

공정 밸브 및 유공압밸브의 시장/기술 동향 The World-Wide Market and Technique Trends of Process & Hydraulic-Pneumatic Valve

윤소남 · 한성민 · 김문곤

S. N. Yun, S. M. Han and M. G. Kim

1. 서론

먼저, 해설을 다루기 전에 해설 제목'에 대한 설명을 하면, 전 세계적으로 다루는 밸브는 공압밸브(가스밸브, 일반공압밸브)와 유압밸브 및 수압밸브(증기밸브 포함) 등 그 종류가 다양하고, 또한 최근에는 압력 및 유량 구분이 모호한 상태이기 때문에 '공정용 밸브'라는 용어에 매우 많은 유공압 및 수압밸브가 포함되고 있는 양상을 띠고 있다고 할 수 있다. 왜냐하면, 공정용 밸브는 저압/대유량제어용에서 고압이면서도 대유량을 제어할 수 있는 밸브이며, 수동 혹은 모터를 이용하여 직구동 혹은 파일럿방식으로 제어할 수도 있고, 최근에는 솔레노이드 액추에이터를 이용한 온-오프 구동 혹은 비례제어구동 밸브들이 시장에 상품으로 나오고 있기 때문이다. 저자들은 유공압 밸브 관련 분야에 종사하고 있기 때문에 가능한 한 유공압 분야를 중심으로 관심을 기울여 자료 조사를 수행하고, 정리하는데 많은 시간을 들였다. 그럼에도 불구하고 상세한 유공압 관련 자료를 얻는데 많은 어려움이 있었고, 정리하는데도 시행착오를 겪어야만 했다. 저자들이 이 해설에서 다루고자 하는 주제는 솔레노이드를 구성하는 고정자 부분에 제어각(Control cone)을 두어 자기포화와 자속누설을 이용하거나, 고속 PWM 구동회로를 이용하여 가동자의 구동 변위에 무관하게 입력전류에 비례하는 흡인력을 얻을 수 있는 비례솔레노이드에 대해서, 기본적인 구조 및 특성, 산업동향 및 분석, 표준화 전략, 비즈니스 모델 및 사업화 전략 등에 대해서 간략하게 서술하는 것으로 한다.

그림 1은 비례솔레노이드 응용 콘트롤밸브 기술의 정의를 표현한 것으로, 비례제어밸브는 크게 몸체, 비례솔레노이드, 피드백센서, 제어기로 구성되어 있으며, 비례제어 기술을 응용하여 최종적으로는 유량, 방향 및 압력제어를 수행하고 있다. 최근에는 보다 더 우수한 비례제어 특성을 얻기 위하여 솔레노이드부에 변위센서를 장착하거나, 파일럿 관로부에 압력

센서를 장착하여 피드백 회로를 구성하는 제품이 많이 출시되고 있다. 때문에 전기-전자-기계-제어 융합 기술을 필요로 하며, 고부가가치 제품인 동시에 전 세계적으로 경쟁이 매우 심한 분야의 하나라 할 수 있다. 본고에서 제안하는 기술은 연구적인 차원에서 보면 요소부품기술이며, 산업경쟁력 강화 및 시장 창출을 통하여 국가경쟁력 향상을 필요로 하는 기술이다. 특히, 이 기술은 우주, 항공, 해양, 건설, 교통, 기계 제조 등 일반 및 특수산업 분야에 핵심요소기술임은 물론, 국가 R&D사업 토털로드맵(NTRM)의 특성화 기술군에 속함으로써 국가 연구개발 측면에서도 매우 중요한 기술인 동시에 민수와 방산분야에서 모두 사용가능한 밸브기술로서 공작기계, 프레스, 건설 중장비, 자동차, 선박, 항공기, 유도무기분야, 위성발사체, 제철/제강설비, 원자력/화력발전소 등 응용분야가 매우 다양하고, 국가 경제적으로도 조속히 국산화되어야 하는 기술 중에 하나이다.

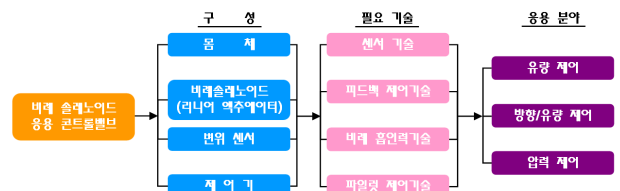


그림 1 비례제어 밸브 기술의 정의

2. 시장 동향

2.1 시장의 특징

비례솔레노이드 응용 제어밸브 기술은 비례솔레노이드 액추에이터 혹은 고응답 리니어 액추에이터와 유체제어 액추에이터를 이용하여 유체의 유량/방향/압력의 양을 전류입력에 비례하도록 제어하는 것으로, HS Code 8481군에 속하는 밸브 기술이다.

HS Code에는 제안하는 품목이 상세하게 나열되어 있지 않다. 그 이유는 제안하는 기술은 방향/유량/압력 제어분야에 속하기 때문에 명확한 구분이 없으며

(예 : 감압밸브; 기계식 감압밸브, 비례방식 감압밸브가 있음), 이 기술은 일반산업분야뿐만 아니라 건설, 교통, 해양, 우주/항공분야에 이르기까지 전산업 분야에 핵심적인 부품으로 사용되고 있음에도 불구하고, 시스템에 장착되어 수입되고 있기 때문에 많은 양이 실질적으로 수출·입 동향 자료에 누락되고 있다고 할 수 있다. 그렇기 때문에 각 시장동향 자료(Sun Hydraulics, EATON, Moog, Bosch-Rexroth, ARC 어드바이저리 그룹, 프리도니아 그룹, 통계청, 한국무역협회 등)마다 발표하는 시장현황 및 시장규모가 다소 차이가 난다.

표 1 HS Code 8481 기술군 요약

품 목 코드			품목명	비 고
4단위	6단위	10단위		
8481	848110	8481100000	파이프·보일러의 동체·탱크·통 또는 이와 유사한 물품에 사용하는 탭·코크·밸브와 이와 유사	
			감압밸브	
	848120	8481201000	유압 전송용 또는 공기압 전송용의 밸브	
		8481202000	유압 전송용 밸브	○
	848130	8481300000	공기압 전송용 밸브	○
			체크밸브	
	848140	8481400000	체크(논리턴)밸브	×
			안전밸브	
	848180		안전밸브	○
			기타의 기기	
		8481801010	전기 작동식의 것	○
		8481801020	액압 작동식의 것	○
		8481801030	기타 자동제어식의 것	○
		8481801090	기타	○
	848190	8481802000	탭·코크와 트랩	×
8481809000		기타	○	
		부분품		
848190	8481301000	액추에이터	○	
	8481909000	기타	○	

○ : 제어밸브기술에 포함됨, × : 제어밸브기술에 포함 안됨

우리나라의 자동차, 조선, 해양플랜트, 제철/제강분야는 세계적 선두 그룹에 속하고 있기 때문에 연 5~12%의 국내시장 성장이 지속적으로 이루어지고 있으며, 이와 병행하여 제안하는 기술에 대한 시장 역시 계속 증가한 것으로 추측되나 미국, 일본, 독일 등의 선진국 기술에 종속되어 있는 상태이고, 신흥세

력인 중국의 위협을 받고 있는 상태이다. 일부 유공압 밸브 관련 기업에서는 외국 선진사와 라이선스 생산을 하고 있거나 일부기업에서는 독자모델 개발을 위하여 연구를 하고 있지만, 국내시장 특성상 선진기술에 대한 의존도를 개발 기업이 자체적으로 해결한다는 것은 불가능하다. 때문에 해양, 제강/제철 및 일반산업 분야에서 시스템 형식으로 수입에 의존하는 실정이고, 일부 산업계에서는 요소부품에 한하여 가공 및 조립하는 수준으로 현재까지 독립적인 모델이 국내에 적용되지 못하는 양상의 시장을 형성하고 있다.

세계시장의 특징은, 수많은 업체들이 참여하고 있어 경쟁이 매우 치열한 시장을 형성하고 있으며, 신규시장 진입에 비용이 많이 소요되는 진입 장벽을 가지고 있으며, 제품 개발비용과 주문 생산에 필요한 기술력을 보유하고 있어야 하는 시장이다. 또한, 기업들은 효과적인 시장공략을 위해 틈새시장에 주목하고 있으며, 날로 가속화되는 경쟁에 대응하기 위해 인수합병을 통하여 규모의 경제화 추진 및 기술투자에 많은 노력을 기울이고 있다. 일반적으로 밸브 시장에 참여하고 있는 기업들의 공통 당면과제는 생산원가의 상승, 실험 비용 증가, 까다로운 제품 품질요건, 유통 및 서비스 비용 절감, 그리고 판매 후 유지 보수비용 처리 문제가 있다. 밸브를 생산하고 있는 기업들 중 Vickers, Moog, Parker, Bosch-Rexroth와 같은 대기업에서는 다양한 종류의 밸브를 생산하지만, 대부분의 기업은 중소기업 규모로 운영되고 있으며 1~2개의 제품을 특화하여 생산하고 있는 실정이다. 최근에는 기계-전기-전자 융합기술과 비례제어기술을 기초로 하는 밸브들이 증가하고 있으며, 계속적으로 전세계 시장에 교체 투입될 것으로 예상된다.

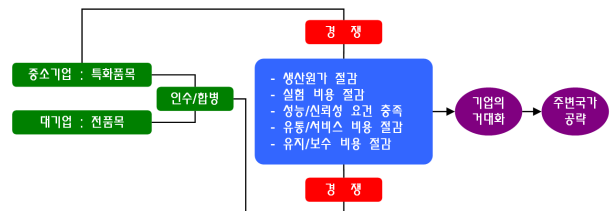


그림 2 제어밸브 기술의 국내외 시장 특성

2.2 국내시장 동향

국내 전체의 유압시장은 모바일분야, 산업기계, 방위산업분야로 나누어지며, 본고에서 논의하는 비례솔레노이드 응용 제어밸브에 있어, 수요가 가장 큰 분

야는 산업기계로 사출성형기, 공작기계, 제철/제강 설비이다. 최근에는 자동화시스템, 건설장비, 농기계, 항공, 조선 등으로의 확대적용이 이루어지고 있어 그 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되고, 특히 건설장비에서의 메인 컨트롤 밸브 및 펌프제어에서의 비례제어밸브가 사용자의 편이성에 부응하기 위하여 다각도로 검토되고 있으며, 전량 수입에 의존하고 있는 농기계, 크레인, 고가 사다리 밸브에도 적용이 가능하다. 고응답형 리니어 액추에이터 방식 유압서보 밸브도 일부 기능품 조립형태의 생산은 있지만, 아주 미미한 수준이고 전량 수입에 의존하고 있다. 특히, 방산-무기분야, 시뮬레이터, 실험실장비용 등은 전량 미국 제품을 사용하고 있어 한미 FTA 타결시 국내 시장 지배력은 더욱 심할 것으로 보이며, 이러한 국내의 시장현황과 기술개발의 필요성을 근거로 보면 고응답형 리니어 액추에이터방식의 서보밸브는 용도별, 규격별로 구분되는 다양한 타 서보밸브에 비해 구조가 단순하며, 누유량도 적고, 오염에도 강하여 우선 민수용으로 국산화 성공 가능성이 매우 큰 품목이라 할 수 있다. 원자력이나 화력발전소 및 일반 플랜트의 배관 계통 내에 설치되어 계통유체의 흐름을 직접적으로 제어할 수 있는 솔레노이드 밸브의 설계/제조/검사/시험에 대한 국내 기술은 전무한 상태이고, 밸브가 매우 고가이기 때문에 원자력발전소에만 일부 국산화되어 사용되고 있으며 그 또한 전량 외국으로부터 수입하고 있는 실정이다. 최근에 몇몇 중소기업에서 자동제어밸브들에 대한 활발한 연구개발이 이루어져 공압식이나 모터식 밸브는 상당부분 국산화되어 무역수지 개선과 수출증대에 크게 기여하고 있으나, 이제는 보다 부가가치가 있고 차세대 밸브시장의 성장 동력원이 될 수 있는 전자식 솔레노이드 밸브 기술개발에 눈을 돌리고 있는 실정이다.

통계청의 2007년 팡업 제조업 통계조사 보고서”에 따르면 2005년 현재 국내 유압 및 공기압 전송용 밸브 관련 사업체는 143개이며, 생산규모는 4,340억 원으로 조사되었다. 또한 2002년부터 2005년까지 연평균 13%의 생산 증가를 보이고 있다(관련 품목은 감압밸브, 유압 및 공기압 전송용 밸브, 체크밸브, 안전밸브, 수전, 불 및 플러그 밸브, 자동조절 및 원격조절 밸브, 기타 밸브). 한국무역협회의 자료에 따르면 유압밸브는 우리나라 부품·소재산업 가운데 수입 100대 품목에 해당하는 부품으로 미국과 일본에 대한 수입의존도가 매우 높으며 2001년부터 2003년까지의 지수 추이를 보면 수입 의존도가 전혀 개선

되지 않고 오히려 수입 의존도가 더 높아진 것으로 조사되었다. 통계청과 한국무역협회의 자료를 바탕으로 분석해 보면 국내시장은 최소 6,000억원 이상의 시장이 형성되어 있는 것으로 추정할 수 있으며, 특히 유압밸브에 대한 수출은 아주 없고 미국을 비롯한 독일 및 일본에 대한 수입의존도가 매우 높음을 알 수 있다. 최근에는 중국을 비롯한 아시아 시장이 급속도로 증가하고 있는 추세이므로 수입 의존도를 낮추고 수출을 증대시키기 위한 대책이 절실하며, 향후, 유럽연합과의 FTA도 체결될 전망이어서, 근본적으로 이 분야에 대한 기술적 자립을 이루지 못한다면, 미국 기업에다가 유럽 기업까지 가세하여 국내 시장을 잠식할 것으로 판단된다. 이에 대한 대책으로, 고가 수입품의 대체를 위한 국내 기업들의 개발 요구가 있으나 관련 기업체의 연구개발은 한계가 있으므로, 정부 주도의 체계적이고 구체화된 개발계획을 통한 기술 개발이 있어야 할 것으로 사료된다.

가) 국내 시장 규모

HS Code 8481을 통하여 국내의 시장규모를 알아 보면 2003년 44,250억원에서 2007년도 70,936억원으로 연간 2,600억원 정도의 꾸준한 성장세를 보이고 있으며, 수입도 연간 1,400억원씩 증가하고 있어 수입의존도가 매우 큰 품목이다. 특히, 본고에서 논의하는 비례솔레노이드 응용 제어밸브 기술은 전량 수입에 의존하기 때문에, 수입을 통하여 국내에 보급되는 수치만을 적용해도 15,000억원~20,000억원 정도의 엄청난 규모의 시장이 형성되어 있다고 볼 수 있다.

나) 국내 시장 전망

국내시장은 최근 조선/해양 분야의 활성화로 년 5% 이상의 지속적인 성장이 있을 것으로 예상되며, 단순화/저가격화, 고급화/다기능화 및 고신뢰성을 요구하는 시장으로의 변화가 예상된다. 특히, 원자력이나 화력발전소 분야 시장은 국외 선진국 몇몇 기업에서 독점 공급하고 있기 때문에 원자력 분야 시장이 몇몇 기업에 의해 현황이 변경될 수 있을 것으로 예상된다. 국내시장을 장악하고 있는 나라로는 미국 이외에 일본, 중국, 독일, 프랑스, 이탈리아 등이 있는데, 가까운 미래에 있을 이들 국가와의 FTA에 대한 대비책이 우선 되어야 국내시장의 안정적 활성화가 이루어 질 것이고, 기술적으로는 대기업, 중견기업, 중소기업으로 구성된 컨소시엄 형태의 연구 개발

을 통하여 국산품 모델을 제시해야 만이 선진국 기업들과의 가격 경쟁에서 살아남을 수 있고 궁극적으로 막대한 금액의 수출 및 수입 대체 효과를 기대할 수 있을 것이다.

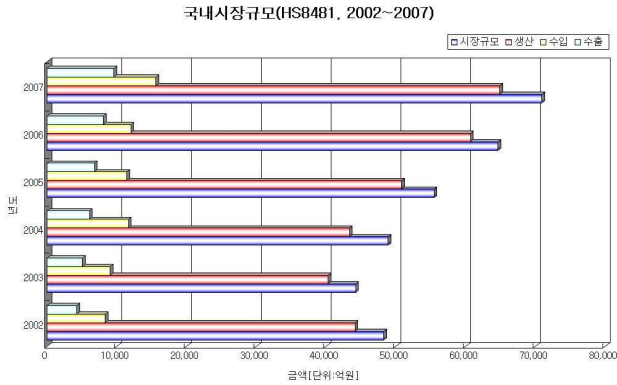


그림 3 국내 시장 규모

2.3. 세계시장 동향

전세계 컨트롤 밸브 시장은 경제 침체 속에서도 개발도상국의 신설 플랜트 붐 및 석유·가스의 굴삭 및 생산에 대한 투자 급등으로 인해 높은 성장을 하고 있으며, 건설, 항공, 조선, 자동화기기, 로봇, 우주 산업 등에서 전자화와 자동화 개념이 도입되면서 비례제어밸브 부품의 수요가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 반복성, 선형성, 응답성 관련 기술들을 몇몇 기업이 장악하고 있으며, 이들 기업들 간에 세계시장 석권을 위하여 기업과 기업간 합병을 통해 생산력과 기술력을 배가시켜 나가고 있다. 이와 병행하여 세계 주요 메이커들의 합작투자를 통한 개도국 진출, 선진국 기업간·경쟁기업간 생산제휴, 기술제휴, 판매제휴 등 전략적 제휴를 활발하게 추진하고 있으며, 최첨단 기술을 보유한 선진 업체들은 글로벌 소싱 전략을 통해 손쉽게 세계시장에 진입하여 수요층을 확보하고 있으며, 세계 초일류기술 보유를 무기로 공급 독점력을 더욱 강화하고 있는 실정이다. 비례 방향/유량 제어밸브 기술은 일반기계부품 분야에 있어서 파급효과가 큰 핵심공통부품이므로 이러한 기술을 보유한 선진기업들은 보유 핵심부품을 활용해 일반기계부품업체에서의 우위를 점하고 있다.

제작사들을 분석해 보면 미국은 EATON(Vickers), Sun Hydraulics, Moog, Parker 등이 있고, 독일은 Bosch-Rexroth, 일본은 YUKEN, NACHI, Tokimec, Daikin 등이 있으며, 세계 최고의 기업은 EATON(Vickers)와 Bosch-Rexroth이다(근거 : 산업연구원 내부자료). 고응답형 리니어 액추에이터 방식

서보밸브의 대표적 업체인 Moog를 비롯하여 유럽의 Bosch-Rexroth, 미국 EATON(Vickers), 일본의 우찌다 등 노즐-플래퍼형, 제트-파이프형, 직구동 방식의 서보밸브를 오래전에 개발 상용화하여 세계 각국에 시판하고 있는 상황이며, 해외 선진국에서도 서보밸브는 군용장비 및 첨단 산업설비 등에 사용되는 핵심 부품으로 인정하여 설계 및 제작에 관련된 어떠한 기술의 유출과 기술협력도 엄격히 통제하고 있다. 원자력 및 화력용 배관설비의 보조기기가 아닌 계통 내부의 유체흐름을 직접 제어하는 솔레노이드 밸브는 다른 구동방식의 자동제어밸브들에 비해 구조가 간단하고 작고 경량이며 빠른 작동속도를 가지고 있어 주로 군사용 핵잠수함의 동력 배관계통용으로 개발되어 사용하다가 점차적으로 원자력발전소와 일반 석유화학 플랜트 배관설비 시장 전반으로 확대 적용될 전망이며, 솔레노이드 밸브의 경우 제어시스템이 단순하고 환경오염이 없으며 반응속도가 매우 빠르고 구동부가 작고 경량이어서 배관 계통을 작게 설계할 수 있다는 이점이 있으므로 점차적으로 산업 전반의 플랜트 배관계통의 설비 시장으로 확대되고 있고 일부 특수 기능의 밸브들을 제외하고 거의 모든 밸브가 솔레노이드 밸브로 교체 적용될 전망이다.

가) 세계 시장 규모

2006년 ARC 어드바이저리그룹의 컨트롤 밸브 세계시장 동향” 자료에 따르면, 강력한 프로젝트 활동으로 인해 컨트롤 밸브 세계 시장은 2005년에 두 자릿수의 성장을 보이며 35억 달러의 시장규모를 기록했으며 향후 5년간 연평균 5.5%를 초과하는 성장이 기대되는 것으로 분석하고 있다. 프리도니아 그룹(Freedonia Group)의 조사자료 역시 비슷한 전망을 하고 있으며, 2007년까지 연평균 13% 내외의 성장을 기록하며, 600만 달러 이상의 시장을 형성할 것으로 전망하고 있다.

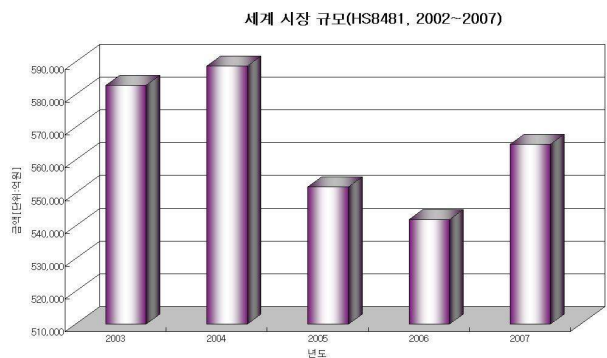


그림 4 세계 시장 규모

나) 세계 시장 전망

세계시장은 년 10% 이상의 꾸준한 성장세가 이루어질 것이다. 경쟁력 확보를 위하여 기업간 합병이 이루어지고 있으며, 선박/해양 분야, 우주/항공 분야의 응용 확대에 인하여 고급화와 동시에 대유량/고압화 추세로 시장이 변하고 있다. 캐나다, 호주, 인도, 남아메리카, 중국 등 건설 중장비 산업을 필요로 하는 지역이 늘어나고 있고, 전 세계적으로 선박/해양 플랜트 산업이 최고 경기를 유지하고 있기 때문에 이 분야의 시장은 계속적으로 유지할 것이고, 최근에는 석유 부존자원의 부족으로 초대형 시추선 개발이 많이 이루어지고 있어 당분간은 성장시장을 유지할 것이다. 또한, 중·후진국 시장이 보다 고급화를 지향하는 품목을 선호하고 있어 수요가 빠르게 성장하고 있으며, 중국을 비롯한 후발 공업 국가들의 급격한 경제 성장으로 밸브시장은 지속적인 성장세를 유지할 것이다. 재료분야 시장도 방청성, 고신뢰성 가속밀도가 큰 재료 등의 개발을 필요로 하기 때문에 계속적으로 신장세를 보일 것으로 보이며, 일본, 미국, 독일이 점유하고 있는 재료시장에 신흥 개발 국가들이 가세하여 경쟁구도를 이룰 것이다. 또한, 변위센서나 압력센서, 유량센서 시장도 밸브의 고정밀화, 고급화와 더불어 계속적으로 신장세를 유지할 것이다.

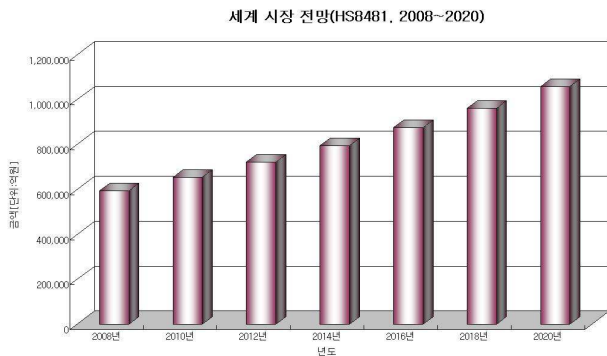


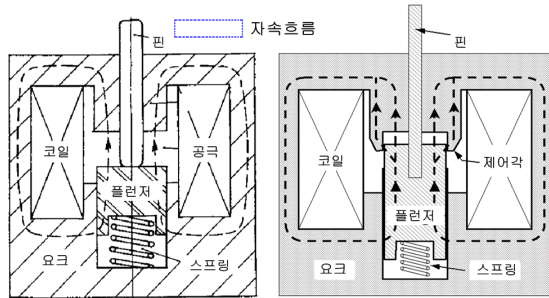
그림 5 세계 시장 전망

3. 기술 동향

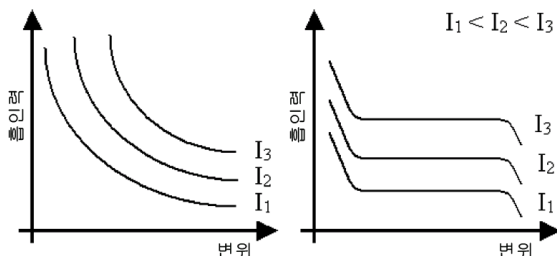
솔레노이드(Solenoid)는 그리스어의 「Solen」에서 유래된 것으로 관모양의 구조를 갖는 부품이라는 의미를 갖는다. 통상적으로는 솔레노이드라 불리고 있지만 전자석 혹은 전자솔레노이드라는 용어도 공용으로 사용되고 있다. 솔레노이드는 공식적으로 「교류 또는 직류 여자 코일에 전압을 인가하여 자기력에 의하여 가동철심을 직접적으로 직선적인 운동을 주

는 기능부품」 혹은 「교류 또는 직류의 여자 코일에 통전하여 가동철심을 움직임으로써 전자(電磁)에너지를 기계적 운동으로 변환하는 플런저형 전자석」으로 정의하고 있으며, 솔레노이드의 직선적 운동을 이용하여 압력, 유량, 방향을 온-오프형식으로 제어하는 밸브를 총칭하여 솔레노이드 밸브라 한다. 비례 전자 솔레노이드 (proportional solenoid)는 입력 전류가 일정하면 플런저의 변위에 관계없이 일정한 힘을 발생시키고, 입력 전류에 비례하는 힘을 얻을 수 있는 특성을 가지고 있어, 압력제어 및 유량제어용 밸브와 같은 서보제어용으로 많이 이용되고 있다. On/Off 솔레노이드의 경우에는 플런저의 이동이 완료되는 시점에서의 특성 또는 이동시간이 중요하지만, 비례 솔레노이드의 경우에는 플런저의 이동 변위 전체에 대해서 위치를 제어할 수 있는 특성, 히스테리시스 특성 및 동적응답 특성이 매우 중요하다. 비례 솔레노이드는 On/Off 솔레노이드에는 없는 제어각(制御角; control cone)을 가지고 있는 구조이며, 플런저가 이 구간을 지나는 동안에는 변위에 관계없이 일정한 흡인력을 발생시킨다. 따라서 On/Off 솔레노이드의 경우에 발생하는 흡인력은 플런저(plunger)의 변위와 입력전류의 함수가 되지만, 비례 솔레노이드의 경우는 입력전류의 함수만으로 간주할 수 있다. 입력 전류에 따라 발생하는 자기력에 의해 플런저가 이동하고, 이와 동시에 플런저에 연결되어 있는 스프링에 의해 반발력이 증가하여 플런저의 이동은 자기력과 스프링 반발력이 같은 지점에서 정지하게 된다. 이와 같은 힘의 균형에 의하여 기체 또는 유체의 양이나 압력 및 방향을 비례적으로 제어하게 된다. 일반적으로 On/Off 솔레노이드의 구조는 매우 간단하기 때문에 하나의 자기회로(magnetic circuit)로 근사화하여 발생하는 흡인력을 계산할 수 있다. 이 때, 발생하는 흡인력은 입력 전류가 일정하면 플런저의 변위만을 변수로 하여 계산할 수 있으며, 크기는 변위의 제곱에 반비례하는 특성을 가지고 있다. 비례전자 솔레노이드의 경우에는 제어각에 의한 영향으로 제어각 부근에서의 자기회로를 여러 개로 나누어 취급하여야 한다. 제어영역 내에서 발생하는 비례전자 솔레노이드의 흡인력은 변위에 관계없는 일정한 흡인력을 얻을 수 있다. 이것은 플런저를 통해서 흐르는 자속(magnetic flux)이 공극을 통해서만 흐르는 것이 아니라 제어각을 통해서 흐르는 누설 자속(leakage flux)이 발생하기 때문이며, 제어각에서는 자기 포화가 발생하기도 하여 제어각을 통해서

흐르는 자속의 양이 제한되기도 한다. 따라서 비례 전자 솔레노이드의 경우에 등가자기 회로법에 의한 흡인력의 계산은 복잡한 자기회로, 자성체의 비선형성 및 자기 포화와 같은 현상을 고려하여야 하므로 계산하기가 매우 어렵고, 정확한 계산 결과를 기대하기 힘들다.



a) 온-오프 솔레노이드 b)비례솔레노이드
그림 6 솔레노이드 형상에 의한 분류



a) 온-오프 솔레노이드 b)비례솔레노이드
그림 7 변위-흡인력 특성

3.1 세계 기술 개발 현황

미국, 일본, 유럽에서는 비례솔레노이드 현상, 재료의 물질상수, 입력전류를 변수로 하여 최적 설계기법을 도입한 설계와 생산이 이루어지고 있다. 선진 업체들 Bosch-Rexroth(독일), UCD, YUKEN(이상 일본), Parker, Moog, EATON(Vickers)(이상 미국) 등에서는 고성능 비례밸브를 생산하여 세계에 수출을 하고 있는 상태이며, 현재 절환 Mechanism 및 Hysteresis 향상기술, 모듈화기술, 소형화 및 지능화를 위한 연구가 수행 중에 있다. YUKEN사는 비례 압력제어 밸브와 비례 유량제어 밸브를 모듈화 하여 압력과 유량을 동시에 제어할 수 있는 밸브가 개발되어 제품화되어 생산되고 있다. Moog사에서는 전자비례 제어밸브의 솔레노이드에 변위계를 붙여 서보계를 구성하고 응답성과 속응성을 높여서 서보 밸브에 가까운 특성을 주는 연구가 진행되고 있으며, 비례 제어밸브와 서보밸브를 합친 서보-비례 제어밸브(Servo-Proportional Control Valve)가 제품화되어

생산되고 있다.

국외의 연구동향은 비례 솔레노이드에 영구 자석을 사용하여 쌍방향 제어상을 주는 것 등이 연구되고 있다. 밸브내의 유동해석은 밸브실 내의 흐름은 좁은 틈새로부터 고속 분류를 수반하기 때문에 레이놀즈수가 높으며 밸브실내 형상이 복잡하고 2차원적인 축대칭 흐름뿐만 아니라 3차원적인 흐름이 일어난다. 그러므로 유동장은 Navier-Stokes equation, 연속방정식, 난류 점성모델식을 지배 방정식으로 하여 연구하고 있으며, 그 해석 방법으로는 이산화법(離散化法)—차분법(差分法: FDM), 유한요소법(有限要素法:FEM), 경계요소법(境界要素法:BEM)등을 이용하여 많은 연구가 진행되고 있다. 독일의 아헨공대에서는 전자 비례제어 밸브 및 그 제어에 관한 연구를 진행하고 있으며 특히 유한요소법에 의한 추력 계산, 제어법, 동특성 향상법, 새로운 비례제어 밸브 등에 관한 연구가 진행되고 있다. 또한, 고성능 메카트로닉스화에 대응하는 페루프식 비례전자식 파일럿 릴리프 밸브의 개발인데, 이 밸브는 소형화한 파워 증폭기, 압력 센서, 디지털식 압력 표시기 등을 밸브에 복합 단체화하여 밸브 속에서 페루프의 압력제어를 함으로서 입출력특성의 직선성이나 히스테리시스가 개선된은 물론이고, 유량이나 유온이 변화해도 제어압력이 거의 변동하지 않는 등 정밀도 향상을 대폭 꾀할 수 있다. 다시 압력 센서를 밸브에 내장시킴으로서 제어 압력을 밸브위에 디지털 표시하거나, 페루프계의 편차신호를 이용하여 밸브의 고장진단을 할 수가 있다.

3.2 국내 기술개발 현황

국내에서는 삼성, 현대, (주)한화, 두산인프라코어(주) 등의 대기업과 동명 모트롤, 동양기전 등의 중견기업과 한수원(주)과 STX조선, 대우 조선 해양 등 일반산업분야, 건설기계분야, 원자력분야, 조선/해양 분야에 현재 많은 수요가 예상되며, 단순 부품을 제외하고는 전량 수입에 의존하고 있기 때문에 조립체 전체에 대한 국내 개발이 필요한 시기이다. 비례솔레노이드 응용 제어밸브 관련한 연구는 주로 대학 및 연구기관에서 기초적으로 수행되고 있는 실정이다. 국내에서 주로 연구되고 있는 분야는 밸브내의 습동 부분인 스톱과 슬리브의 윤활 특성에 대한 해석, 고속/소형 비례솔레노이드의 플런저 중량, 인가전압, 탄성계수, 스트로크, 코일권수 등에 따른 설계 최적치이다.

4. 표준화 동향

비례솔레노이드 응용 제어밸브 기술군은 솔레노이드 액추에이터를 사용하는 유압전자제어 밸브류이다. 전자제어 밸브는 솔레노이드 액추에이터, 밸브 바디, 실링, 등이 주요 구성품이고 이들 각각은 전기, 기계, 유공압 제품에서 다른 용도로 사용될 수 있지만, 본고에서와 같이 유압제어용 부품으로 사용될 경우에는 이들 각각을 표준화 하지는 않고 전체 제품을 기준으로 표준화가 이루어지고 있다. 즉, 밸브가 표준화의 대상인 것이다. 밸브는 아직까지 미국이나 유럽의 ASME, ASTM, EN과 같은 단체나 지역표준들이 사실상 표준의 영향을 거의 받지 않고 있고, 국제표준인 ISO의 영향을 가장 많이 받는다. ISO에 의해서 밸브의 치수, 규격, 시험방법 등이 많은 제한을 받는다.

4.1 국제 표준화 동향

밸브의 ISO 국제 표준화 회원국은 총 48개국이다. P-member 회원국은 브라질, 프랑스, 미국, 루마니아, 영국, 독일, 러시아, 일본, 한국, 네덜란드, 오스트리아 등 16개국이며, O-member 회원국은 스페인, 인도, 인도네시아, 북한, 멕시코, 덴마크 등 32개국이다. 이 회원 구성에서도 알 수 있듯이 세계의 기술과 경제를 좌우하는 거의 모든 나라들이 밸브에 관련한 ISO 규정을 따르고 있고, ISO를 통해서 자국의 이익을 도모하려는 주장을 하고 있다. 밸브 ISO 국제 표준화 작업은 산업밸브와 증기트랩 부문에 있어서 호환성, 액추에이터 설치용 밸브의 접합, 시험, 표시, 품질요구조건, 용어와 관련된 모든 유형의 표준화를 작업범위(Scope)로 하고 있다. 단, ISO/TC 185의 권한에 있는 안전밸브와 릴리프 밸브 및 그 밖의 압력 안전장치, ISO/TC 67의 권한에 있는 수송 장치용 유동밸브와 국가간 원유 및 산업용 파이프라인 밸브, IEC/TC 65의 권한에 있는 산업 공정제어 시스템의 최종 제어요소 형성 밸브, ISO/TC 138의 권한에 있는 플라스틱 외피를 갖는 밸브, 위생밸브는 본 작업에서 제외되었다.

관련 기술위원회는 ISO/TC 1, 5, 11, 25, 26, 30, 44, 61, 67, 77, 131, 135, 138로 총 13개 이다.

4.2 국내 표준화 동향

우리나라가 속한 ISO/TC 153 분과위원회의 국내 워킹그룹(Working Group) 회원들을 중심으로 ISO에

우리의 기술적 주장을 관철시키기 위한 활동이 점차 활발하게 진행되고 있다. 워킹그룹은 밸브관련 교수, 기업 기술자, 연구소 연구원 등으로 구성되는 이 분야의 전문가 집단이다. 그러나 ISO 분과별로 등록된 전문가가 적거나 아예 없어서 아직까지 우리나라의 기술적 입장을 대변하는데 한계가 있다. ISO TC 153/ SC1의 국내실무작업반(KWG)은 국제실무작업반(WG)의 대응 업무를 담당하고 있다.

5. 결 론

지금까지 비례솔레노이드 응용 제어밸브에 대해서 시장 동향, 기술 동향, 표준화 동향을 살펴보았다. 비즈니스 모델 및 사업화 전략을 다음과 같이 서술하면서 본 원고를 마무리 하고자 한다.

가) 생산기반 환경의 변화 : 구조, 금형, 열처리, 표면처리, 용접, 전기기술 등은 본 제안기술을 구체화시키는데 있어 현재는 강점으로 작용하고 있으나, 3D에 가까운 근무조건 때문에 점차 쇠퇴하는 기미가 있으므로, 제안하는 기술 및 제품의 본격적인 생산을 위해서는 생산 공정이 전자동화 될 필요가 있다.

나) 우수한 인력 발굴 : 우리나라는 유압분야의 이론적 해석 능력면에서 선진국과 거의 대등한 실력이 있지만, 기름, 기계 등을 다루어야 하는 실험 및 생산 조건 때문에 지원하는 우수 인력이 부족하여 실제 품질면에서는 선진국에 훨씬 뒤처지므로, 대우를 강화하여서라도 우수 인재들을 유압기술 쪽으로 흡수하여야 할 필요가 있다.

다) 개발기술의 동향 변화 : 현재는 국제적으로 비례솔레노이드 응용 제어밸브를 개발하는 시기인데, 국내에는 관련 기반기술이 거의 없어 이 기술 분야에서 약점으로 작용하고 있으므로, 향후 4~5년 이내에 개발이 시급한 4~5종의 제어밸브 기술을 완전 국산화해서 강점으로 작용하게 해야 할 필요가 있다.

라) 무역조건 변화 : 선진국들과의 FTA 등의 체결로 조만간 관세 인하 또는 철폐가 유력시 되므로, 우수한 자성재료를 값싸고 풍부하게 조달할 수 있을 것이기 때문에 국산품에 대한 연구개발의 좋은 기회가 될 것으로 사료된다.

마) 중국의 기술개발 추이 변화 : 고가이면서 고급 기술인 유압제어 시장에서 중국의 약진이 눈에 띄는 정도이므로, 5년 이내에 적어도 중국에는 뒤처지지 않을 정도의 기술력을 보유해야 할 것으로 사료된다.

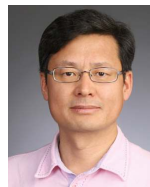
참고 문헌

- 1) Fluid Power System, Vol. 29, No. 3.
- 2) 기계와 재료, KIMM, 14권 3호, 2002
- 3) 유공압시스템학회지, Vol. 1, No. 1, 2004.
- 4) 강성룡, "로드맵을 활용한 부품소재산업의 R&D 전략 기획", 한국기술혁신학회 2005 춘계학술대회논문집, pp. 202~216, 2005.
- 5) 강성룡, 박의석, 김갑수, "로드맵을 활용한 부품소재 기술전략 수립", 2006.
- 6) 우리기획기초기술연구회, "미래기술 로드맵 작성을 위한 가이드북", 2001.
- 7) 길영준 외, "전략통합형 R&D를 위한 과학적 연구 방법론에 관한 연구", 과학기술정책연구원, 2002.
- 8) 김갑수 외, "꼭가연구개발사업의 연구기획시스템 - 한·일 비교연구", 과학기술정책관리연구소, 1998.
- 9) 엄기용 외, "정보통신 기술로드맵 사례와 기술기획에서의 활용방안", 기술혁신연구, 제11권, 제1호, pp. 29~50, 2003
- 10) 이종환, "기술트리의 적용사례", 보건산업기술동향, 2002.
- 11) 전략기술경영연구원, "R&D전략·기획 실무 매뉴얼", 2004.
- 12) R. E. Albright and T. A. Kappel, "Road mapping in the corporation", Research Technology Management, 42(2), 2002.
- 13) F. Betz, "Managing Technological Innovation: Competitive Advantage from Change", 2nd Edition, 2003.
- 14) T. A. Kappel, "Perspectives on roadmaps : how organizations talk about the future", The journal of product innovation management, Vol. 18, pp. 39~50, 2003.
- 15) Cambridge University, "Technology Foresight & Strategic Planning", Future Technologies, Technology Roadmapping Workshop, Istanbul, Turkey, 2001.
- 16) M. L. Carcia and O. H. Bray, "Fundamentals of technology roadmapping", Sandia National Laboratories, 1997.
- 17) M. Dodgson, "Technological collaboration in industry: Strategy, policy, and internationalization in innovation", New York: Routledge, 1993.
- 18) Excutive Steering Group, "The Technology Roadmap for Plant/Crop-based Renewable

Resources 2020", Department of Energy, USA, Available at: <http://www.oit.doe.gov>, 1999.

- 19) J. E. Forrest and M. J. C. Martin, "Strategic Alliance between Large and Small Research Intensive Organizations: Experience in the Biotechnology Industry", R&D Management, Vol. 22, No. 1, pp. 55~67, 1992.
- 20) Industry Canada, "Technology Road mapping: A Strategy for Success, Available at: <http://strategis.ic.gc.ca/epic/internet/intrm-crt.nsf/en/rm00060e.html>, 2002.

[저자 소개]



윤소남(책임저자)

E-mail : ysn638@kimm.re.kr

Tel : 042-868-7155

1963년 7월 29일생

1990년 부경대학교 기계공학부 석사, 1994년 동 대학원 박사과정 졸업, 2005년 어번대 마이크로나노시스템/재료연구실 객원연구원, 1994년~현재 한국기계연구원 책임연구원, 스마트 액추에이터, 유공압밸브 및 에너지 수확기 개발 연구에 종사. 유공압시스템학회, 대한기계학회, 동력기계공학회, 한국정밀공학회, 일본유공압시스템학회 등 회원, 공학박사

[저자 소개]



김문곤

E-mail : kmg2493@hanmail.net

Tel : 055-239-6402

1962년 10월 17일생

1988년 경남대학교 기계공학 학사, 1987년 동명중공업 선임연구원, 2000년 세원중공업 기술연구소, 2005년 선진정공(주) 기술이사, 2007년~현재 세원셀론텍(주) HE사업부문 생산부문장, 유압밸브 및 시스템 개발 연구에 종사, 유공압시스템학회, 동력기계공학회 등 회원

[저자 소개]



한성민

E-mail: affinity0125@hanmail.net

Tel : 055-239-6460

1970년 11월 17일생

1997년 경남대학교 전기공학 학사,

1997년 세원중공업 입사, 2000년 YUKEN사 기술연수, 2000년~현재 세원셀론텍(주) 유압기술연구소 근무(연구1팀장), 유공압밸브 및 펌프 개발 연구에 종사, 유공압시스템학회, 동력기계공학회 등 회원