

## 2. 특집기사

### 유체 기계산업의 현황과 기술동향

#### The present situation and technical trends of the fluid machinery industry



남청도  
C-D Nam

• 한국해양대학교

#### 1. 서론

우리나라가 종래의 전통적인 농업중심사회로부터 60년대말부터 시작된 정부의 경제개발정책에 힘입어 급속한 산업화가 진행됨에 따라 유체기계 분야도 눈부신 발전을 거듭하게 되었다. 특히 모든 산업의 원동력이 되는 전력산업부문에서 수차나 터빈이 간간을 이루어 왔으며 플랜트 산업에서도 펌프나 송풍기 압축기 등 각종 유체기계들이 중요한 역할을 담당해 왔다.

그동안 국내산업의 팽창과 더불어 성장이 지속되어 왔던 우리의 유체기계산업분야도 97년부터 불어닥친 IMF사태는 찬물을 끼얹게 되었으며 OECD가입으로 WTO 체제하에서 세계시장개방이라는 현실 아래 아직도 기술과 가격경쟁면에서 열세를 면치 못하고 있는 실정이다. 본래 유체기계라 함은 유체와 기계부분과의 사이에서 에너지 교환을 하는 기계의 총칭이고 보면 그 범위가 광범하여 여기서 유체기계 전반을 다루는 것은 어려우므로 주로 펌프에 초점을 맞추고 압축기, 송풍기/팬, 유량계 그리고 밸브에 국한시켜 다루고자 한다.

유체기계시장의 특징으로서는 유체기계는 높은 기술력과 제작기술이 요구될 뿐만 아니라 생산제품의 생산량 및 품질에 크게 영향을 미치므로 플랜트 산업의 안전조업에 절대적이라 할 수 있다. 즉 설계, 제작 및 품질과 같은 기술적인 측면에서 선진업체와의 격차가 다분야에 비해 상대적으로 크다고 보는 것이다. 그러므로 선진제품의 가격이 고가라 하더라도 사업주나 엔지니어들은 지금까지 사용해 오면서 그런대로 만족하였고 별다른 문제점이 없는 한 사용에 익숙한 선진제품을 선호하게 마련이다. 따라서 사용자측은 선진제품에 대한 충성도가 매우 강하다고 볼 수 있으며 가격위주의 시장이 아니라 국내제품 보다는 오히려 외국산을 선호하고 있는 실정이다.

#### 2. 유체기계 산업의 현황

##### 2.1 펌프 (pump)

###### (1) 국내 펌프산업

국내에서 펌프를 생산하는 업체는 대기업에서부터 작은 상점에 이르기까지 아주 다양하다. 현재

국내 펌프시장은 WTO 체제하에서 완전히 개방되어 있으며 선진 외국업체와 무한경쟁시대에 접어들었다. 경쟁력을 어느 정도 갖추고 있는 다른 분야와는 달리 국내 펌프생산업체들은 기술력이나 자본면에서 매우 취약하기 때문에 더욱 심각한 위기에 봉착하고 있다.

국내 펌프 산업의 현황을 파악하기 위하여 플랜트 및 산업용으로 널리 사용되고 있는 터보형 펌프에 대하여 국내 펌프 산업의 주도적 역할을 담당하고 있는 몇몇 회사들을 조사한 결과, 국내 펌프 제조업체에 의해 생산 공급된 국내 펌프 시장은 2001년 현재 2,200억 원정도에 지나지 않고 있다. 이러한 추세를 보면, 국제통화기금(IMF)의 지원이 시작된 1997년부터 감소경향을 나타내다가 1998년에는 1995년보다 시장의 규모가 축소되었고, 2000년에 들어와서는 다시 1995년의 규모로 회복되었다. 이러한 경향은 공공용을 제외한 모든 용도분야에서 같은 경향을 나타내고 있다. <표1>은 국내펌프시장 현황을 나타내고 있으며 <표2>는 최근 4년간의 국내펌프산업의 수·출입 현황을 보여주고 있다.

국내에서 가장 큰 시장 점유율을 가지고 있는 양대 펌프 제조업체는 효성에바라, 현대중공업이고, 신신기계, 영풍정밀기계, 그룬포스(Grundfos), 윌로-엘지(Wilo-LG)등 몇몇이 그 뒤를 이어 대부분의 시장을 형성하고 있다. 1997년 국내 펌프 시장이 전면 개방됨에 따라 외국 기업의 직접적인 국내 진출이 가속화 되어 이러한 시장 판도로 변화하게 되었다.

효성에바라는 1995년 일본 에바라(Ebara) 및 미국 플로저버(Flowserve)와 자본 합작을 하였고, 이들과 기술 제휴를 통하여 발전소 및 석유화학 분

<표1> 국내펌프시장 현황

(단위 : 억원)

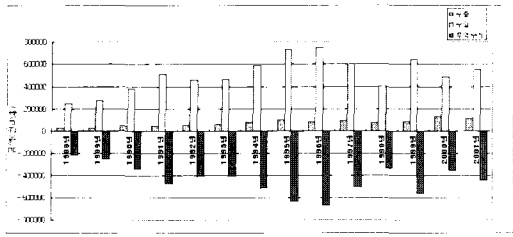
년도	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
발전	450	410	400	350	380	400	400	450	500
관수	300	320	350	380	380	380	390	400	450
내 건물	520	700	630	400	460	490	550	630	720
수 석유	470	515	420	200	210	230	270	310	380
산업	410	550	500	420	470	520	580	670	790
합계	2,150	2,500	2,300	1,750	1,900	2,020	2,190	2,460	2,840

야의 펌프사업을 대폭 강화하였으며, 현대중공업은 일본 미쓰비시의 고압 보일러 급수 펌프의 기술을 들여와 최근 들어 해외의 발전 플랜트 및 담수 플랜트 시장 개척에 적극적으로 나섬으로써 필리핀, 대만 등의 발전소용 보일러 급수 펌프를 수주하는 등의 성과를 보이고 있다. 그리고 국내에서 가장 먼저 펌프와 중전기 제품을 대규모로 생산하던 이천전기공업은 문을 닫은 후 우여곡절 끝에 1999년 일진 중공업으로 이름을 바꾸어 국내 대형 펌프 회사의 자리를 이어가려고 노력하고 있다.

한편, 석유화학 분야의 세계적인 프로세스 펌프 제조회사인 미국의 굴드펌프(Goulds Pumps)는 1997년 미국 아이티티사(ITT Industries)에 인수되었지만, 오래 전부터 우리나라에서 부품을 OEM으로 수입해 가다가 마침내는 1992년에 한국 공장을 가지고 생산하게 된 경우에 해당된다. 건물용 펌프를 전문 생산하는 네덜란드의 그룬포스그룹(Grundfos Group)은 1989년 한국에 자본금 100%를 투자한 한국 그룬포스를 설립하여 가정용 온수 순환 펌프를 비롯한 급수 펌프 등을 조립 생산하여 국내 시장을 급속도로 점유해 자고 있다. 2002년 1월부터는 청석 펌프의 주식 60%를 인수하여 새 주인이 되었는데 이는 그룬포스의 비유

<표2> 최근 4년간 국내 펌프 산업의 수·출입 현황

품목	1998년			1999년			2000년			2001년		
	수출	수입	무역수지	수출	수입	무역수지	수출	수입	무역수지	수출	수입	무역수지
산업용펌프	2,134	52,454	-50,320	5,329	61,330	-56,001	13,172	73,605	-60,433	10,588	70,499	-59,911
연료,운환유 급유용펌프	29,637	117,056	-87,419	32,952	154,293	-121,341	45,263	162,716	-117,453	32,904	217,883	-184,979
양수기	17,388	36,721	-19,333	14,086	118,245	-104,159	30,047	39,506	-9,459	25,980	54,090	-28,110
기타펌프	25,161	195,960	-170,799	36,239	310,044	-273,805	45,116	210,219	-165,103	44,656	214,509	-169,853
총액	74,320	402,191	-327,871	88,606	643,912	-555,306	133,598	486,046	-352,448	114,128	556,981	-442,853



<그림 1> 국내 펌프 산업의 수·출입 현황

럽 회사 인수 제 1호이다. 이와 동종 업체인 독일의 일로(Wilo)도 1991년 국내 시장에 진입하여 판매망을 구축하여 국내 건물용 펌프 시장을 점유하고 있으며, 2000년에는 국내의 LG펌프와 손을 잡고 일로-엘지(Wilo-LG)를 합병하여 산업용 펌프 제조회사로서 자리매김을 하였다.

(2) 세계 펌프 산업의 현황

<표3>에 세계 주요 국가의 1998년도 펌프 시장 규모를 나타내고 있다. 규모가 가장 큰 나라는 미국으로서 세계 시장의 30%나 차지하고 있으며, 그 크기는 2위인 일본의 약 2배, 3위인 독일의 3.3배를 넘을 만큼 방대하다.

1998년의 세계 펌프 시장은 183억 \$ 규모로 추정되었고, 이후 연 2.6%의 완만한 성장세로 출발하여 2004년 가까이 가서는 3.5%정도로 되어 연평균 3.1%씩 성장하여 2004년에는 219억 \$에 이를 전망이다. 펌프의 종류에 따른 시장 점유율을 살펴보면 원심 펌프가 46.5%로서 거의 1/2을 차지하고, 예비품이 26.2%로서 시장의 약 1/3을 차지하고 있다. 여기서 원심 펌프란 넓은 의미의 원심 펌프로써 터보형 펌프를 말한다.

<표3> 세계펌프시장 규모

종류	미국	일본	독일	프랑스	영국	아시아 (일본제외)	세계
원심	2,518	1,333	756	494	435	540	8,505
왕복	487	241	146	94	86	76	1,513
회전	498	263	154	99	88	73	1,584
다이어프램	367	195	111	70	65	54	1,169
기타펌프	208	113	61	41	35	52	729
펌프 합계	4,078	2,145	1,228	798	709	786	13,500
예비품	1,396	685	430	285	247	310	4,797
시장합계	5,474 (30.0)	2,830 (15.5)	1,658 (9.1)	1,083 (5.9)	956 (5.2)	1,096 (6.0)	18,297 100

펌프 제조업체는 소규모 중소기업으로부터 수천 명의 종업원과 여러 나라에 제조공장을 보유한 다국적 기업에 이르기까지 그 규모에 있어서 차이가 엄청나게 크다. 1998년 펌프 매출액을 기준으로 펌프 제조업체의 세계 상위 20개사를 <표4>에 나타내었다. 표에서 상위 20개사 중 미국이 9개사를 보유하고 있음을 알 수 있다.

1990년대 후반 이후 2000년대 초반의 세계 펌프 산업의 가장 큰 특징 중 하나는 펌프 제조업체들 간의 활발한 인수·합병으로 볼 수 있다. 특정 분야에 전문 기술과 마케팅 능력을 지닌 업체들 간의 인수·합병은 각 업체의 사업 부분의 중복 투자 및 시장에서의 과당 경쟁을 피할 수 있기 때문에 활발히 이루어지고 있다. 미국은 장기간의 경제 호황과 달러 가치의 급등에 힘입어 기업체의 인수·합병 및 조직의 거대화에 가장 적극적이었는데, 아이티티(ITT Industries Inc.)는 엘리스-첼머 펌프(Allis-Chalmers Pump), 벨-고셋(Bell & Gossett), 플라이어거트(Flygt), 굴드(Goulds), 로와라(Lowara), 리히터(Richter) 및 보겔(Vogel)과 같은 브랜드를 갖고 있던 회사들을 인수 합병함으로써 세계 제일의 펌프 제조업체로 굳건하게 된 것이 대표적인 예라 할 수 있다. 영국의 위어그룹(Weir Group)은 1999년 광산용 펌프 분야에서 세계 시장을 리드하고 있던 워만 인터내셔널(Warman International)을 인수하여 펌프 사업을 더욱 강화하였다. 2000년에 들어와서는 1997년 미국의 BW/IP사와 듀라코(Durco International Inc.)의 합병으로 탄생한 플로저버(Flowserve Corporation)가 인거줄-드레서 펌프(IDP:Ingersoll-Dresser Pumps)를 인수하여 일본의 에바라(Ebara)를 제치고 아이티티(ITT Industries) 다음으로 제2위를 차지하는 변화가 일어났다. 또, 같은 해에 스위스의 술저펌프(Sulzer Pumps)가 핀란드의 알스트롬 펌프(Ahlstrom Pumps)의 펄프 및 제지 산업용 펌프 사업을 인수하여 매출액의 30%를 늘리게 되었다.

2.2 압축기(Compressor)

압축기는 크게 원심형(Centrifugal Type)과 용적형(Displacement Type)으로 구분하며 각각의

<표4> 세계 주요 펌프제조업체

순위	제조업체(국가)	매출액	순위	제조업체(국가)	매출액
1	ITT Fluid Technology(USA)	1,770	11	Flowserve(USA)	380
2	Ebara(Japan)	1,300	12	Idex(USA)	350
3	Grundfos(denmark)	1,000	13	Sterling Fluid Systems(Netherlands)	350
4	KSB (Germany)	950	14	ABS (Sweden)	320
5	Ingersoll - Dresser Pump(USA)	910	15	Hamilton Sundstrand (USA)	310
6	Weir (UK)	830	16	Hitachi (Japan)	300
7	Sulzer(Switzerland)	550	17	Colfax(USA)	280
8	Pentair(USA)	450	18	United Dominion(USA)	280
9	Wilo - Salmson (Germany)	430	19	Tsurumi (Japan)	230
10	Wicor(USA)	420	20	Torishima (Japan)	200

경우 축류(Axial Flow) 및 반경류(Radial Flow), 왕복동(Reciprocating)과 회전형(Rotary Type)으로 나눌 수 있다.

또 이송되는 유체의 종류에 따라 압축기를 구분하면 개스압축기와 공기압축기로 크게 볼 수 있는데 우리나라는 시장의 규모가 상대적으로 작고 아직 선진국과의 기술적인 차이가 나고 있는 실정이다. 개스압축기분야는 이미 선진 전문업체가 자리 잡고 있으므로 국제경쟁력 회복은 어려울 것으로 보이며 상대적으로 시장규모가 크고 범용성이 있는 공기 압축기분야는 우리업체의 설계 및 품질면에서 다소 열세이긴 하나 기술개발과 품질개선 노력을 하면 점차 국제경쟁력을 갖출 것으로 판단된다. 선진경쟁업체로서는 아틀라스(Atlas), 콤포(Copco) 등이 있다.

2.3 팬/송풍기(Fan/Blower)

일반적으로 공기를 이송하는 기계로서 팬과 송풍기 그리고 압축기가 있는데 그 중에서 팬의 경우는 압력이 2 psig까지, 송풍기의 경우는 10 psig 까지이고 그 이상의 압력이 요구되는 시스템에는 압축기가 사용되고 있다.

국내에서 팬은 일반주택이나 건물에서 흔히 볼 수 있고 산업용으로는 그리 많지 않다. 몇몇 국내 제조업체가 있으나 대체적으로 기술에서 선진국의 경쟁업체 보다 뒤지고 있는 형편이다.

시장의 특징을 살펴보면 팬은 일반화 되어 있어 시장은 크고 공급자는 다수이기 때문에 우리업체가 해외시장에 진입할 수가 있는 반면 송풍기는 수

요가 그리 많지 않고 기술력이 요구되기 때문에 해외진출이 쉽지 않을 것으로 판단된다.

현재 강림기연에서 탱커에 소요되는 이너트 개스(Inert gas) 송풍기의 일부를 자체개발하여 납품하고 있으며 선진경쟁업체로서는 KKK, 가와사키(Kawasaki), DMW, 램슨(Lamson) 및 호든(Howden) 등이 있다.

2.4 유량계(Flow Meter)

대표적인 계장기자재인 유량계는 플랜트 기자재로서 유체의 온도, 압력, 레벨을 체크하는 계측기와 더불어 광범위 하게 플랜트 건설, 유지 및 보수에 쓰이고 있으며 그 시장은 상당히 넓다. 플랜트 현장에서 흔히 쓰이는 유량계는 현장에서 유체의 흐름량을 알 수 있는 로컬 유량계(Local Flow Meter) 그리고 콘트롤 룸에서 유량을 확인케 해주는 스위치/전송기 붙이 유량계(Flow Meter with Switch/Transmeter) 등이 있다.

우리 업체는 대체적으로 유량계와 같은 정밀기기 분야에서 약세를 면치 못하고 있는데 그 이유로서는 기초과학과 오랜 제작경험이 요구되는 분야이기 때문이다.

로컬 게이지(Local Gauge)는 설계, 제작 및 품질 등에서 선진 업체와 기술적인 면에서

경쟁력이 약한 분야이나 시장의 크기와 우리 업체의 기술 접근성을 감안하면 머지 않아 경쟁력을 갖출 것으로 보인다.

대표적인 선진업체로서는 Richard Klinger, Jerguon Klingauge, Emst' Gauge, Wika, Clark-

Reliance 등이 있다.

한편 스위치/전송기 붙이 유량계 (Flow Meter with Switch/Transmeter) 분야에서는 우리 업체의 경쟁력이 훨씬 떨어져 업계 및 정부의 적극적인 육성책이 뒷받침 되지 않으면 해외시장 진출은 매우 어렵다고 생각된다. 이 분야는 기술적인 정교함과 복잡성으로 인하여 해외선진업체들과의 경쟁력은 상당히 뒤쳐진 상태이다.

선진 업체로서는 Wika, Foxboro, Yokogawa, Moore Products, Fisher-Rosemount, ABB 등이 있다.

### 2.5 밸브(Valve)

플랜트 현장에서 사용하는 밸브는 배관기자재로 취급되는 게이트 밸브(Gate Valve), 글로브 밸브(Globe Valve), 구밸브(Ball Valve), 플러그 밸브(Plug Valve), 접형 밸브(Butterfly Valve) 기타 전문 밸브(Special Valve) 등의 매뉴얼 밸브(Manual Valve)와 계장 기자재로 취급되는 제어 밸브(Control Valve), 조정 밸브(Regulating Valve) 등의 제어밸브로 구분할 수 있다.

배관측의 매뉴얼 밸브는 국내에서 생산되지 않는 특수재질의 밸브를 제외하고는 선진 경쟁사들에 비해 고른 경쟁력을 갖추고 있으나 특수재질의 밸브부문에서는 전반적으로 열세에 있는 실정이다. 매뉴얼 밸브 시장의 특징은 그 규모가 크고, 공급업체가 다수이며 수주 결정요인이 가격 및 납기이며 국제적 지명도는 수주에 큰 영향을 미치지 못하고 있다. 이 부문에서의 선진 경쟁사는 OMS, Goodwin, Crane, Keystone, Kitamura, Perar 등이 있다.

한편 제어밸브(Control Valve)는 고가이며 제품의 정밀성과 신뢰성이 높기 요구되고 있다. 이 부문은 국내업체들이 외국 선진업체와는 기술력 격차가 상당히 큰 것으로 알려지고 있다. 근래 공장의 자동화 추세에 발맞추어 콘트롤 밸브의 사용범위가 확대되는 경향이 있기 때문에 시장은 크며 공급자 또한 다수이고 납품업자 선정시 품질 및 실적을 중요시 하고 있다.

이 부문에서의 선진 경쟁사로는 Yamadake, Foxboro, Yokokawa, Fuji, Hartman-Braun,

Fisher-Rosemount, Ziemens, ABB, Honeywell, Wika, Ashcrot, Delta, ITT-Barton, Bindicator, Tokyo Keuso 등이 있다.

## 3. 펌프 기술의 현황

### 3.1 국내 펌프 기술

국내 펌프 중소 제조업체들은 외국 선진업체나 국내 다른 기업의 제품을 모방하여 생산·판매하거나, 투자 기업으로서 모회사인 외국 업체의 부품을 수입하여 조립·생산하고 있는 실정이다. 또한, 국내 대기업은 그동안 외형 위주의 성장 정책을 추구하여 왔기 때문에 기숙 제휴 또는 도면 수입이라는 보다 손쉬운 방법을 통하여 펌프사업 분야를 확장하였다. 이는 펌프의 국산화를 조기에 실현시키는 방법이 되기는 하였으나, 원천 기술을 제대로 확보하지 못하고 연구 및 기술 개발도 소홀히 하게 되는 등 선진국으로부터의 기술 자립의 길을 비껴가는 결과를 낳았다. 따라서 고도의 기술을 필요로 하는 분야의 펌프를 다룰 수 있는 능력의 회사가 거의 없다고 해도 과언이 아니다.

최근 이러한 문제에 대해 각성하게 됨에 따라 몇 년 전부터 국내 펌프 산업과 관련된 연구소, 학계 및 업계에서 터보 펌프의 성능 예측 및 유동 해석, 펌프의 성능 실험 및 유동 가시화, 펌프의 성능 평가 및 선정 프로그램 개발, 특히 현상(캐비테이션, 수격 현상)등에 관한 연구가 점차 이루어지고 있으나 실제로 국내 펌프 제조업체의 연구 개발에 대한 투자는 다른 산업 분야의 평균치에도 훨씬 미치지 못하는 매우 열악한 상황이다.

### 3.2 세계 펌프 기술동향

#### 3.2.1 공공용 펌프

공공사업비의 절감을 추구하여 대형 펌프 설비의 콤팩트화가 요청됨에 따라 자연히 유동 해석 기술, 진동 해석 기술 등 고도의 설계 기술을 구사하여 고유속, 고속 소형화를 목표로 하게 된다. 이에 따른 진동 증가에 대응하여, 배관계의 맥동전파에 대하여서도 컴퓨터에 의한 시뮬레이션이 실시되어 펌프장, 배관계를 포함한 저소음화가 꾀해지고

있다. 구조적으로도, 주기기의 간소화를 목적으로 하여 무급수 베어링, 무주수 축봉 장치, 가스 터빈 구동, 공랭식 기어 감속기의 채용에 의한 펌프의 무주수화가 피해지고, 보조기기의 간소화를 위해 수직축 펌프 및 대구경 수중 펌프의 채용, 냉각수 펌프의 생략, 진공 펌프의 생략이 계획되고 있다.

에너지 절약의 관점으로부터 효율, 시스템 종합 효율의 향상이 요구되고, 각 용도에 알맞은 최적화의 추구가 진해오지고 있다. 대용량, 고양정 펌프의 3차원 내부 유동 해석에 기초한 고효율화, 용수로의 낙차 에너지 이용의 수차 구동 양수 펌프, 컴퓨터에 의한 관료 말단압 일정 제어방식의 채용, 에너지 절약 대응의 종합 고효율 운전 시스템의 도입 및 회전수 제어 펌프의 채용이 증가하고 있다.

광역 관리, 원격 제어, 무인화 등, 인력 절감, 공간 절약, 자동화의 도입에 따라 운전 보수의 간소화, 유지 보수의 제로화, 펌프장의 간소화, 고장 예지, 예방 보전의 고속화에 호응하는 시설 보전 기술, 고장 진단 기술 등, 전체적인 소프트 기술의 확대와 고도화가 요구되고 있다.

빗물 배수, 하수도용 펌프 분야에서는, 유입량 변동, 급격한 유출에 대응하기 위하여 선행 대기 운전 펌프, 유입량 예측 제어 시스템이 채용되고 있다. 하수도 오수 펌프 분야에서는 고효율화, 무폐쇄성, 고양정화의 요구에 대응하여 임펠러 깃수의 저감, 스크루 원심 펌프, 보텍스 펌프의 채용이 증대하고 있다.

### 3.2.2. 발전용 펌프

지구 온난화 문제와 관련하여 펌프 효율의 개선/향상은 물론 발전소 전체의 효율 향상이 강하게 요구되므로 펌프의 효율에 대한 요구가 엄격해지고 있다. 펌프 및 관련 시설의 비용 저감을 목적으로 한 고속 소형화, 성능 개선/향상, 저소음화, 고장 예지 기술은 본질적으로 중요한 테마이다. 그리고 전력 조정에 따른 운전 범위의 확대, 부하 변동 대응과 신뢰성이 요구되어 필연적으로 저유량역 문제(특성, 현상)에 관한 기술의 필요성이 보다 한층 강해지고 있다.

보일러 급수 펌프에서는 광범위한 부하 조정, 고빈도의 기동 정지의 요구에 따라 유체 커플링 채용

에 의한 전동기 구동 급수 펌프의 변속화, 펌프 로터계의 과대 진동 방지 설계, 과대 유량 시의 흡입 특성의 향상 등이 필요하게 된다. 초초임계압(USC) 플랜트용의 40 MPa 전후의 고속 고압 보일러 급수 펌프에서 베어링 간 거리의 확대에 따른 회전체의 진동 특성이 문제가 되어 웨어링부의 베어링 효과를 평가한 다음에, 내캐비테이션 재료, 비접촉식 방식의 채용 등의 신뢰성 향상이 피해지고 있다. 순환수 펌프(CWP)에서는 라이닝 기술 및 FRP 등의 고분자 재료, 고내식 슈퍼스테인리스강의 사용에 의해 방식과 저가격화가 추진되고 있다.

### 3.2.3. 산업용 펌프

범용 펌프는 큰 변혁의 시기를 맞고 있다. 에너지 절감에의 요구가 높아져 단순히 가격 경쟁의 시대로부터 운전비용 또는 수명비용 우선의 시대로 들어갔다. 종래에는 회전 속도 변환 수단 같은 것이 일부 용도를 제외하면 불필요하다고 생각되어 왔지만, 지금은 에너지 절감 요구에 응하기 위하여 필요불가결한 기능으로 되어버렸다. 인버터 기능 구비 펌프에의 치환이나 에너지 절약 제어기의 설치가 증가하기 시작하였다.

이 분야에서는 제철용 디스케일링 펌프, LNG 플랜트 용 펌프, 프로세스 펌프 등이 주요 펌프가 되어 있었지만, 최근의 경향을 보면 LNG 펌프가 다수 제작되는 반면 프로세스용은 감소하고, 디스케일링 펌프는 플런저 형식이 주류가 되고 있다. 효율 1%의 향상이 전국적으로는 엄청난기 때문에 효율을 향상시키는 에너지 절약 기술은 더욱더 중요하고, 지구 온난화에 관련하여 펌프 효율의 개선/향상, 고속 소형 지향, 운전 범위의 확대, 부하 변동에의 대응이 요구되어 필연적으로 저유량역 문제(특성, 현상)에 관한 기술의 필요성이 보다 한층 강해진다. 비용 저감기술(재료변경, 제작 방법 개선 등 주로 생산 기술적인 접근)의 개발, 요구에 맞는 제품의 단기개발 및 제작이 추진된다.

### 3.2.4. 기타 펌프

의료용 펌프에서는 생체계와의 합치, 동력원외 과제이다. 최근 화제가 되는 펌프로서 지열수용 펌프, 로켓용 액체산소용 펌프, 액체수소 터보형 펌

프, 핵융합로용 초임계 헬륨 펌프, 혈액 펌프, 석유 생산 등에 사용하는 2상류 펌프나 고기액 3상류 펌프 등이 개발되고 있다. 이러한 것은 모두가 극저온, 고온, 초고속 회전, 초정밀화 등에 대응하는 고도의 기술을 필요로 하는 펌프로서, 각각의 시방에 합치하는 최신 기술이 구사되고 있다. 그리고 초고압, 초고속 등, 왕복동 펌프의 적용 영역에의 터보형 진출, 운전점의 성능만 넓은 펌프, 캐비테이션 성능만 넓은 펌프와 같이 일점 집중형의 펌프로 세분화될 가능성도 있다. 여기에서도 필연적으로 고효율, 소형화, 저소음이 과제가 된다.

### 3.2.5. 국제 규격에의 대응

우리나라에는 국내 규격으로서 KS규격이 있으나 시대적으로 국제화가 강력히 요구되는 환경이라 각종 KS규격의 대응 국제 규격과의 부합화가 정력적으로 추구하고 있다. 펌프에 관한 규격의 국제 규격화를 ISO(국제 표준화기구) TC 115(펌프 관련 규격을 심의하는 위원회)에서 추진해 나가고 있다. 펌프에 관한 ISO 규격은 대부분 정리되어 있는데, 앞으로도 ISO에 큰 영향을 갖는 유럽과의 협의를 시작으로 하여 세계적으로 사용되게 되는 형태가 될 것이 명백하다.

또, 공업 생산에 있어서는 품질관리규격으로서 ISO 9000시리즈가 공표되고 KS도 A 9000시리즈로 제정되었다. 국내에 인증 받은 업체가 계속 늘어나고 있는 상태이다. 또, ISO 14000시리즈로 환경 관리에 관한 규격도 공표 되어 인증 받는 기업이 탄생하고 있다.

## 4. 펌프 기술의 장래 전망

### 4.1 유동 해석

연구 수준에서는, 난류모델을 사용한 유동 해석이나 새로운 난류 모델이라고 하는 난류 해석 기술의 진보와 CPU의 고속화로 대단히 유효한 것이 많아졌다. 직접 시뮬레이션(DS), 이동 경계 문제, 역해법, 최적화 기술의 진전, LES의 범용 코드화 등이 흥미의 대상이 되고 있다. 이것으로부터는 압력 맥동, 진공, 유체력의 예측을 하여 전단 해석,

비정상 계산이 주류가 되리라 생각한다. 이것에 의해 성능 예측의 향상, 설계의 자동화에 의한 3차원 점성해법의 설계에의 상시 적용, 표면 거칠기, 제작 오차의 평가, 신뢰성(정도), 저유량역(비정상 포함) 해석의 정밀도 향상, 성능 개선에의 본격적인 적용이 기대된다. 또 Solver의 진보와 함께 계산 격자의 생성 기술, 격자 생성의 자동화도 중요한 분야이다.

캐비테이션의 억제, 수명 예측, 재료는 당연히 중요한 과제이고, CFD에 의한 캐비테이션 발생시의 유동 해석(Cavity의 발생, 합체, 소멸의 예측)이 기대된다. 고속, 고양정 펌프의 신뢰성 평가를 위해 침식(Erosion)의 정량적 예측 기술, 예측 정밀도의 향상, 침식에 대한 수명 예측, 진행속도의 예측, 긴 수명 설계에의 응용이 기대되고 있다. 그것에 의한 침식 회피 기숙(신재료, 기포 붕괴 개소의 제어)(고에너지 펌프에서도 캐비테이션 상태에서 의운전을 가능하게 한다)의 확립이 기대된다.

그 밖에, 석유 수송용의 다상류 펌프나 폭기조 내의 유동 해석 등과 관련하여 "혼상류의 유동 해석"에 기술 과제가 많다.

### 4.2 진동 해석

신뢰성이 요구되는 이제부터의 펌프에는 진동 해석이 절대적으로 필요하다, 펌프의 진동이나 불안정성에 관한 해석은 거의 실용 단계에 도달해 있다. 예를 들면, 수직축 펌프의 진동에서는 스프링 지지까지 고려한 유한요소법에 의한 진동 해석이 적용되고 있다. 그리고 대형 펌프장의 건물 진동의 평가에도 응용이 시작되고 있다. 축 진동, 프레임 진동의 절대치(고유치, 응답치)의 예측 정밀도를 향상시키기 위해 앞으로는 CFD 기술과 연대하여 유체력이나 베어링 정수, 실 정수의 예측 정밀도의 향상, 시스템 전체로서의 진동 해석의 일체화를 추진하여 보다 실제에 가까운 상태에서의 진동 평가가 가능하도록 하지 않으면 안된다. 이것에 의해 비정상, 이상 시의 해석이 용이하게 되고 고압, 고속 펌프의 진동 해석의 신뢰성이 향상하여 고장 진단도 가능하게 된다. 그것에 기초한 능동적 진동 제어 기술의 이용 등 진동 안정화 기술의 향상이 기대된다.

#### 4.3. 생산 및 가공

주조상의 모양 고쳐 바로잡기의 최소화, 주물 결합의 최소화, CAM 시스템의 주물 제조 현장에의 확대를 피함과 동시에 탈주물화를 도모하고 있다. 3차원 CAD의 활용에 의한 형 없이 하는 생산, CIM, 임펠러의 3차원 가공, 펌프의 판금화, 광조형 기술 등의 새로운 가공기술도 적극적으로 응용하고 있다. 세라믹스, 플라스틱 고내식 스테인리스강, 티탄합금 등, 신소재의 적용, 프레스 케이싱의 확대 등 제관화, 간략화에 의한 비용 저감이 추구되고, 내마모성, 하드코팅(세라믹스, WC), 소프트코팅(고무, 폴리우레탄)등 코팅의 이용도 진전되고 있다.

한편으로, 저가격화를 목적으로 하는 생산, 가공의 개선은 언제나 진동 문제를 불러일으킨다. 소형화, 고속화 및 고강도재의 이용은 고유 진동수를 높이지만 설계 단계에서의 진동 해석이 중요하게 된다.

#### 4.4 운전, 제어 및 보전

센서 기술 지능화의 진전에 따라 통신에 의한 펌프 운전 상태의 파악, 펌프의 최적 운전이 가능하게 되어 광역 관리, 원격 제어, 무인화를 해 가는 경향에 있다. 최근의 펌프 시스템에서는, 컴퓨터 활용에 의한 시스템으로서의 최적 제어, 원격 제어, 지식공학(AI)에 의한 자동 제어, 인버터 구동 등의 파워 일렉트로닉스와 연계한 변속 제어화라고 말하는 것 같이 지능적 기능을 포함한 여러 가지 시뮬레이션 프로그램을 탑재한 것이 많아지고 있다. 또, 역류역 제어에 의한 수력적 불안정 방지, 자기 베어링에 의한 진동 제어라고 하는 이상 운전에 대한 능동적 제어가 채용되기 시작했다.

컴퓨터에 의한 기기 내력 관리(보수 사이클, 진동의 시간 변화 관리)가 확대되어 고장 예지, 상태보전의 관점에서 운전 관리 장치를 사용하는 정량적인 보전이 시작되고 있다. 기계의 상태를 나타내는 각종의 감시 신호(소리, 진동 등)의 경향에 의한 상태 감시가 진전되고 실시간 모니터링에 의한 진동 경향 관리가 여러모로 사용되기 시작했다. 현장으로부터의 정보가 관리자가 있는 곳에 바로 전달

돼 직접 판단하는 방식이 되고 무인화에 따르는 이상 검지 시스템의 진전이 눈에 띈다. 현상의 해명만이 아니라 억제 및 회피에 연계된 연구가 보다 중요하다고 생각되고, 특히 현상의 검지 시스템의 개발, 능동적 제어에 의한 특히 현상의 회피 수법의 확립이 중요한 과제가 된다.

결국, 이제부터의 펌프는 당연히 고신뢰성, 운전이나 보수의 간소화, 저가격이 요구된다. 개발 단계에서 제조나 보수까지 내다보아 구조해석, 진동해석, 유동 해석을 구사하여 이 요구에 응해 가야 하는 것이다. 그리고 한편으로 한계 성능(초음속, 초고속, 초고온, 초고비속도, 초저비속도)에의 도전이 계속되어야 함과 동시에 같은 문제에서도 기술적 환경의 변화로부터 몇 도라도 달리 돌려놓을 수 있어야 전체적인 모양이 진전된다고 생각한다.

## 5. 결 론

무한경쟁의 세계화 시대를 맞이하여 우리 유체기계 산업도 외국 제조업체와의 기술적인 경쟁은 말할 것도 없이 가격 면에서 극심한 경쟁을 하지 않으면 안되게 되었다. 시장의 요구는 기기에 대한 신뢰성, 에너지 절약, 가격이 핵심이라 할 수 있다. 이를 위해서는 제조업체로서 기술우위의 독자적인 핵심 기술을 가져야 한다. 그러나 우리 기업들은 매질의 특성상 메카니즘 규명이 상당한 기초학문을 요구할 뿐만 아니라 설계 및 제작에 축적된 경험이 부족하기 때문에 경쟁에서 열세에 놓여있는 실정이다. 이는 중후장대한 기자재에 초점을 맞춘 정책의 잘못과 기초과학을 등한시한 결과라고 할 수 있다. 유체산업분야에서 선진기술을 따라 가려면 정부에서 우선육성기자재와 차후육성기자재로 구분하여 육성전략을 세우고 우선 내수기반을 확대해 나갈 수 있도록 정책적인 배려가 있어야 할 것이다. 동시에 경쟁에서 살아 남으려면 기술우위 확립이라는 목표를 정하여 각 제조업체가 노력하고 필요하다면 산학연 협동의 좋은 기회를 적극 활용해야 할 것이다. 뿐만 아니라 엔지니어링 능력을 포함한 소프트 면에서의 충실을 기해 나가지 않으면 안된다. 가격 면에서도, 우리나라 유체기자재 산업을 에워싸고 있는 환경의 변화를 보면 원화가



치의 상승, 임금상승, 주물 공급 문제 등에 있어서 선진국과도, 후발 국가와도 경쟁력은 상실해 가는 진퇴양난의 기로에 서 있는 형국이라 볼 수 있다. 유럽 제조업체에서는 이미 생산, 판매의 양면에서 세계화가 적극적으로 추진되어 상당히 진척되어 있고, 그 대상에 우리나라의 일부 제조업체들이 들어가 있는 현실을 볼 때, 우리나라의 유체기계산업이 살아남기 위해서는 새로운 활로를 찾아 능동적으로 추구해 나가지 않으면 안될 시점에 와 있다고 생각된다.

## 후 기

이상은 2002년도 기계관련 산학연 연합심포지엄(2002.11.13-14, 코엑스)에서 개최된 “유체기계 산업의 현황 및 발전방안에 관한 심포지엄”에서 발표된 내용들을 요약 정리한 것이다. 자료를 제공해 주신 한돌펌프의 이봉주 사장님과 관계자 여러분과 들에게 감사를 드린다.