

유체기계 산업의 현황

이봉주*

1. 서 론

이제 우리나라 유체기계 산업은 어디로 어떻게 가야 하는 것일까?

우리나라가 국력의 충실을 기해 왔던 1970년대부터 약 20년간에 걸친 중후장대(重厚長大)의 산업이 눈부셨던 시대에는 유체기계 중에서 수차와 터빈이 전력 산업의 주력을 담당하고 한편으론 펌프, 송풍기, 압축기가 각종의 기간산업을 떠받쳐서 플랜트의 혈액 순환기의 역할을 훌륭히 해냈다. 또, 사회 자원을 담당하는 공공용 펌프도 농업 관개용이나 상하수도 보급에 맞춰 대형화에의 길을 걸어 왔다. 그러나 그 후 경박단소(輕薄短小)라는 낱말로 표현되는 것처럼 산업 구조가 크게 바뀌었다. 더구나, 1990년대 중반에 이른바 거품 경제의 붕괴에 따라 나라의 제정은 악화되고, 국내에는 불경기 상황이 만연하게 되었다. 그에 따라 각종 사업이나 설비 투자에 대한 수정이 행해져 비용 저감에 대한 관심이 더욱 높아지게 되었다. 유체기계 산업도 예외는 아니라 시장으로부터는 가격 우선이 요구되고 세계화라는 이름 아래 국제화의 물결에 밀려가기 시작했다.

기술적으로 보면 성숙한 기계의 범주에 들어가는 유체기계는, 이제 비용이라고 하는 무거운 짐을 등에 지고 살아남기 위해 혁신해 나가지 않으면 안 되는 상황에 처해 있다. 유체기계 전반을 다루는 것은 범위가 너무 광범하여 산만해지므로 여기서는 펌프에 초점을 맞춰 앞으로의 방향을 모색해 보고자 한다.

유체기계라는 것은, 유체와 기계 부분과의 사이에서 에너지 교환을 행하는 기계의 총칭이고, 유체가 갖는 에너지를 기계적 에너지로 변환하는 것과, 기계적 에너지를 유체 에너지로 변환하는 것으로 크게 나눌 수 있다. 전자에 속하는 것으로는 수차, 공기 터빈, 증기 터빈, 가스 터빈 등이 있고, 후자에 속하는 것은 펌프,

송풍기, 압축기, 항공기용이나 선박용의 프로펠러 등이 있다.

또, 그밖에 펌프의 역할을 하는 것과 수차의 역할을 하는 것을 조합한 유체 커플링이나 토크 컨버터 또는 동일한 기계로서 수차와 펌프를 겸용하는 펌프 수차 등도 있다. 터빈 중에 증기 터빈이나 가스 터빈은 유체에 열을 가해 이 열 에너지를 기계적 에너지로 변환하는 것으로서 종종 유체기계와는 별도로 다루어지고 있다.

펌프는 액체에 에너지를 주어 이것을 저압부로부터 고압부로 보내는 기계이다. 구동용 동력으로서 원동기의 기계적 에너지를 사용하는 것과 별도의 유체(액체 또는 기체)의 높은 에너지를 이용하는 것이 있으며, 에너지 전달 방법에는 동력학적 방법과 정력학적 방법이 있다. 동력학적으로 에너지를 전달하는 것의 대표적인 것이 터보형 펌프이고, 이것이 광범위한 유량, 압력에 대하여 적용된다. 정력학적으로 에너지를 전달하는 것에 왕복형과 회전형의 펌프가 있고, 특히 고압, 소유량이 요구될 때에 적용된다.

2. 펌프 산업의 현황

2.1 국내 펌프 산업의 현황

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 2,200 억원 정도에 지나지 않았다. 추세를 보면, 국제통화기금(IMF)의 지원이 시작된 1997년부터 감소 경향을 나타내다가 1998년에는 1995년보다 시장의 규모가 축소되었고, 2000년에 들어와서는 다시 1995년의 규모로 회복되었다. 이러한 경향은 공공용을 제외한 모든 용도 분야에서 같은 경향을 나타내었다.

국내에서 가장 큰 시장 점유율을 가지고 있는 양대

* (주)한돌펌프

E-mail : hdpump@kornet.net

펌프 제조업체는 효성에바라, 현대중공업이고, 신신기계, 영풍정밀기계, Grundfos, Wilo-LG 등 몇몇이 그 뒤를 받쳐 대부분의 시장을 형성하고 있다. 1997년 국내 펌프 시장이 전면 개방됨에 따라 외국 기업의 직접적인 국내 진출이 가속화되어 이러한 시장 판도로 변화하게 되었다.

효성에바라는 1995년 일본 Ebara 및 미국 Flowserve와 자본 합작을 하였고, 이들과 기술 제휴를 통하여 발전소 및 석유화학 분야의 펌프 사업을 대폭 강화하였으며, 현대중공업은 일본 미쓰비시의 고압 보일러 급수 펌프의 기술을 들여와 최근 들어 해외의 발전 플랜트 및 담수 플랜트 시장 개척에 적극적으로 나서서 필리핀, 대만 등의 발전소용 보일러 급수 펌프를 수주하는 등의 성과를 보이고 있다. 그리고, 국내에서 가장 먼저 대규모로 펌프와 중전기 제품을 생산하던 이천진 기공업은 문을 닫은 후 우여곡절 끝에 1999년 일진중공업으로 옷을 바꾸어 입고 국내 대형 펌프 회사의 자리를 이어가려고 노력하고 있다.

한편, 석유화학 분야의 세계적 프로세스 펌프 제

조회사인 미국의 Goulds Pumps는 1997년 미국 ITT Industries에 인수되었지만, 오래 전부터 우리나라에서 부품을 OEM으로 수입해 가다가 마침내는 1992년에 한국 공장을 가지고 생산하게 된 경우에 해당한다. 건물용 펌프를 전문 생산하는 네델란드의 Grundfos Group은 1989년 한국에 자본금 100%를 투자한 한국그린포스를 설립하여 가정용 온수 순환 펌프를 비롯한 급수 펌프 등을 조립 생산하여 국내 시장을 급속도로 점유해 가고 있다. 2002년 1월부터는 창석 펌프의 주식 60%를 인수하여 새 주인이 되었는데 이는 그린포스의 비유럽 회사 인수 제1호이다. 이와 동종 업체인 독일의 Wilo도 1991년 국내 시장에 진입하여 판매망을 구축하여 국내 건물용 펌프 시장을 점유하고 있으며, 2000년에는 국내의 LG펌프와 손을 잡고 Wilo-LG로 합병하여 산업용 펌프 제조회사로서 자리매김을 하였다.

세계 속에서의 국내 펌프 산업의 현황을 파악하고자 최근 몇 년간의 수출입 현황을 기계 산업 정보망에서 조사하여 Table 1 및 Fig. 1에 나타내었다. 통계상

Table 1 최근 4년간 국내 펌프 산업의 수·출입 현황 (Unit : 1,000 US\$)

연도 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,운활유 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

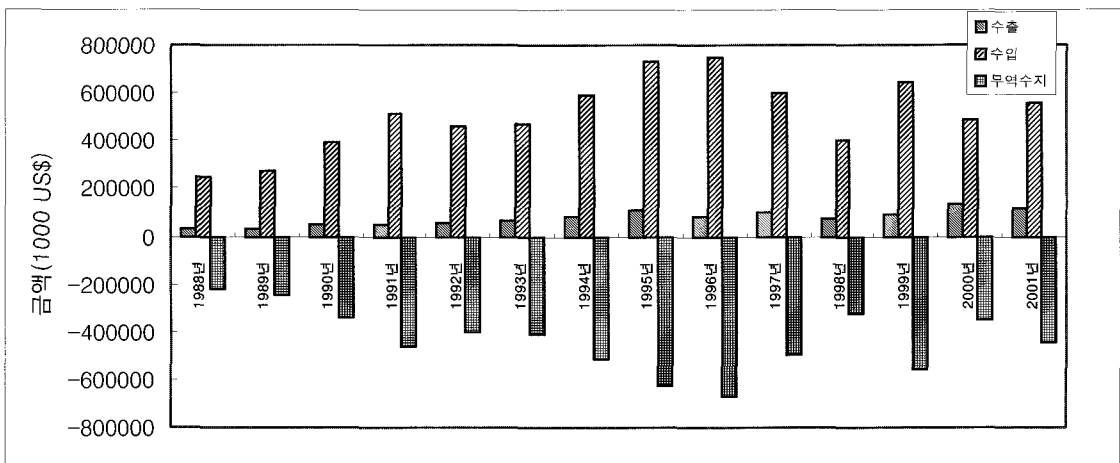


Fig. 1 국내 펌프 산업의 수·출입 현황

펌프의 범주에 들어가 있으나 산업 현장에서는 포함시키지 않는 수직식 펌프, 공기 펌프, 진공 펌프, 콘크리트 펌프 및 액체 엘리베이터는 제외하였다.

2.2 세계 펌프 산업의 현황

1999년 12월에 발행된 Profile of the International Industry: Market Prospects to 2004의 내용을 인용하여 검토해 보았다.

세계 주요 국가의 1998년도 펌프 시장 규모를 Table 2에 나타내었는데, 가장 큰 나라는 미국으로서 세계 시장의 30%나 차지하고 있고, 그 크기는 두 번째로 큰 일본의 약 2배, 세 번째인 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 중

류에 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 펌프로서 터보형 펌프를 말한다.

펌프 제조업체는 소규모 중소기업체로부터 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 Table 3에 순서대로 나타내었다. 이 상위 20개사 중 미국이 9개사를 보유하고 있다.

1990년대 후반부터 2000년대 초반까지 세계 펌프 산업의 가장 큰 특징 중 하나는 펌프 제조업체들 간의 활발한 인수·합병으로 볼 수 있다. 특정 분야에 전문 기술과 마케팅 능력을 지닌 업체들간의 인수·합병은 각 업체의 사업 부문의 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

Table 2 1998년도 세계 펌프 시장 규모 (Unit : 1,000 US\$)

종류	국가	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	67	1,513	8.3
회전		498	263	154	99	88	73	1,584	8.6
다이아프램		367	195	111	70	65	54	1,169	6.4
기타 펌프		208	113	61	41	35	52	729	4.0
펌프 합계(A)		4,078	2,145	1,228	798	709	786	13,500	73.8
예비품(B)		1,396	685	430	285	247	310	4,797	26.2
시장 합계(A+B)		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

Table 3 1998년 세계 주요 펌프 제조업체 (Unit : 1,000 US\$)

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

적극적이었는데, ITT Industries Inc.는 Allis-Chalmers Pump, Bell & Gossett, Flygt, Goulds, Lowara, Richter 및 Vogel과 같은 브랜드를 갖고 있던 회사들을 인수 합병함으로써 세계 제일의 펌프 제조업체로 군림하게 된 것이 대표적인 예라 할 수 있다. 영국의 Weir Group은 1999년 광산용 펌프 분야에서 세계 시장을 리드하고 있던 Warman International을 인수하여 펌프 사업을 더욱 강화하였다. 2000년에 들어와서는 1997년 미국의 BW/IP Inc.와 Durco International Inc.의 합병으로 탄생한 Flowserve Corporation이 Ingersoll-Dresser Pumps (IDP)를 인수하여 일본의 Ebara를 제치고 ITT Industries 다음으로 제2위를 차지하는 변화가 일어났다. 또 같은 해에 스위스의 Sulzer Pumps가 핀란드의 Ahlstrom Pumps의 펄프 및 제지 산업용 펌프 사업을 인수하여 매출액의 30%를 늘리게 되었다.

올해 말에 Profile of the International Industry: Market Prospects to 2007 제5권이 발행되는데, 세계적으로 군림하는 펌프 제조업체의 판도에 변화가 있을 것이다

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 기술 제휴 또는 도면 수입이라는 보다 손쉬운 방법을 통하여 펌프 사업 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 기술

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 고속, 고속 소형화를 목표로 하게 된다. 이에 따른 진동 증가에 대응하여, 배관계의 맥동 전파에 대하여도 컴퓨터에 의한 시뮬레이션이 실시되어 펌프장, 배관계를 포함한 저소음화가 꾀해지고 있다. 구조적으로도, 주기기의 간소화를 목적으로 하여 무급수 베어링, 무주수 축봉 장치, 가스 터빈 구동, 공냉식 기어 감속기의 채용에 의한 펌프의 무주수가 꾀해지고, 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 진행되고 있다. 대용량, 고향정 펌프의 3차원 내부 유동 해석에 기초한 고효율화, 용수로의 낙차 에너지 이용의 수차 구동 양수 펌프, 컴퓨터에 의한 판로 말단압 일정 제어 방식의 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 우수 펌프 분야에서는 고효율화, 무폐쇄성, 고향정화의 요구에 대응하여 임펠러 깃 수의 저감, 스크루 원심 펌프, 보텍스 펌프의 채용이 증대하고 있다.

3.2.2 발전용 펌프

지구 온난화 문제와 관련하여 펌프 효율의 개선/향

상은 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 채용에 의한 전동기 구동 급수 펌프의 변속화, 펌프 로터계의 과대 진동 방지 설계, 과대 유량 시의 흡입 특성의 향상 등이 필요하게 된다. 초초임계압(USC) 플랜트용의 40MPa 전후의 고속 고압 보일러 급수 펌프에서 베어링 간 거리의 확대에 따른 회전체의 진동 특성이 문제가 되어 웨어링부의 베어링 효과를 평가한 다음에, 내캐비테이션 재료, 비접촉 실 방식의 채용 등의 신뢰성 향상이 꾀해지고 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 수명 비용 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 플랜트용 펌프, 프로세스 펌프 등이 주요 펌프가 되어 있었지만, 최근의 경향을 보면 LNG 펌프가 다수 제작되는 반면 프로세스용은 감소하고, 디스케일링 펌프는 플러저 형식이 주류가 되고 있다. 효율 1%의 향상이 전국적으로는 엄청난가 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 저감 기술(재료 변경, 제작 방법 개선 등 주로 생산기술적인 접근)의 개발, 요

구에 맞는 제품의 단기 개발 및 제작이 추진된다.

3.2.4 그 밖의 펌프

의료용 펌프에서는 생체계와의 합치, 동력원이 과제이다. 최근 화제가 되는 펌프로서 지열수용 펌프, 로켓용 액체산소용 펌프, 액체수소 터보형 펌프, 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 고도 기술을 필요로 하는 펌프로서, 각각의 시방에 합치하는 최신 기술이 구사되고 있다. 그리고 초고압, 초고속 등, 왕복동 펌프의 적용 영역에의 터보형의 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(국제표준화기구) TC 115(펌프 관련 규격을 심의하는 위원회)에서 추진해 나가고 있다. 펌프에 관한 ISO규격은 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 공표되어 인증 받는 기업이 탄생하고 있다.

4. 펌프 기술의 장래 전망

4.1 유동 해석

연구 수준에서는, 난류 모델을 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, 진동, 유체력의

예측을 하여 진단(全段) 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, 진행 속도의 예측, 긴 수명 설계에의 응용이 기대되고 있다. 그것에 의한 침식 회피 기술(신재료, 기포 붕괴 개소의 제어, 고에너지 펌프에서도 캐비테이션 상태에서의 운전을 가능하게 함)의 확립이 기대된다.

그밖에, 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 안 된다. 이것에 의해 비정상, 이상 시의 해석이 용이하게 되고 고압, 고속 펌프의 진동 해석의 신뢰성이 향상되어 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 결합

의 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 재관화, 간략화에 의한 비용 저감이 추구하고, 내마모성, 하드 코팅(세라믹스, WC), 소프트 코팅(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 것같이 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, 상태 보전의 관점에서 운전 관리 장치를 사용하는 정량적인 보전이 시작되고 있다. 기계의 상태를 나타내는 각종의 감지 신호(소리, 진동 등)의 경향에 의한 상태 감시가 진전되고 실시간 모니터링에 의한 진동 경향 관리가 여러 모로 사용되기 시작했다. 현장으로부터의 정보가 관리자가 있는 곳에 바로 전달돼 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 제

조나 보수까지 내다보아 구조 해석, 진동 해석, 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. 결론

이제부터 한층 더 나아간 세계화 시대를 맞아 유체기계 산업도 외국 제조업체와의 기술적인 경쟁은 말할 것도 없이 가격 면에서 극심한 경쟁을 하지 않으면 안 된다. 시장의 요구는 기기에 대한 신뢰성, 에너지 절약, 가격이 핵심어이다. 이를 위해서는 제조업체로서 강한 하드 기술과 독자적인 핵심 기술을 가져야 하는 것이다. 이 기술의 확립을 목표로 하여 각 제조업체가 노력하고 산학 협동의 좋은 기회를 활용하는 것이 좋다. 동시에 엔지니어링 능력을 포함한 소프트 면에서의 충실을 기해 나가지 않으면 안 된다. 가격 면에서도, 우

리나라 펌프 산업을 에워싸고 있는 환경의 변화를 보면 원화 가치, 임금, 주물 공급 문제 등이 있어서 선진국과도, 후발 국가와도 경쟁력을 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 유체기계 산업이 살아남기 위해서는 그러한 것을 받아들이는 입장에 그냥 서 있을 것인지, 아니면 능동적으로 나서서 방법을 모색해야 할 것인지 심각하게 검토할 시점에 와 있다고 생각한다.

참고문헌

- (1) Profile of the International Pump Industry Prospects to 2004, 1999, Elsevier Advanced Technology, UK.
- (2) Pump Industry Analyst, 1997~2003, Elsevier Advanced Technology, UK.
- (3) ターボ機械, Vol. 28, No. 1, pp. 22~27.