



선박용 디젤기관

- 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 -

글 ■ 김 주 태 / 현대중공업(주) 엔진개발부, 부장 e-mail ■ jtkim@hhi.co.kr

이 글에서는 먼저 독자의 이해를 돕기 위하여 선박의 종류와 개요 그리고 선박 추진기관의 변천에 대해 간략히 언급하고 오늘날 대형선박의 대부분 주기관을 사용하고 있는 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관을 중심으로 어떻게 변천되어 왔는지를 개략적으로 서술한다.

오늘날 한국의 조선산업과 선박용 디젤기관산업은 선박 건조량과 디젤기관 생산량 면에서 일본과 함께 세계의 투톱(two-top)을 차지하고 있다.

선박은 용도에 따라 상선, 어선, 작업선, 특수선, 함정 등으로 분류할 수 있는데, 이를 보다 세분화하면 종류가 매우 다양할 뿐만 아니라 선박의 크기와 속도도 매우 다양하다. 선박에는 통상 주기관(선박 추진용 기관)과 보조기관(발전용 기관과 기타 용도의 기관)이 있다. 그리고 최근에는 대기환경의 보전을 위하여 선박에도 환경친화형 기관이 점점 요구되고 있다.

이에 따라 오늘날 선박에 사용되는 기관(주기관과 보조기관)은 크게 디젤기관, 스팀터빈, 가스터빈, 불꽃점화기관, 원자력기관으로 분류할 수 있으며, 이러한 기관의 출력과 회전수를 고려하면 그 종류는 매우 다양하며, 그 기관에 사용되는 연료도 점점 다양해지고 있다.

오늘날 대형 선박에 사용되는 대부분의 주기관은 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관이므로 이 디젤기관을 중심으로 어떻게 변천되어 왔는지를 개략적으로 서술한다. 이해

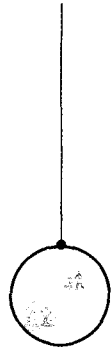
를 돕기 위하여 선박의 종류와 개요 그리고 선박용 추진기관(주기관)의 변천을 먼저 간략히 언급한다.

○ 선박의 종류와 개요

선박은 추진방식, 용도, 선체지방식, 추진기관의 종류 등에 따라 여러가지로 분류될 수 있다. 여기서는 추진기관의 종류에 따라 간략하게 분류하여 서술한다.

주기관의 종류에 따른 분류

오늘날 선박에 주로 사용되고 있는 주기관(主機關)은 디젤기관(diesel engine)이며, 가스터빈(gas turbine)과 스팀터빈(steam turbine)이 일부 선박에서 사용되며, 그밖에 원자력이나 기타 기관이 사용되고 있다. 최근 지난 2000년 1월 세계 최초로 순수한 가스기관(spark-ignition gas engine)을 주기관으로 채택한 여객선(노르웨이의 ferry인 'GLUTRA' 호)이 인도되었고,^[1] 그밖에 연료전지, 바람, 태양력 등을 이용한 선박의 추진도 연구되고 있다.



디젤기관(diesel engine)선

디젤기관은 오늘날 선박용 주기관으로 가장 많이 사용되고 있으며, 1950년대까지는 스팀터빈을 주기관으로 많이 사용하였기 때문에 이 스팀터빈선(SS 또는 S/S)에 대비되는 표시로 디젤기관을 탑재한 배의 이름 앞에 MS, M/S(motor ship), MV 또는 M/V(motor vessel)라는 글자를 붙이는 경우도 있다. 현재 일반 상선의 주기관으로 널리 사용되고 있는 디젤기관은 주로 회전수가 70~250rpm인 저속기관(低速機關, low-speed engine)과 250~1,000rpm인 중속기관(中速機關, medium-speed engine)이며, 일부 소형 선박에서 회전수가 1,000rpm을 초과하는 고속기관이 사용되고 있다. 저속기관은 오늘날 일반 상선에 가장 널리 사용되는 기관이며, 1기당 최고 140,040마력(PS)(MAN B&W의 기통수가 18인 18K98MC)까지 낼 수 있다. 현재 실제 제작되어 사용되고 있는 선박용 디젤기관의 1기당 최대 출력은 93,360마력이다. 이 기관은 현대중공업이 지난 2000년에 세계 최초로 제작 납품한 HYUNDAI-MAN B&W 12K98MC(기통수 : 12, 구경 : 980mm, 행정 : 2,660mm)이다. 중속기관은 저속기관에 비해 중량과 용적이 작고, 또한 최근의 것은 연료소비율이 낮아지고 있어서 여객선(ferry/cruise), 중/소형고속화물선 등 용적이 특히 중요시되는 선박에 주로 탑재되고 있다.

가스터빈(gas turbine)선

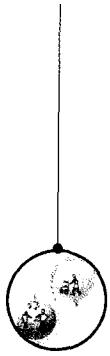
가스터빈에는 항공기용의 제트기관을 선박용으로 전용(轉用)한 형식과 육상의 산업용 가스터빈을 선박용으로 전용한 형식의 것이 있다. 현재 선박 추진용 가스터빈을 시장에 내놓고 있는 업체는 GE(General Electric Company)와 Rollce Royce를

포함하여 약 10개사이다. 일본은 선박용 가스터빈(SMGT : Super Marine Gas Turbine, 2~3MW)을 개발하기 위한 연구를 1997년부터 실시해오고 있으며,^[2] 이 SMGT의 공개 운전이 2002년 9월 12일 가와사키중공업(KHI) 아카시공장에서 실시되었다.^[3, 4]

가스터빈은 작고 가벼울 뿐만 기관의장(機關艙裝)이 간단하므로 오늘날 여객선과 소형 고속화물선에 주로 사용되고 있으며, 이러한 선박에 아직은 중속디젤기관이 보다 많이 주기관으로 채택되고 있으나, 향후 배기규제가 더욱 강화된다면 가스터빈이 보다 많이 채택될 가능성도 있다.

스팀터빈(steam turbine)선

스팀터빈이 선박 주기관으로 1894년에 건조된 "TURBINIA"가 최초이며, 이후 차츰 여러 선박에서 사용되었고,^[5, 6] 스팀터빈선은 과거 한때는 고출력을 요하는 대형 상선(대형유조선, 고속컨테이너선, 대형여객선, LNG선 등)에서는 디젤기관을 오히려 능가하기도 하였다. 그러나 스팀터빈선은 1973년의 1차 유류파동(oil crisis)으로 선박용 연료유의 가격이 3배 이상 급등하여 연료소모량에서 상대적으로 불리하였고, 고출력 저속 2행정 디젤기관의 지속적인 등장으로 대형 상선의 주기관 자리를 디젤기관에 넘겨주고, 오늘날에는 액화천연가스운반선(LNG선)에서만 주기관으로 채택되고 있다. 향후에도 스팀터빈선은 연료소모량에서 상대적으로 불리할 뿐만 아니라 선박용 이중연료 디젤기관(dual-fuel diesel engine, 경유나 중유를 점화용 pilot 연료로 사용하고 주(主) 연료로는 천연가스를 사용하는 디젤기관)의 등장으로 LNG선(액화천연가스운반선)에서조차도 주기관의 위치를 위협받지 않을까 생각된다. 일례로 최근 프랑스의 한 조



선소인 Chantier de l'Atlantique는 프랑스의 에너지회사인 Gaz de France로부터 수주한 LNG선(용량: 74,000m³, 납기: 2004년 말)에 세계 최초로 이중연료디젤기관을 이용한 전기추진시스템을 채택하였다.^[7]

원자력선

원자력기관(nuclear power plant)은 보일러에 해당하는 원자로에서 1차증기를 발생시키고, 그것을 열교환기로 보내서 안전한 2차증기를 얻어, 그것으로 증기터빈(steam turbine)을 구동하는 기관이다. 그러므로 직접추진기관인 터빈 부분은 증기터빈과 크게 다를 바 없다. 아직 상선으로서는 실험선들이 몇 척 건조되었을 뿐인데, 과거 1970년대에는 초대출력(100,000PS 이상)을 요하는 선박(초대형 화물선)에 원자력기관이 채택될 것으로 예상도 되었지만, 아직까지 현실화되지 않았다.

전기추진선

디젤기관, 증기터빈 또는 가스터빈 등으로 발전기를 돌려 얻은 전력으로 추진용 전동기를 구동하는 방식을 채용한 배이다. 전동기는 회전수의 제어가 용이하므로, 프로펠러의 회전수를 자주 바꿀 필요가 있는 선박, 저속으로 작업하는 해저전설부설선, 관광 목적의 여객선, 특수 화물선 등에 주로 사용되고 있다.

최근에 대기환경보전 노력의 일환으로 연료전지(fuel cell)를 이용하여 전력을 얻는 연구가 진행되고 있어서 2010년 이전에 선박에서도 연료전지를 볼 수 있을 것으로 생각한다.^[8, 9]

가스기관(spark-ignition gas engine)선

최근 대기환경보전에 대한 인식이 고양되어 선박에서도 보다 친환경적인 기관이 요구되고 있다. 2002년 1월, 노르웨이에서 세계 최초로 순수 가스(LNG)를 사용하는 가스기관을 주기관으로 탑재한 roro/ passenger ferry 1척이 운항에 들어갔다.^[11] 향후이 가스기관선은 많은 항구를 가지고 있는 미국과 노르웨이와 같은 국가의 ferry에 많이 채택될 것으로 여겨진다.^[10, 11]

기 타

예전에는 증기왕복동기관(蒸氣往復動機關, steam reciprocating engine)이 배의 주기관으로 널리 쓰였으나, 이제는 전혀 볼 수 없게 되었다. 또 소형어선 등에는 소구기관(semi-diesel engine)이 많이 쓰였지만, 현재는 디젤기관으로 바뀌었으며, 거의 볼 수 없게 되었다. 최근에는 풍력과 태양력을 선박에 이용하기 위한 연구가 일부에서 진행되고 있다.^[1, 10] 이미 오스트레일리아의 시드니에서는 세계 최초로 태양력(solar power)을 이용한 ferry가 2000년 6월부터 운항 중이다.^[10]

선박용 주기관 변천

선박의 추진용 기관인 주기관은 시간의 흐름에 따라 변천되어 왔다. 오늘날 선박용 주기관으로 독보적인 위치를 점하고 있는 디젤기관은 1892년에 Dr. Rudolf Diesel에 의해서 고안되어 1893년에 세계 최초로 1호기 디젤기관이 제작되었으며, 1903년에 세계 최초로 디젤기관 탑재 선박 'Petit Pierre'(프랑스, 운하 바지선)이 출현하였으나,^[12] 20세기 전반까지는 석탄을 사용하는 증기기관(증기왕복동기관 또는 스팀터빈)이 주류를 이루었고, 20세기 후반부터 주기관으로 주로 채택되어 최근에는 거의 모든 선박에 주기관으로 사용되고 있다.

앞에서도 언급한 바와 같이, 20세기 중반에는 스팀터빈이 고출력을 요하는 대형 상선(대형유조선, 고속컨테이션선, 대형여객선, LNG선 등)에 많이 사용되기도 하였으나, 1973년과 1978년의 두 차례 유류파동(oil crisis)으로 연료유의 가격이 3배 이상 급등하여 연료소모량에서 상대적으로 불리하였고, 고출력 저속 2행정 디젤기관의 지속적인 등장으로 대형 상선의 주기관의 자리를 저속 2행정 디젤기관에 넘겨주고, 오늘날에는

액화천연가스운반선(LNG선)에서만 주기관으로 채택되고 있다. 표 2에서 볼 수 있는 바와 같이 과거 한때는 대형 상선에 스팀터빈이 주기관으로 주류를 이루었다는 것을 알 수 있다.

표 3에서 보는 바와 같이 오늘날에는 거의 모든 선박에 디젤기관이 주기관으로 채택되고 있으며, 선박에 사용되는 주요 주기관은 표 4와 같다.

표 2 1963년부터 1974년까지 건조된 선박(2,000 DWT 이상, 함정 제외)⁵⁾

연 도	디젤기관선				스팀터빈선				합계		
	척수	DWT (톤수)	비율 (%)	DWT/SHIP	척수	DWT (톤수)	비율 (%)	DWT/SHIP	척수	DWT (톤수)	비율 (%)
1974	881	26,022,220	47.5	29,537	131	28,741,200	52.5	219,398	1,012	54,763,420	100
1971	1,106	20,858,470	53.3	18,859	105	18,257,510	46.7	173,881	1,211	39,115,980	100
1967	913	19,992,920	86.7	21,898	37	3,074,870	13.3	83,105	950	23,067,790	100
1963	547	7,910,980	64.6	14,462	108	4,342,190	35.4	40,205	655	12,253,170	100

(주 : 상기 비율은 선박의 DWT 기준임.)

표 3 선박의 주기관 (선박 : 2,000DWT 이상, 1975년~2000년 건조, 함정 제외)¹³⁾

연 도	저속디젤 (마력, PS)(%) (대수)	중·고속디젤 (마력, PS)(%) (대수)	디젤(합계) (%) (출력기준)	스팀터빈 (마력, PS)(%) (대수)	가스터빈 (마력, PS)(%) (대수)	계 (마력, PS)(%) (대수)
1975	7,220,560(49.2) 482	2,848,370(19.4) 621	68.6 -	4,585,000(31.24) 132	24,600(0.2) 2	14,678,530(100) 1,237
1981	7,059,680(71.0) 567	2,483,760(25.0) 575	96.0 -	400,370(4.0) 13	0(0) 0	9,943,810(100) 1,155
1987	4,157,771(74.6) 348	1,414,290(25.4) 331	100 -	0(0) 0	0(0) 0	5,572,061(100) 679
1994	7,225,097(78.1) 483	1,792,021(19.4) 338	97.5 -	230,483(2.5) 8	0(0) 0	9,247,601(100) 829
1998	12,885,871(78.3) 765	3,508,710(21.3) 497	99.7 -	43,937(0.3) 2	0(0) 0	16,438,518(100) 1,264
1999	26,479,824(75.4) 1,303	8,632,276(24.6) 1,166	100 -	0(0) 0	0(0) 0	35,112,100(100) 2,469

표 4 오늘날 선박(함정 제외)에 사용되는 주요 주기관

주기관 종류	선박 종류	기관 회전수
디젤기관(compression-ignition engine)	거의 모든 종류의 선박에 사용	저속, 중속, 고속
가스터빈(gas turbine)	일부 고속선(여객선/화물선)	초고속
스팀터빈(steam turbine)	액화천연가스(LNG) 운반선	초고속

주) 불꽃점화가스기관(spark-ignition gas engine)
: 이 기관은 천연가스를 사용하는데 기존의 액체연료를 사용하는 디젤기관에 비하여 질소산화물(NOx)과 이산화탄소(CO₂) 및 입자상물질(PM)이 적게 배출되는 환경친화형이다.

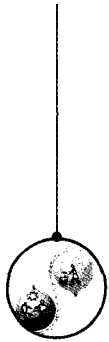


표 5 선박용 디젤기관의 종류

분 류	디젤기관 종류	비 고
작동 사이클	2행정 디젤기관	저속과 일부 중·고속 기관
	4행정 디젤기관	거의 대부분의 중·고속 기관
기관회전수	저속 디젤기관	크로스헤드형 기관과 일부 트랭크피스톤형 기관 정격회전수 250rpm 이하
	중속 디젤기관	정격회전수 250~1,000rpm
	고속 디젤기관	정격회전수 1,000rpm 초과 (통상 3,500rpm 이하)
사용 연료	액체연료 디젤기관	거의 대부분의 기관, 연료(선박용 중유 또는 경유)
	이중 연료 디젤기관	주연료(가스연료), 점화용연료(액체연료)
	가스연료 디젤기관	천연가스/바이오가스
크로스헤드 유무	크로스헤드형 디젤기관	저속 기관
	트랭크피스톤형 디젤기관	거의 대부분의 중·고속 기관
과급기 유무	과급 디젤기관(1단 또는 2단)	저속과 중속, 거의 대부분의 고속 기관
	무과급 디젤기관	극히 일부분의 고속 기관

○ 선박용 디젤기관의 종류

앞에서도 언급한 바와 같이 디젤기관은 선박에서 가장 널리 채택되는 주기관일 뿐만 아니라, 보조기관으로서도 가장 널리 채택되는 기관으로 여러가지로 분류할 수 있다.

오늘날 선박용 디젤기관은 작동 사이클(cycle), 기관회전수, 사용연료, 크로스헤드 유무, 과급기유무 등에 따라 여러가지로 분류할 수 있다.

○ 선박용 디젤기관의 탄생과 저속 2행정 디젤기관 주요 약사^[12, 14]

독일 MAN 사는 1893년에 DIESEL 씨와 실험용 디젤기관 제작에 관한 계약을 체결하였고, 세계 최초로 시험용 디젤기관(1호기 : 1기통, 구경 150mm, 행정 400mm, 압축압력 30기압, 크로스헤드형)을 제작하여 1894년에 처음으로 운전을 하였다. 그 후 1895년에 2호기 디젤기관(1호기를 수정/재제작) 제작하여 시험을 하여 효율 16.5%를 얻었으며, 그 후 계속하여 시험을 거쳐서 세계 최초로 디젤기관에 대한 공식 시험(2호기, 출

력 17.8PS, 효율 26.2%, 연료소모율 238g/PSH)을 실시하였다.

오늘날 선박용 저속 2행정 디젤기관의 대표적인 SULZER 사(현 WARTSILA, 스위스)는 1893년에, B&W 사(현 MAN B&W, 덴마크)는 1898년에 제조권을 획득하였다.

SULZER 사는 1897년에 1호기(1기통, 4행정, 20PS, 구경 260mm) 제작을 시작하여 1898년에 시험을 실시하였으며, B&W 사는 1903년에 1호기(4행정)를 생산하였다. 한편 일본의 미쯔비시중공업(MHI)은 앞의 두 개사보다는 늦은 1917년에 1호기를 생산하였다.

선박용 디젤기관을 보면, 20세기의 시작과 함께 선박에 사용되기 시작하여 오늘날에는 선박에서 가장 많이 사용되는 기관이 되었다. 1903년에 세계 최초로 디젤기관(1기통, 25마력)이 탑재된 선박(프랑스의 운하바지선)이 등장하였으며, SULZER 사는 1905년에 세계 최초로 2행정 디젤기관을 개발하여 1908년에 최초로 2행정 디젤기관(90PS, 4기통, 가역(可逆)을 제작/전시하였고, MAN 사는 1907년에 가역 4행정 선박용 디젤기관을 납품하였다. 1912년에는 SULZER 사 최초의 2행정/크로스헤드형 디

젤기관이 탑재된 선박(1969년 폐선 처리)이 운항을 개시하였으며, 한편 1912년에는 B&W 사가 제작 납품한 4행정 디젤기관 두 대가 탑재된 대양항해선박 'M/S SELANDIA' 호가 인도되어 성공적으로 처녀 항해(영국→태국 왕복)를 하였다.

○ 선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤 기관

앞의 표 3에서 알 수 있는 바와 같이 저속 디젤기관은 오늘날 대형 선박에서 가장 많이 채택되는 주기관이다. 여기에서 이 저

표 6 선박용 저속 2행정 디젤기관 약사(略史)^{1)2, 14)}

연도	MAN B&W	WARTSILA(SULZER)	한국, 일본, 기타
1892			Dr. Rudolf Diesel 특허 출원
1893	MAN(기술 제휴)	특허 사용계약(스위스에서만 판매)	Dr. Rudolf Diesel 특허 득함
	MAN(세계 최초 1호기 디젤 제작) (1기통/구경150mm/행정400mm/ 압축압력30기압/크로스헤드)		
1897	최초 공식 디젤 승인시험(2호기) (효율26.2%/238g/bhph/17.8마력/ 154rpm)(추후 계속된 효율 30.2% 달성)	Mr. Sulzer 참관	디젤의 제후사를 포함 다수 참석
		1호기 제작 시작	기술 제후사들 디젤 제작 시작
1898	B&W(기술 제휴)	1호기 운전 (1기통/4행정/20마력/구경260mm/ 행정410mm/160rpm/248g/bhph)	
1901	MAN(無크로스헤드/4행정 디젤)		
1903	B&W(1호기 생산)	Diesel 씨와 기술 제휴(전 세계) 디젤(D type) 생산/판매 시작	최초로 디젤(1기통/25마력) 탑재 선박 등장
1905		세계 최초 2행정 디젤 개발	
1907	MAN(가역/4행정/박용 디젤 납품)		
1908		최초 2행정 디젤 제작/전시 (90마력/4기통/가역 박용 디젤)	
1912	단동/크로스헤드/4행정/역전 디젤	Sulzer 최초의 박용/2행정/크로스헤드 디젤 탑재 선박 운항 개시(1969년 폐선 처리)	
	B&W(세계 최초 디젤기관 탑재 대양항해선박 "M/S Selandia" 인도) (4행정, 2대, 총 출력 약 2,500 hp)[1]	1S100 실험엔진 시험(1915년까지) (구경1,000mm/행정1,100mm/1기통/ 2행정/2,000마력) 최초로 중유로 엔진 운전	
1916			미쯔비시(1호기 생산)
1920			미쓰이(B&W와 기술 제휴)
1921	복동/4행정 디젤 시험		
1922	Supercharging(전기구동 blower)	복동/2행정 디젤 연구 시작	
1924	B&W(최초 복동/4행정 디젤 제작)		
	MAN(최초 배기터보과급/4행정 디젤 개발)		
1928	B&W(1기통/복동/2행정/Uniflow소기 디젤 시험)		
1929	복동/2행정 디젤(6,000마력) 탑재	DZ90 디젤 운전 시작 (구경900mm) (1기통/복동/2행정/연구디젤엔진)	
1933	2행정/Uniflow소기/저속디젤 1호기 제작		
1950	MAN(4행정/고압과급/효율 약 45% 디젤 시운전)	Heavy fuel 연소 설계 엔진(RS type)	



연도	MAN B&W	WARTSILA(SULZER)	한국, 일본, 기타
1952	세계 최초의 터보과급 디젤 (674VTF160, 7500마력)		
	터보과급 도입(저속/2행정)		
1955		WARTSILA(1호기 디젤 생산)	MHI(자체 설계 디젤 UEC)
1976	Long stroke 2행정 디젤 (L-GF: 행정/구경비 2.5)		
1978	정압과급/2행정/Uniflow 디젤 (L-GFC type)	WARTSILA(Vasa 32 개발)	쌍용중공업 : 디젤 1호기 제작
1979	회전/공기스프링 배기밸브 시험 (최초)		현대중공업 : 저속 2행정 디젤 1호기 제작(9,300마력)
1980	Lay-out flexibility 도입/연료소모율 140g/bhph 이하 달성(L-GFCA type)		1차(1973년)와 2차(1978년)의 두 차례의 석유파동으로 연료 절감 디젤 개발 경쟁 본격화
	MAN 사가 B&W사를 합병		
1984	MAN의 대형 디젤 부문을 B&W DIESEL A/S에 통합 -덴마크: 저속 2행정 디젤 -독일: 4행정 디젤		한국중공업(현 HSD) : 1호기 저속 2행정 디젤 제작
1992			현대중공업 : 누적생산 1,000만 마력 달성 (저속 2행정 디젤기관)
1995			삼성중공업(현 HSD) : 1호기 저속 2행정 디젤 제작
1997	K98MC 엔진 발표		DU(11RTA96C 공장시운전)
1999	MC엔진 누계(납품/주문) 약 5,500대 (약 8,500만 마력)	RT-flex 디젤 (검축 무, 전자제어) : 저속/2행정/Common rail	HSD 탄생 : 삼성/한국중공업 디젤 통합
2000	전통적인 디젤기관을전자제어 기관으로 개조한 디젤기관 실선(實船) 시험 개시 (6L60ME 기관, 10,000시간 시험 예정)		현대중공업 : 세계 최대 디젤 제작 (12K98MC, 93,360마력) 노르웨이 : 세계 최초로 순수 가스기관 (spark-ignition)을 주기관으로 채택한 Ferry 운항 시작
2001		RT-flex 디젤기관 탑재 선박 운항 개시 (현대미포조선 건조) (6RT-flex58T-B, 구경 : 580 mm)	현대중공업 : 세계최초 RT-flex 제작 (6RT-flex58T-B, 2001년 1월)
2002	전자제어 디젤기관 수주 (7S50ME-C) (6S70ME-C) (육상시운전: 2003년 예정)	최신 7RT-flex60C 시험 시작 (실린더 구경: 600mm) (이탈리아 Trieste 공장)	현대중공업 : 누적생산 3,830만 마력 달성 예상 (저속 2행정 디젤기관)HSD : 누적생산 2,330만 마력 달성 예상 (저속 2행정 디젤기관)

속 디젤기관의 설계회사와 제작회사 및 설계에 관하여 간략히 설명한다.

선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 설계회사와 제작회사

선박용 디젤기관의 생산은 설계와 제작을

겸하는 회사와 기술을 제공받아서 순수하게 제작만 하는 회사에서 행하여 이루어진다.

주요 저속 2행정 디젤기관 설계회사는 표 7과 같다. 표 7을 보면 1970년대에는 일곱 개의 회사가 있었으나, 1980년대 후반부터는 오늘날과 같이 세 개 회사만이 시장에

표 7 저속 2행정 디젤기관 생산량과 브랜드(설계회사)별 생산비율 (1975년 ~ 2000년)¹³⁾

연도	저속 디젤 생산량 (출력, PS)	브랜드별 생산 비율						
		SULZER	B&W	MAN	MHI	GMT	DOXFORD	DAILIAN/ HUDONG
1975	7,220,560	50.99	36.44	6.70	3.05	2.34	0.48	0
1980	5,713,773	51.06	27.12	12.28	7.72	1.38	0.45	0
1985	6,840,669	34.78	55.42	-	9.17	-	-	0.26
1995	9,953,417	25.2	65.4	-	9.5	-	-	-
1999	26,479,824	25.8	66.6	-	7.52	-	-	-
2000								

비고)

1. B&W : MAN이 1980년에 B&W를 흡수하여 MAN B&W 탄생.
2. SULZER : WARTSILA가 1997년에 SULZER를 인수함. 브랜드는 계속해서 SULZER를 사용.
3. MHI : 미쯔비시중공업.

(주: 상기 자료는 2,000 DWT 이상 건조 선박 탑재 주기관의 생산량 기준임.)

저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관을 내놓고 있다.

한편 오늘날 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관을 생산하는 주요 제작사는 한국의 세 개 회사(현대중공업, HSD, STX), 일본의 여덟 개 회사(미쓰이, Diesel United, 미쯔비시, 가와사키, 히타치, 고베, 아카사카, 마키타), 중국의 네 개 회사(DMD, HHM, SSD, YMD) 및 유럽의 네 개 회사[MAN B&W(덴마크), CHP(폴란드), Izar(스페인), WARTSILA(이탈리아)]이다. 오늘날 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관은 한국과 일본에서 대부분 생산하고 그 뒤를 중국이 따르고 있다. 표 8은 한국과 일본의 2001년 1년 동안 생산한 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 생산 실적을 보이고 있는데, 한국의 세계 제작사가 약 890만 마력(PS)을 생산하였고, 일본의 여덟 개 제작사가 약 554만 마력(PS)을 생산하여, 한국이 일본을 상당한 격차로 능가하고 있다는 것을 알 수 있다. 한국은 이제 선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 생산량에서 이미 세계 1위를 차

지하고 있으며, 중국의 선박용 디젤기관 생산 업체들이 선박의 건조량 증가에 대응하여 선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 생산 설비를 증설하고 있지만, 향후에도 상당기간 계속해서 세계 1위를 차지할 것으로 여겨진다.

특히 한국의 현대중공업은 지난 1990년도부터 10년 이상 계속해서 세계 최대의 선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 제작업체로서 그 위상을 확고히 해오고 있으며, 2002년과 2003년에도 그 자리를 계속 유지할 것으로 예상되며, 그 이후에도 계속해서 그 위상을 유지하기 위하여 노력하고 있다.

선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 변천

디젤기관 개발 초기에는 B&W 사와 SULZER 사 모두 디젤기관은 2행정 아니라 4행정이었으나, 오늘날은 선박 주기관용으로 사용되는 저속 디젤기관은 극히 일부를 제외하고는 모두 2행정 크로스헤드형이다.

저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 성



표 8 한국과 일본의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 생산 실적(2001년)

국 가	주요 저속 2행정 디젤기관 생산 회사(한국, 일본)	생산량(출력, PS) (2001년 공식시운전 기준)	비고
한국	현대중공업	5,003,000	세계 1위
	HSD	3,806,000	세계 2위
	STX	89,000	
	계(한국 3개 제작사)	8,898,000	
일본	미쓰이	2,178,000	세계 3위
	미쯔비시	326,000	
	DU(Diesel United)	769,000	
	히타치	658,000	
	가와사키	847,000	
	고베	423,000	
	아카사카	193,000	
	마키타	147,000	
	계(일본 8개 제작사)	5,542,000	

능은 시장의 요구에 따라 계속해서 변화되어 왔다. 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 설계회사 3사 중에서 100년 이상의 역사를 가진 SULZER(현 WARTSILA, 스위스)의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관을 위주로 어떻게 변천되어 왔는가를 간략히 설명한다.

과거 30년은 선박용 디젤기관의 격변기라 할 수 있는데, 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 기술 개발은 선박의 대형화에 의한 고효율화와 1970년대의 두 차례의 유류 파동으로 운항비 절감을 목적으로 고효율화, 즉, 연료소모량 감소를 위한 연구가 활발히 진행되었고, 그밖에 여러가지 성능, 설계 등이 변천되어 왔으며, 1990년대 후반부터는 대기환경보전의 역할이 선박용 디젤기관에도 부과되기 시작되었다. 지난 30년 동안의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 기술 개발의 특징을 다음과 같이 요약할 수 있다.

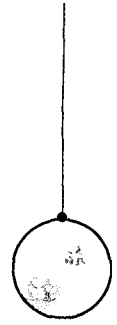
- ▼ 고효율화, 초장행정화, 평균유효압력 증가, 실린더 최고 압력 증가, 과급기

의 고효율화, 고효출력화

- ▼ 정격출력 선택범위 확장
- ▼ 신뢰성 향상, 정비주기의 증가, 재질의 개선 및 전반적 설계 기술 향상, 제조 단가의 하락
- ▼ 질소산화물을 비롯한 유해 배출물 제어 기술 발달, 진동과 소음 제어 기술 발달

(1) SULZER 사 저속 2행정 디젤기관의 주요 기술 변천

1930년대에 오늘날과 같은 무기분사(無氣噴射, airless injection)가 도입되었고, 1950년대에 중유가 사용되기 시작되었고 또한 터보과급이 도입되었다. 그 후 1980년대 초에 오늘날의 RTA 기종이 도입되면서 그때까지의 루프소기(loop scavenging) 방식 대신에 B&W와 같은 유니플로소기(uni-flow scavenging) 방식을 채택하였는데, 이것은 1973년과 1978년 두 차례의 유류 파동으로 선박용 연료유의 가격이 급격하게 인상되어 유니플로소기방식이 연료소모량



측면에서 보다 우수하여 때문이었다. 이 유니플로소기 방식은 B&W가 1933년에 처음 도입하였는데 오늘날까지도 계속해서 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 설계회사 3사 모두가 채택하고 있다.

특히 1990년대 말에는 환경친화형 기관으로 common rail 시스템을 이용한 전자제어(연료분사와 배기밸브 개폐)를 하는 RT-flex 기관(캠이 없는 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관)을 도입하였는데, 이 기관은 저부하에서 중유 사용하여도 가시매연이 없다. 현대중공업은 세계 최초로 이 RT-flex 기관인 6RT-flex58T-B(정격출력 : 15,334마력, 정격회전수 : 93rpm, 실린더수 : 6, 실린더 지름 : 580mm, 피스톤행정 : 2,416mm, 평균유효압력 : 19.0bar, 최고연소압력 : 150bar)를 2001년 1월에 성공적으로 육상 시운전을 완료하였고, 또한 현재 세계에서 RT-flex 기관을 가장 많이 고객으로부터 제작 주문을 받아 놓고 있다.

한편 MAN B&W 사의 전자제어기관은 ME(또는 ME-C)인데, 2003년도에 최초로 육상공식시운전이 예정되어 있고, 일본의 MHI 사는 아직 전자제어기관을 출시하지 않고 있다.

(2) SULZER 사 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 주요 설계 변천

저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 최고 연소압력은 1940년대 52bar이었지만, 1999년에 출시된 SULZER RT-flex60C(구경 : 600mm, 행정 : 2,250mm, 출력 : 3210PS/cyl, 회전수 : 114rpm) 기관의 최고연소압력은 155bar이며, 이 압력은 오늘날 시장에 나와 있는 구경이 300mm 이상인 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 중에서 가장 높는데, MAN B&W의 구경이 260mm인 S26 디젤기관은 170bar로 현재 모

든 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 중에서 가장 높다. 지난 1990년대 상반기에 SULZER에서 연구용으로 사용하였던 RTX 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관은 최고연소압력이 180bar이었다. 선박용 저속 2행정 디젤기관 설계회사는 1970년대 두 차례의 유류파동을 겪으면서 연료소모량을 줄이기 위해서 최고 연소압력을 급격히 증가시켰다. 한편 최신 기종의 중속 박용디젤기관은 최고연소압력이 200bar 전후이다.

오늘날 MAN B&W의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 최고연소압력은 140~150bar이며, SULZER 디젤기관은 140~155bar이다.

평균유효압력은 디젤기관의 여명기인 1890년대 SULZER 디젤기관의 경우 약 5bar이었고, 1970년대 상반기까지는 약 10.5bar 전후이었으나, 최고연소압력과 마찬가지로 1970년대 두 차례의 유류파동을 겪으면서 평균 유효압력도 급격히 증가되었다. 현재 출시되고 있는 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 중에서 가장 높은 평균 유효압력은 앞에서 언급한 SULZER RT-flex60C 기관의 19.5bar이다. 한편 최신 기종의 선박용 중속 디젤기관은 대부분 평균 유효압력이 20~25bar 정도이고, 최고 약 30bar이다.

오늘날 MAN B&W 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 평균 유효압력은 18.0~19.0bar이며, SULZER 디젤기관은 17.9~19.5bar이다.

SULZER 사 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 최고 연소압력과 평균 유효압력의 변천(1940년대~2000년)이 그림 1에 나타나 있다.

SULZER 사는 1970년대 두 차례의 유류파동을 겪으면서 연료소모량을 줄이기 위해서 행정/구경비를 최고 연소압력과 마찬가지로

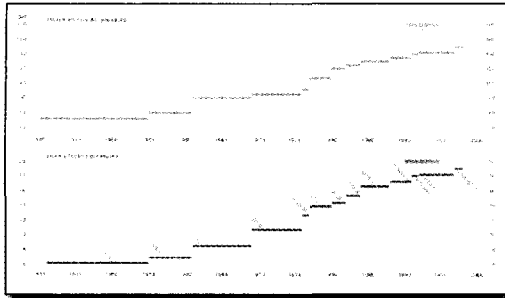


그림 1 SULZER 사 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 최고 연소압력과 평균 유효압력 변천(40년대~00년)

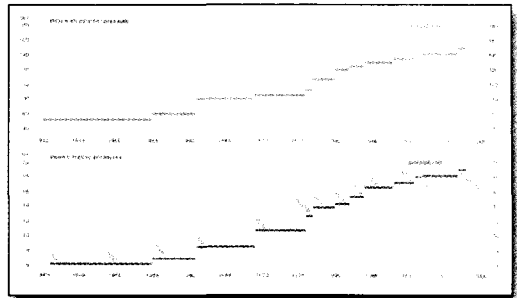


그림 2 SULZER 사 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 행정/구경 비, 평균 피스톤 속도와 연료소모량 변천(40년대~00년)

지로 대폭 증가시켰다. 오늘날 MAN B&W의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 행정/구경비는 2.4~4.2이며, SULZER 디젤기관은 2.6~4.2이다.

평균 피스톤 속도도 꾸준히 증가되어 왔으며, 오늘날 MAN B&W의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 평균 피스톤 속도는 7.4~8.5m이며, SULZER 디젤기관은 7.8~8.6m이다.

1970년대 두 차례의 유류파동으로 연료비가 차지하는 비율이 선박의 전체운항비의 약 50%를 차지하게 되어 연료소모량을 저감시키는 것이 매우 중요하게 되어 1970년대와 1980년대는 연료소모량을 줄이기 위한

노력이 가속화되었다.

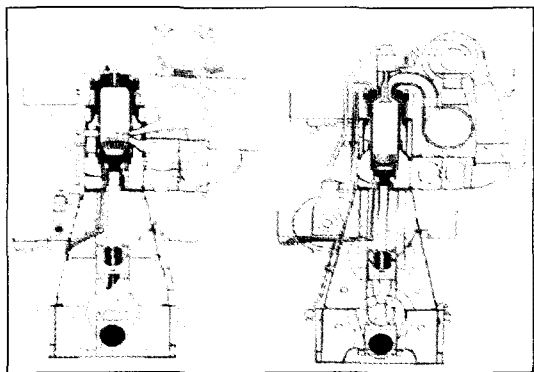
선박용 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 출력

오늘날 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 출력은 시장의 요구에 발맞추어 계속 증가되어 왔다. 오늘날 선박용 주기기관으로 가장 널리 채택되고 있는 MAN B&W MC/MC-C 기관의 출력은 표 9와 같다.

그림 3에 SULZER 사의 루프소기형과 유니플로소기형의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관의 단면을 나타내었다.

표 9 MAN B&W MC/MC-C 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 (2002년)¹⁾

	실린더 지름 (mm)	실린더 수	출력(PS/cyl)	최대출력(PS/기관)
K98MC	980	6~18	7,780	140,040
K90MC	900	4~12	6,220	74,640
L80MC	800	4~10	4,940	49,400
K80MC-C	800	6~12	4,900	58,800
S70MC-C	700	4~8	4,220	33,760
S60MC-C	600	4~8	3,070	24,560
S50MC	500	4~8	1,940	15,520
S46MC-C	460	4~8	1,785	14,280
L42MC	420	4~12	1,355	16,260
S35MC	350	4~12	1,010	12,120
S26MC	260	4~12	545	6,540



RL engine (1977) RTA84 engine (1982)
 그림 3 SULZER 사 루프소기형(왼쪽)과 유니플로소기형(오른쪽)
 의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 단면

○ 한국 선박용 저속 2행정 크로스헤드형
 디젤기관 제조업체의 과제^[6]

앞에서도 언급한 바와 같이 오늘날 한국은 세계 제1위의 저속 2행정 크로스헤드형 디젤기관 생산국의 위치를 차지하고 있다. 일본은 경쟁에서 살아남기 위해서 끊임없이 노력을 하고 있으며, 최근 중국도 급속도로 선박용 디젤기관 생산 설비를 증가시키고 있다. 이러한 상황에서 향후에도 세계 제1위의 위치를 계속 유지하기 위해서 더욱 노력할 것이다.

이제는 무엇보다도 제조업체간에 연구/개발, 설계, 생산, A/S, 구매 등 다방면에서 상호 협력하여 기술, 원가, 품질, 제조기간, A/S 등 모든 면에서 고객만족을 더욱 지향하여 나아가야 할 것이다. 이러한 모든 분야에서 동시에 협력 체계를 구축한다는 쉬운 것은 아니라고 여겨지지만, 손쉬운 분야부터 차근차근 실시해 나아가면, 결코 불가능한 것은 아닐 것이다.

그리고 오늘날 업체와 학교, 연구소간의 연구/개발에서 부분적으로 협력이 되고 있지만, 향후에는 업계, 학교, 연구소와 정부가 보다 장기적이고 깊이 있는 협력 체계를 구축하여야 할 것으로 여겨진다.

[참고문헌]

- [1] Magazine "THE MOTOR SHIP" (2000년 5월)
- [2] Magazine "MER" (2000년 2월)
- [3] 일본 "해사프레스(海事Press)" (2002년 9월 10일)
- [4] 일본 "일본공업신문" (2002년 9월 17일)
- [5] Magazine "THE MOTOR SHIP" (1975년 1월)
- [6] 한국박용기관학회지 (2002년 9월호)
- [7] Wartsila news release "LNG carrier breakthrough for Wartsila" (2002년 4월 3일)
- [8] Magazine "THE MOTOR SHIP" (2002년 7월)
- [9] Magazine "THE MOTOR SHIP" (2002년 10월)
- [10] Magazine "THE MOTOR SHIP" (2001년 9월)
- [11] Magazine "THE MOTOR SHIP" (2002년 2월)
- [12] WARTSILA "From The Mountains To The Seas, The SULZER Diesel Engine"
- [13] Magazine "THE MOTOR SHIP" (1996년 ~ 2001년)
- [14] MAN B&W "Diesel news" (150th Anniversary issue, 18th February 1993)