 의한 과제 극복은 곤란하다 할 수 있다. 전술한 것과 같이 고압화에 따른 소음의 증가, 효율, 신뢰성, 수명의 저하등 많은 기술적 과제가 발생하므로, 피스톤 펌프에는 ① 고압화에 의한 변형과 파괴 : 요소 부품의 구조 및 기구의 변경을 위한 각부의 치수 및 재질을 적정화함으로써 강성을 높여 성능향상을 도모한다. ②기계적 손실 : 요동부를 구성하는 재료의 개량 혹은 표면 조도개선에 의한 장수명화를 꾀하고, ③누설 증가 : 틈새(clearance), 면의 조도등 효율에 영향을 미치는 인자를 관리하는 등 품질면의 개선에 의한 고압화가 가능하다. 또한 소음 저감에 대해서도 펌프 압력 port내의 압력상승 완화를 시도하고, 맥동저감, 진동전달의 방지 등 시스템 전체적으로 충분한 대책을 세워, 피스톤 펌프의 고압사용영역을 확대하는 것이 가능하다. 표 4에 이들의 과제에 대한 개선방법을 표시하였다.

3.2 유공압 실린더

유공압 실린더인 경우는 고압화, 고속화, 고효율화, IT화, Free-maintenance화, 설계의 용이

화, 내오염도화를 위한 연구들이 진행되고 있다. 최종적인 적용에 있어서는 위치결정 기술이 매우 중요하며, 이를 위해서는 무마찰 실린더 제작기술, 위치센서 내장기술, 제어기술이 필요하다. 최근에는 위치결정정도 확보를 위한 연구들로서 실린더 로드에 자성방식 및 전왜방식으로 위치를 검출하는 장치를 내장하는 방식들을 사용하는 실적들을 올리고 있다. 또한, 최근에 활발한 연구들이 이루어지고 있는 시뮬레이터용 실린더들은 다음과 같은 설계 개념들이 있어야만 할 것이다.

- 가) 저마찰 구현을 위해 Hydrostatic Bearing 을 장착하는 구조일 것
- 나) 좌굴강도가 클 것
- 다) 보수, 정비가 용이할 것
- 라) 운동 에너지 흡수용 장치를 가질 것
- 마) 서지압 방지용 릴리프 밸브를 가지고 있거나 외장이 가능할 것

3.3 유공압 밸브

유공압 밸브는 밸브 구동원에 따라 수동식, 단순 온오프 솔레노이드 방식, 비례 솔레노이드 방식, 직동 및 2, 3단 서보제어방식으로 나뉘어진 다. 유압펌프/모터와 마찬가지로 밸브에 있어서도 고압화가 매우 중요하며, 고압화의 이점으로는 고효율화, 소형·경량화, 가격저감화, 고응답성화를 들 수 있다. 반면에 고압화와 동시에 일어날 수 있는 문제점들로서는 소음증대, 변환동작에 따른 충격음, 밸브강도, 유체력증대, 내부누설 증대, 캐비테이션, 쉘 방법들이 있어 이에 대한 대책들이 필요하다. 단순 온오프 솔레노이드 밸브에 있어서의 기술현황 및 전망을 살펴보면 건식형에서 습식형으로, 저소음화 및 충격저감화, 전자화, 에너지 절약 및 대용량화, 고압화 및 누설저감화, 인터페이스 및 신뢰성 향상화, 고속화, 소형화 및 카트리지를 예상할 수 있다. 비례솔레노이드 밸브인 경우는 가격이 싸고, 고정도의 제어가 가능하며, 오염에 강하고, 고응답성이며, 히스테리

시스가 적고, 고분해능을 가지며, 고압에서도 정상적인 성능을 발휘하는 것이 요구되고 있다. 그림 2 및 그림 3에는 수요가 예상되는 밸브 및 상품화가 예상되는 서보밸브의 예를 보였다.

4. 수압 시스템 개발 동향

이 장에서는 최근에 에너지 절약 및 환경보전에 대응하기 위하여 개발을 하고 있는 수압시스템에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

수압기기 및 수압시스템에 대한 중요성으로 인하여 일본에서는 오래전부터 연구가 수행되어 왔으며, 1993년부터 수압기기 개발 결과가 나오기 시작했다. 1997년부터는 “수압시스템 연구위원회”가 발족되어 수압시스템의 의의, 개념, 연구개발의 방향성을 조사, 검토를 수행하고 있다. 그

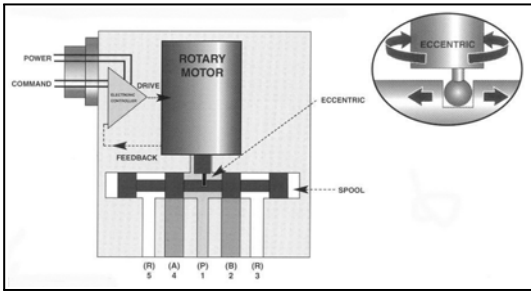


그림 2. R-DDV형 서보밸브

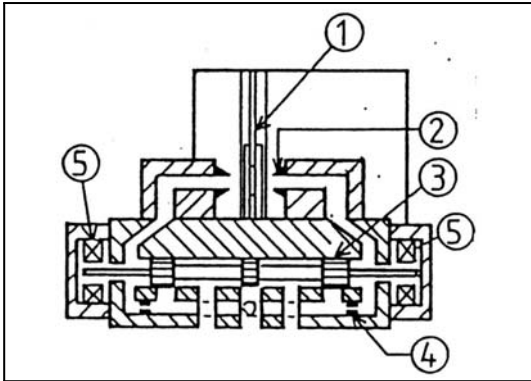


그림 3. 압전소자형 서보밸브

결과로 현재 수압프레스를 비롯하여 서보밸브, 비례밸브, 실린더, 펌프/모터 등이 개발되어 판매되고 있는 실정이다.

표 5는 수압, 유압, 공기압을 작동유체로 사용하는 기기의 특성을 보이는 것으로 수압시스템은 전자, 의약, 식품, 제지관계 제조라인 및 수압프레스와 같은 대형 시스템에 이르기까지 전망이 매우 밝아 국내에서도 이에 대한 대처가 있어야 할 것으로 사료된다.

5. 결 론

지금까지 유공압 산업과 관련하여 국내외 시장 및 개발 동향에 대해서 알아보았으며, 유공압 산업 발전을 위해서는 소음, 누설, 안전확보, 위치결정제어, 에너지절약을 위한 연구가 매우 중요하다는 것을 서술하였다. 현재, 전기기기의 성능향상으로 인하여 유공압 분야가 위협받고 있는 실정으로 전술한 다섯가지의 과제를 우선으로 해결해야만 전기기계와의 경쟁에서 우위를 확보할 수 있을 것이라는 전망을 해 본다.

누설과 관련해서는 씰 선정 기술 및 작동유선정 및 유지기술이 중요하고, 에너지 절약을 위한 대책으로서는 근본적인 과제로서 마찰에 의한 손상을 줄이는 설계, 효율향상 및 생산성 향상 설계, 적절한 기기 보수 및 적절한 시기에 부품을 교환해주는 작업이 필요하다. 또한, 지구환경과 관련하여 오염 및 화재원인을 제공하는 광물성 작동유에 대한 규제가 대두되고 있으며, 이를 해결하는 방안으로 생분해성 작동유 개발이 이루어지고 있다. 특히 수압을 이용하는 기기의 개발이 전세계적으로 활발히 이루어지고 있는 실정으로 이에 대한 대책도 국가 차원에서 이루어져야 할 필요가 있다.

최근에는 NT산업의 선두로 압전소자가 각광을 받기 시작했으며, 압전소자를 응용하는 연구가 진행되고 있으나, 현재까지 초보 단계에 이르고 있는 실정으로 보다 많은 연구자들이 관심을 가져야 할 것이다. 또한, 유압시스템이 IT와의 접목도 활발히 진행되고 있어 이 부분에 대한 관심도 고조되어야 할 것이라 사료되며, 더 나아가 유공압

표 5. 수압, 유압, 공기압 시스템 특성 비교

시스템 항목	액압시스템		공기압 시스템
	수압	유압	
작동유체	물(수도수, 순수)	기름(광유)	공기
작동원	수압 파워유닛	유압 파워유닛	압축기 등의 공기압원
서보기술의 특징	- 유압시스템에 필적하는 출력과 응답성 가짐 - 기름에 비해 온도에 따른 점도변화가 적고, 제어성 우수	- 고출력, 고속 응답성을 가짐	- 압축성이 있어 유연한 동작을 가짐 - 고정도의 위치 결정이 어려움
파워밀도	◎	◎	○
응답성, 제어성	◎	○	△
경제성	- 가격이 싸다 - 유체의 확보, 처리가 용이 - 기기는 고가임	- 작동유체 정기적 교환, 폐유처리 필요 - Running cost가 고가	- 시스템 구성 용이하며, 설비투자 작음 - Running cost가 유압에 비해 작음
주된 이용분야	- 청정 및 환경용화가 필요한 곳 - 전자, 의약, 식품, 제지관계의 제조라인의 위치결정 장치, 산업용 로봇트	- 고출력, 고속응답 요구되며, 컴팩트성이 요구되는 분야 - 건설기계, 항공기, 선박, 시험장치, 놀이기구	- 보수 용이, 설비 간편성을 요하는 곳 - 산업용 로봇, 위치결정 장치, 반송장치

은 의료나 복지기구에까지 그 역할이 확대되고 있어 21세기 산업분야에 커다란 영향을 미치리라 예상한다.

마지막으로 유공압과 관련하여 세계시장 및 국내시장 규모나 동향을 분석하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하고, 어느 개인의 의지만으로 달성될 수 없으리라는 생각을 해보며, 보다 체계적인 국내 유공압산업을 준비하기 위해서는 유공압 관련 협회나 학회 등의 설립 필요성을 절실히 느끼게 된다.

참 고 문 헌

[1] Ogasawara Fumio, "Fluid Power-산업계의 Global화", Fluid Power System, Vol.29, No.3, pp.205~211, 1998

[2] Akimoto Kenichi, "한국의 Fluid Power", Fluid Power System, Vol.29, No.3, pp.241~243, 1998

[3] Mitsumori, "수압시스템의 기대", 유압과 공기압, Vol.25, No.7, pp.769~771, 1994

[4] Yamaguchi, "수압 시스템 도전", Fluid Power System, Vol.29, No.7, pp.591~596, 1998

[5] Murao, "전기/유압/공기압에 의한 위치결정 기술", Power design, Vol.28, No.3, pp.20~25, 1990

[6] Ozaki, "Hydraulic & pneumatic servos in flight simulator", Fluid Power System, Vol.29, No.2, pp.173~178, 1998

[7] Ichinose, "압전 액츄에이터", Fluid Power System, Vol.30, No.7, pp.492~496, 1999

[8] Takamori, "신세대 액츄에이터와 유공압기술", 유압과 공기압, Vol.23, No.3, pp.228~236, 1992

[9] Takahashi, "공기압 주변기기와 동향", 유압과 공기압, Vol.25, No.3, pp.334~339, 1994

[10] HR Textron, "Tomorrow's Technology", HR Textron Catalogue, 1999

[11] Miyakawa, "Present status of water hydraulic systems", Fluid Power System, Vol.31, No.3, pp.223~227, 2000