

제22차 CIMAC 대회 전체 개요

Outline of the 22nd CIMAC Congress



유 승 남
S. N. LYU

- 1950년 7월 10일생
- 현대중공업 엔진사업본부 이사
- 한국내연기관협의회 부회장



이 돈 출
D. C. LEE

- 1959년 1월 9일생
- 한국중공업 엔진사업본부 차장

1. 개 요

금번 대회는 1998년 5월 18일부터 21일까지 덴마크 코펜하겐에 위치한 벨라(Bella) 센터에서 개최되었다. 덴마크 CIMAC(International Council on Combustion Engines) 조직위원장이며 현 MAN B&W A/S 사장인 라스 홈브라드씨의 환영사를 시작으로 총 155편(특별 강연 2, 토론회의 3편을 포함)의 논문이 발표되었으며, 각 전문 분야별 분류는 Table 1에 보인다. 31개국에서 총 694명이 참가하였으며 이를 다시 국가 및 직업별로 분류하면 Table 2, 3과 같다. 한국은 1996년 국내 대형 디젤 엔진 제작 4사(현대중공업, 한국중공업, 삼성중공업, 쌍용중공업), 학교 및 관련 기관단체들을 중심으로 하여 CIMAC 가입추진위원회를 조직하였다. 이어 1997년 국가 회원 자격으로(National Members Association) CIMAC의 정식 회원국에 가입하게 되었다. 한국은 금번 대회에 정

Table 1 Distribution on sessions

Session	Description	Paper No.
1	State of the art - diesel engines	19
2	State of the art - gas turbines	1
3	Users sessions	10
4	Diesel sessions on fuel and tribology	18
5	Specialists sessions on combustion and dynamics	11
6	Joint diesel and gas turbine session on engine management	2
7	Emission and noise sessions	24
8	Diesel sessions on lubricants, gear and shafts	8
9	Diesel sessions on fuel injection and component design	10
10	Joint diesel and gas turbine sessions on turbochargers	13
11	Session on gas turbines - emission and environment	5
12	Sessions on engine systems	8
13	Sessions on gas engines	9
14	Sessions on gas turbine design, development and advanced technology	7
15	Sessions on cogeneration combined cycles	5
Total		150

식회원으로 9명이 참가하여 3편의 논문을 발표하였다. 최근 환경에 대한 관심이 높아지고 2000년 1월부터 IMO의 NOx 규제에 의하여 Table 1에

서 보는 바와 같이 유해 배출물과 연료 계통의 논문이 우세를 보였다.

2. 피스톤 엔진

Table 2. Distribution on nationality

Country	Partici pants	Country	Partici pants
Denmark	124 (26)	Belgium	7 (1)
Germany	100 (14)	China	5 (1)
UK	64 (13)	Greece	5 (1)
Japan	57 (8)	Poland	6
USA	40 (7)	Faroe Is.	5
Norway	40 (7)	Singapore.	5
Sweden	36 (8)	Czeck Re.	3
Switzerland	33 (10)	S. Africa	3
Netherlands	32 (9)	Canada	2 (1)
France	35 (1)	Kuwait	1
Austria	25 (5)	Rumania	1
Spain	20 (3)	Cyprus	1
Finland	15 (3)	Jamaica	1
Russia	9 (2)	Slovenia	1
Korea	9	India	1
Italy	9	Total No.	694 (120)

() : Accomp. persons

Table 3. Distribution on profession

Company type	Participants
Engine builders	187
Component suppliers	84
Turbocharger makers	52
Oil companies	98
Shipyards & shipowners	52
Power plant suppliers & operators	29
Technical press	8
Consultants	21
Organizations	36
Universities	85
Various & unkonown	42
Total number	694

Table 4. Main data for K98MC/MC - C and S - MC - C engine types

Engine type	K98MC	K98MCC	S46MCC	S50MCC	S60MCC	S70MCC
Bore(mm)	980	980	460	500	600	700
Stroke(mm)	2660	2400	1932	2000	2400	2800
Stroke/bore ratio.	2.71	2.45	4.2	4.0	4.0	4.0
Mean pist. speed(m/s)	8.3	8.3	8.3	8.5	8.4	8.5
Mean effec. press.(bar)	18.2	18.2	19	19	19	19
Speed(r/min)	94	104	129	127	105	91
Output/cylinder(bhp)	7780	7760	1785	2145	3070	4220
SFOC(g/bhph)	128	128	128	126	125	124

2.1 대형 저속 디젤엔진

저속 엔진의 최대 제작자인 MAN B&W Diesel 사는 최근 개발한 K98MC/MC - C와 SMC - C 시리즈 엔진을 소개하였으며, 주요 데이터는 Table 4에 보인다. 여기서 K98MC/MC - C 엔진은 초대형 컨테이너선 시장을 목표로 개발되었다. 동일 마력이 소요되는 선박에서 기존 K90MC/MC - C 엔진 대신 적은 실린더 수의 이 기종의 엔진을 적용하면 엔진의 전체 길이가 줄어들게 된다. 따라서 화물적재 공간이 늘어나게 되며, 또한 유지보수비가 적게 들어 보다 경제적이다. 실린더 당 최대마력을 갖는 K98MC 엔진은 선주사로부터 이미 발주되어 현대중공업에서 처음으로 제작 공급될 예정이다.

SMC - C 기종은 고출력을 갖는 신뢰성 있는 엔진을 목표로 개발되었으며 기존 SMC기종보다 엔진의 전체 길이를 짧게 하고 경량화 하였다. 이 기종은 최근 시험 운전 및 제작·인도되고 있으며, 엔진의 주요 특성은 다음과 같다.

(1) 엔진구조

Fig. 1과 같이 기존 'Single' 대신 'Twin' 스테이(Stay) 볼트를 적용하여 주 베어링 변형을 감소시켰으며, 크로스헤드(Crosshead) 가이드(Guide)의 변형이 작도록 하여 가이드 슈(Shoe)와 마찰을 줄였다. 또한 홀딩다운(Holding down) 볼트는 베드 플레이트밖에 위치하도록 하여 조선소에서 설치 작업이 편리하도록 하였다.

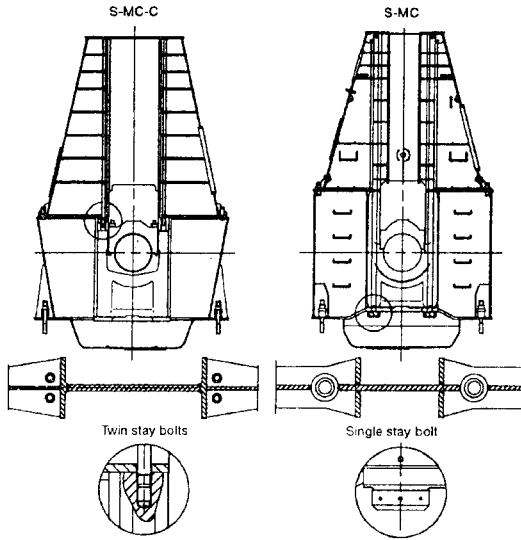


Fig. 1 Staybolt design for SMC - C and SMC engines

(2) 연소실 · 실린더라이너 및 커버 · 피스톤

평균유효압력의 증가로 인한 신뢰성 확보와 정기적인 분해검사 기간의 연장을 위하여 연소실을 Fig. 2와 같이 변경하였다. 이 변경된 설계는 실린더 라이너의 마모율이 감소하고 저온 부식을 방지할 수 있다. 또한 피스톤은 'High topland' 를 적용하고, 첫 번째 피스톤 링은 CPR(Controlled pressure relief) 링을 적용하였다.

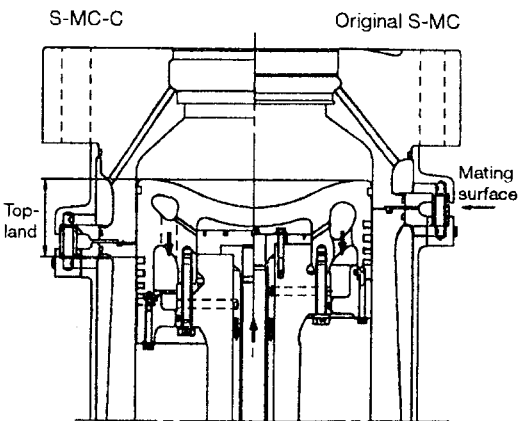


Fig. 2 Combustion chamber design for SMC C and SMC engines

(3) 추력베어링 · 크랭크축 · 베어링

추력 베어링의 길이를 감소시키고 이를 지지하는 구조를 보강하였다. 크랭크축의 저어널 및 핀의 직경과 강성을 증가시켰다. 주 베어링의 소재는 기존 화이트 메탈 대신 알루미늄 계의 Sn40Al 박판 베어링을 적용하였다.

(4) 연료분사장치

연료펌프 프런저를 Fig. 3과 같이 변경하였다. 이때 바렐과 프런저 사이의 접촉면이 증가하여 점성이 낮은 연료사용시 서로 고착되는 것을 방지할 수 있다. 또한 'Mini - sac' 타입의 연료분사 노즐을 사용하여 저 부하에서 연소실의 오염을 방지하도록 하였다.

MAN B&W와 경쟁사인 Wärtsilä New Sulzer

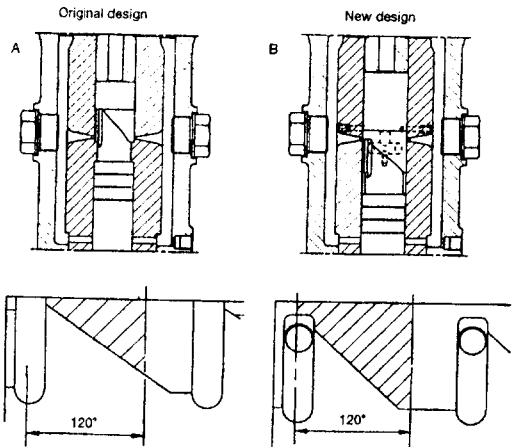


Fig. 3 Fuel pump plunger

사는 1981년 처음으로 RTA 시리즈 엔진을 소개한 이래 다양한 기종의 엔진을 계속 개발하여 왔다. 이 개발 엔진의 기종별 최대실린더 폭발압력, 평균유효압력 및 피스톤의 평균속도는 Fig. 4에 보이며, 기종별 주요 특성은 다음과 같다.

(5) RTA - C엔진

RTA84C엔진은 대형 컨테이너선을 목표로 1988년 처음 소개되었으며 현재까지 157대 엔진이 운전 중에 있다. 내구성 및 신뢰성이 높은 기종은 선주사로부터 상당히 좋은 평판을 받고 있다.

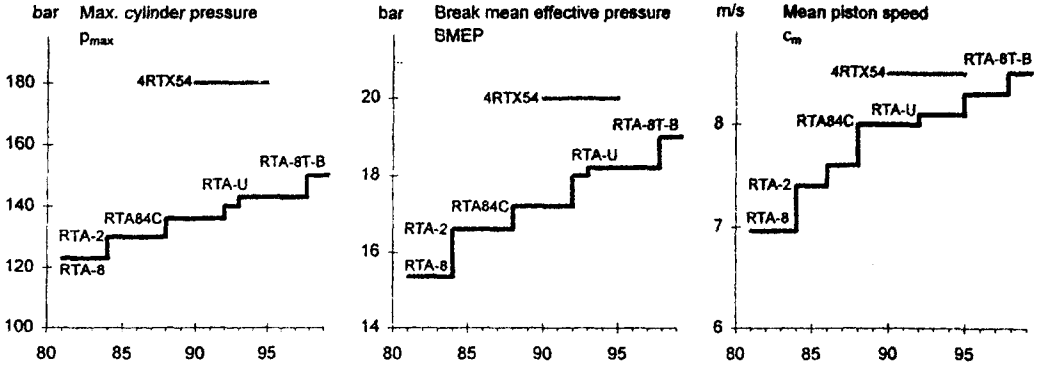


Fig. 4 Key parameter of the Sulzer RTA series engines

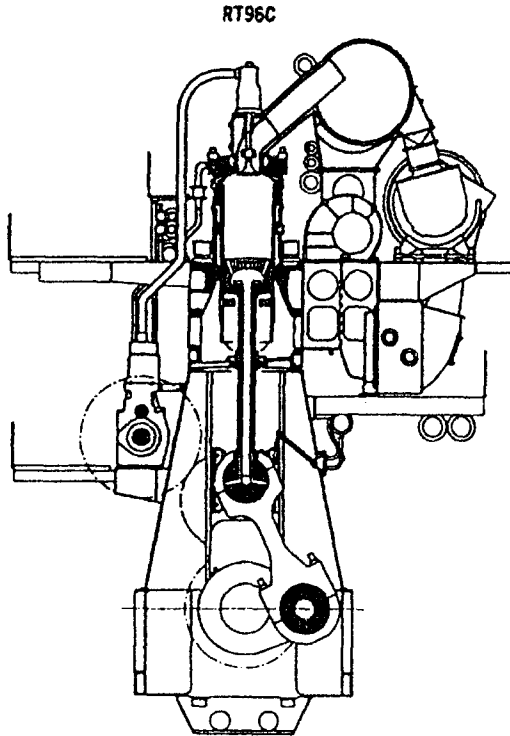


Fig. 5 Cross section of Sulzer RTA96C engine

이어서 초대형 컨테이너선을 목표로 1994년 RTA96C엔진을 개발 소개하였다. 횡단면도는 Fig. 5에 보이며, 지금까지 엔진 제작 사상 가장 큰 출력을 갖는 12RTA96C엔진은 일본 DU사(Diesel United)가 1997년 제작 공급하여 현재 운전 중에 있다.

(6) RTA-U엔진

이 기종은 1992년 Wärtsilä New Sulzer가 기존 RTA-2시리즈 엔진을 기본으로 하여 평균유효압력과 최대폭발압력 및 엔진회전수를 증가시키고 관련 부품을 일부 개선하여 소개하였다. 이어 1996년 일부 부품들을 고객의 요구에 적합하도록 개선하고 3%정도 출력을 증가시켜 RTA-T엔진과 함께 RTA-U-B 시리즈로 개칭하였다. 이들의 주요 재원은 Table 5와 같다.

Table 5. Main parameters for RTA-U-B engines

Engine type	RTA52UB	RTA62UB	RTA72UB
Bore(mm)	520	620	720
Stroke(mm)	1800	2150	2500
Stroke/bore ratio	3.46	3.47	3.47
Mean pist. speed(m/s)	8.2	8.2	8.2
Mean effec. press.(bar)	18.3	18.4	18.3
Speed(r/min)	137	115	99
Output/cylinder(bhp)	2175	3110	4190
SFOC(g/bhph)	128	127	126

(7) RTA-T엔진

이 기종은 항해속도 14~16 노트 정도의 벌크와 탱커선을 목표로 개발되었으며, 주로 5~7실린더 엔진이 많이 적용되고 있다. 엔진 특징은 다른 기종에 비해 'Stroke/bore' 비가 크고, 연료 소모량을 줄였다. 따라서 68TB/84TB엔진은 열효율이 50%까지 증가되었다. 특히 VLCC선에 많이 적용되는 7RTA84TB엔진은 최적 설계를 통하여 중량을 기존 7RTA84T 엔진보다 65톤 감소시켰으며, 이 기

Table 6 Main parameters for RTA - TB engines

Engine type	RTA48TB	RTA58TB	RTA68TB	RTA84TB
Bore(mm)	480	580	680	840
Stroke(mm)	2000	2416	2720	3150
Stroke/bore ratio	4.17	4.17	4.0	3.75
Mean pist. speed(m/s)	8.5	8.5	8.5	7.8
Mean effec. press.(bar)	19.0	19.0	19.0	18.0
Speed(r/min)	127	105	94	74
Output/cylinder(bhp)	1980	2890	4000	5280
SFOC(g/bhph)	126	125	124	123

중의 주요 데이터는 Table 6과 같다.

2.2 중(고)속 디젤엔진

중형엔진 분야에서 MAN B&W사는 Fig. 6과 같이 500~19000 kW 범위의 다양한 기종의 엔진을 소개하였다. 여기서 소형 L16/24, L21/31, L/V27/38은 시장 수요에 적합하도록 최근 개발한 기종이다. 이 엔진의 주요 데이터는 Table 7과 같으며 개발시 다음 항목에 중점을 두었다.

Table 7. Small engine series of MAN - B&W

Engine type	L16/24	L21/31	L+V27/38
Bore(mm)	160	210	270
Stroke(mm)	240	310	380
Output/cylinder(kW)	100/90	200/19	340/320/300
Speed(r/min)	1200/1000	1000/900	800/750/720
Mean pist. speed(m/s)	9.6/8.0	10.3/9.3	10.1/9.5/9.1
Mean effect. press.(bar)	20.7/22.4	22.4/23.6	23.5/23.5/23.0
Max. firing press.(bar)	180	200	200
Application	Genset	Genset Propulsion	Genset Propulsion Stationary

- 발전 및 추진용에 적합하도록 최적화
- 엔진제작 비용의 최소화
- 무제한의 연료 사용
- 저연비 및 윤활유 소모량 감소
- 오염 배출물 최소화
- 분해 검사기간 연장 등.

Wärtsilä New Sulzer사는 4행정 디젤엔진에서 출력이 가장 큰 Wärtsilä 64 엔진을 소개하였으며, 이 기종은 육상 디젤 발전소용으로 개발되었다. 그리고 엔진의 배기가스를 이용한 복합 사이클 기술을 적용하면 플랜트 전체의 열효율을 60% 까지 증가시킬 수 있다. 이 기종의 주요 데이터는 Table 8과 같다. 엔진의 주요 특징으로 안티폴리싱(Antipolishing) 링을 채용하여 단위출력당 윤활유 소모량을 줄이고, 실린더 배기 밸브 시트의 냉각 방법을 개선하여 기존 엔진보다 배기 밸브의 온도를 50℃정도 낮게 하였다. 또한 연소실 설계시 CFD(Computational fluid dynamics)방법을 이용하고, SPEX(Single pipe exhaust system)을 적용하여 엔진의 성능을 크게 개선하였다.

S.E.M.T - Pielstick사는 엔진 최대회전수를 기

Table 8 Technical data of Wärtsilä 64

Engine type	In - line	V - form
Bore(mm)	640	640
Stroke(mm)	900	770
Stroke/bore ratio	1.41	1.20
Mean pist. speed(m/s)	9.82/10.0	10.3/11.0
Mean effec. press.(bar)	25.5/25.0	23.5/22.0
Speed(r/min)	327.3/333.3	400/428.6
Output/cylinder(kW)	2010/2010	1940/1940
Max. cyl. press.(bar)	190	190
Cylinder Numbers	5,6,7,8,9	12,16,20

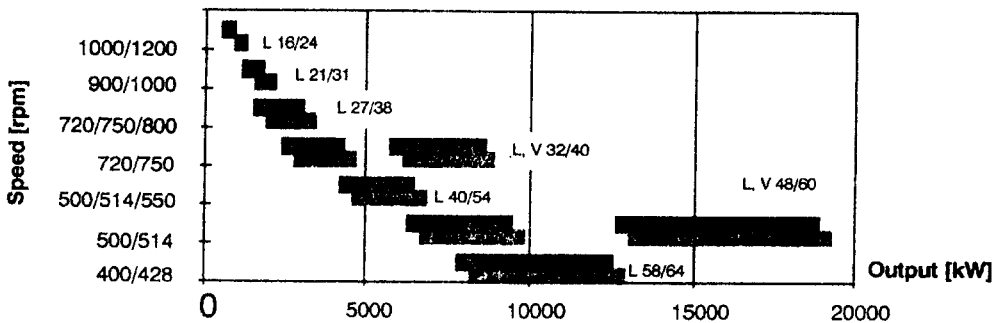


Fig. 6 Future diesel engine programme for MAN B&W

존 500 rpm에서 600 rpm으로 증가시킨 차세대 엔진 PC2-6B(750 kW/cyl)를 소개하였다. 이 기종은 육상디젤발전소와 카페리선에 적합하도록 개발되었으며, 현재 육상용 디젤발전소에서 시험 운전 중에 있다. 또한 단위 출력당 중량이 적은 고속엔진으로 PA6 B-STC를 소개하였다. 이 기종은 주로 고속선과 군함의 추진용으로 사용되고 있다. 이 엔진의 장점으로 STC(Sequential Turbocharging system)를 적용하여 Fig. 7에서와 같이 엔진 회전수가 낮은 저부하 영역에서도 출력을 증가시킬 수 있을 뿐 아니라 매연도 Fig. 8과 같이

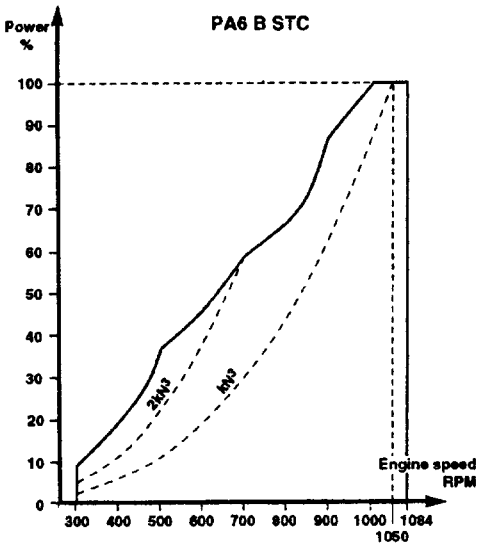


Fig. 7 Possible operating area with STC

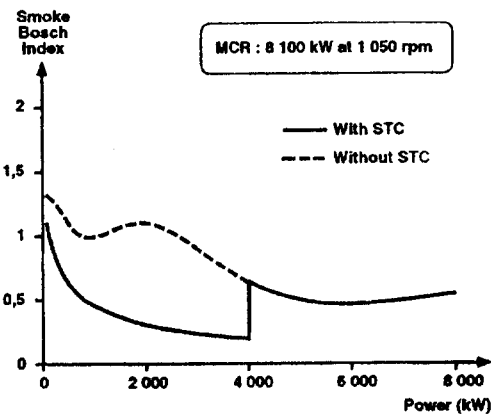


Fig. 8 Smoke emission along propeller law

줄일 수 있다. 따라서 특수 목적으로 사용되는 선박(주로 군용)에 적합하다.

Niigata사는 일본 운수성과 공동으로 개발하고 있는 고출력 엔진인 L/V32FX를 소개하였다. 이 엔진은 L32CX모델을 기본으로 하여 개발되었으며 시험 엔진의 주요 데이터는 Table 9와 같다.

이 엔진의 주요 특성으로 2단 과급과 대칭(Miller) 캠을 이용하여 엔진의 출력을 증가시켰다. Fig. 9는 대칭 및 일반캠의 P-V선도를 비교한 결과이다.

Table 9. Specifications of test engine

Engine type	6L32FX	6L32CX
Cylinder No.	6	6
Bore X Stroke(mm)	320X360	320X360
Declared power(kW)	4611	2207
Engine speed(r/min)	1030	750
Mean effec. press.(bar)	30.9	20.3
Mean pist. speed(m/s)	12.4	9.0
Power rate(MPa · m/s)	38.2	18.3

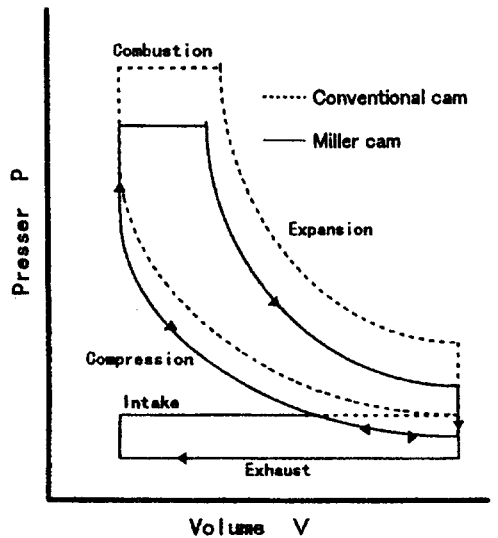


Fig. 9 Outline of Miller system

3. 가스 터빈 및 과급기

대형 가스 터빈을 이용한 발전 시스템은 주로 전력 수요가 많은 여름과 주간만 사용하는 DSS(Daily start-up and shutdown) 운전이 많이 이용되고 있다. 또한 소형 가스 터빈은 부피가

적고 시스템이 간단하기 때문에 비상용 발전기의 동력원으로 많이 이용되고 있다. Mitsubishi사는 1993년 대용량의 501G 단축 저 NOx형 가스 터빈을 개발하기 시작하여 1997년부터 시험 운전 중에 있다. 이 터빈의 주요 데이터는 Table 10과 같고 활용도는 99.9%였다. 주 특징으로 터빈의 효율을 증가시키고 NOx를 25 ppm 이하로 줄이기 위해 예혼합 연소기의 온도를 1500℃로 증가시켰다. 따라서 공기로 냉각을 충분히 할 수 없어 Fig. 10과 같이 스팀을 이용한 냉각 시스템 채택하였다. 특히 이와 관련된 논문은 금번 대회에서 가스터빈 분야의 최우수 논문으로 선정되었다.

과급기와 관련하여 ABB사는 최근 VTR 타입의 대체 기종으로 개발한 TPL(Turbocharger power range large) 타입을 소개하였으며 각 타입별 체적

Table 10. The specifications of gas turbines

Type	501G	501F
Firing level(℃)	1500	1400
Single cycle		
Power output(MW)	254	185
Thermal Efficiency(%)	38.7	37.0
Heat rate(kJ/kWh)	9295	9735
Pressure ratio	20	16
Rotating speed(rpm)	3600	3600
Air flow(kg/s)	567	453
Exhaust temp.(℃)	596	607
Combined cycles(one GT, one ST and one generator)		
Power output(MW)	371	279
Thermal Efficiency	58.0	56.2
Heat rate(kJ/kWh)	6208	6412

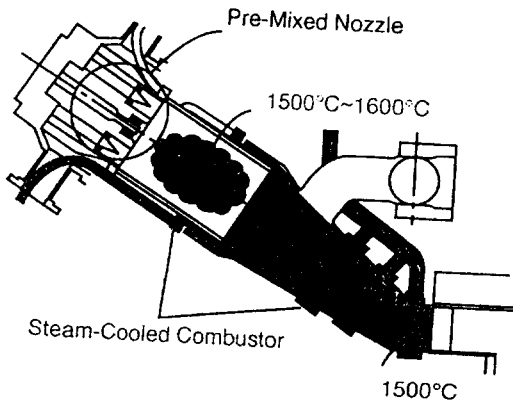


Fig. 10 Steam cooled combustor applied to the 501G

유량은 Fig. 11과 같다. TPL85를 제외한 전 기종은 현재 시험운전 중에 있으며, TPL85는 1998년 운전을 시작할 예정이다. 새로 개발된 TPL 기종은 최근 엔진개발 추세에 적합하도록 다음 사항에 중점을 두었다.

- 엔진의 출력 증가에 적합한 고압축 압력비
- 엔진의 연료 소모량 감소 및 배기가스 온도 저하에 따른 고효율 추구
- 고 신뢰성 유지, 수명 및 분해검사 기간 연장
- 저질유 사용 등과 같은 악 조건하에서 수리보수가 편리하도록 함

ABB의 경쟁사인 MAN B&WB사는 NR/NA 타입의 과급기를 Fig. 12와 같이 소개하였다. 효율

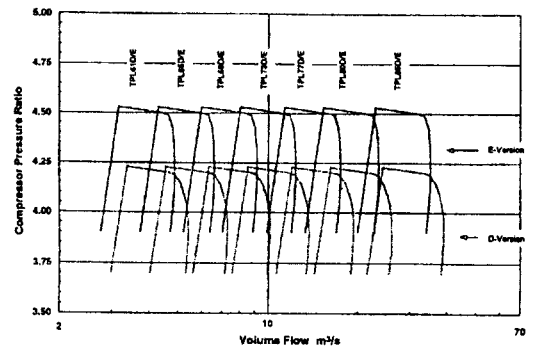


Fig. 11 Volume flow range of the ABB TPL turbocharger series

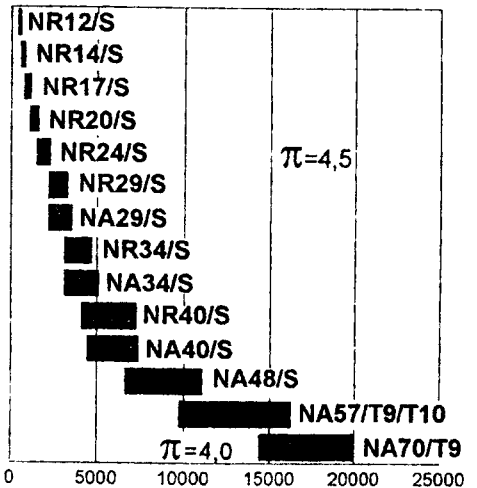


Fig. 12 Turbocharger programme of MAN NR/NA series

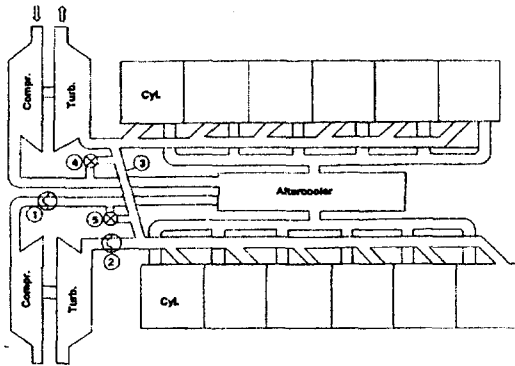


Fig. 13 Block diagram of STC system

면에서 VTR보다 다소 앞선 NR/NA 타입은 엔진제작사의 요구조건에 적합하도록 일부 개선하였고, 엔진에 사용되는 연료의 질에 거의 관계없이 사용할 수 있다. 또한 S.E.M.T - Pielstick사 20PA6B STC 엔진에 2대의 NA34/S를 STC 시스템과 같이 적용하여 저 회전수 영역에서 엔진의 출력을 증가시키고 있다. 과급기를 포함한 STC 시스템의 블록 선도는 Fig. 13과 같다.

4. 유해 배출물 및 연료

유해 배출물 중 가장 큰 문제로 대두되고 있는 NOx를 줄이기 위하여 엔진제작자와 관련 연구기관에서 많은 노력을 기울이고 있다. 특히 IMO에서 2000년 1월부터 적용하게 될 NOx 규제에 대응하기 위하여 MAN B&W는 저 NOx형 연료분사 노즐을 개발하여 소개하였다. 이 경우 NOx는 Fig. 14에서 보는 바와 같이 표준 노즐 사용시보다 15% 정도 NOx가 감소하여 일부 엔진을 제외하고는 IMO 규제를 만족할 수 있다. 또한 육상용 디젤발

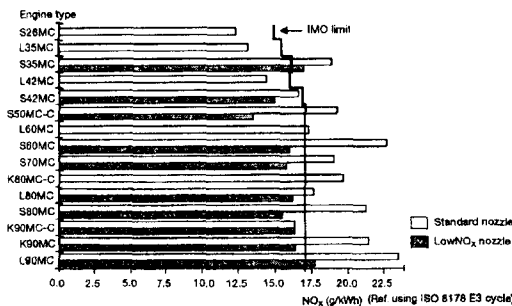


Fig. 14 Emission in relation to IMO rules

진소를 중심으로 물과 유화된 연료(Water-emulsified fuel)와 SCR(Selective catalytic reduction) 방법의 연구도 병행하여 진행되고 있다. 이외에도 EGR(Exhaust gas recirculation) 방법이 있지만 공기의 용량 부족과 과급기 부식 등을 고려 아직까지 실용화되지 않고 있다.

SOx를 줄이는 방법으로 선박 내에서 연료에 포함된 황성분을 재처리하는 방법이 소개되었지만, 소요비용이 크고 관련장치가 복잡하다. 따라서 탈황시설을 갖춘 정유사의 연료를 구입하여 사용하는 것이 보다 효과적일 것으로 판단된다.

사람의 건강에 악영향을 미치고 엔진의 오염을 일으키는 미립자, 슈트(Soot), 매연 등은 주로 사용되는 연료유의 질에 관계된다. Mitsui사는 정상적인 중질유와 엔진에 거의 사용할 수 없는 오리멀존(Orimulsion)을 이용하여 유해배출물과 피스톤링의 마모율 측정하였다. 이때 Fig. 15에서 보는 바와 같이 연료의 연료소모량, 과급기의 온도 및 NOx는 큰 차이가 없다. 그러나 매연과 미립자는 정상 중질유보다 오리멀존이 급격하게 증가하여 윤활유의 오염도가 증가한다. 이때 2행정 크로스 헤드 엔진은 스테어링 박스에 의해 오염된 윤활유가 분리

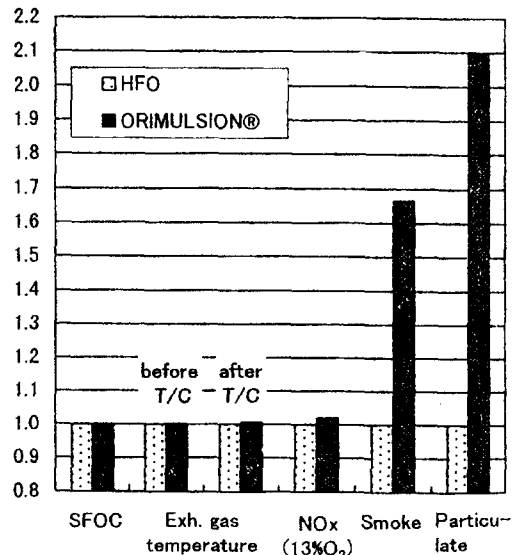


Fig. 15 Engine performance and emission on ORIMULSION®

Table 11. Distribution of tasks in the main topics of CLEAN project

	Partner	DMR	FMC & ISF	MaK	MAN - B&W	Deutz - MWM	SKL	SIEME - NS	WOOD - WARD	GL	AVL	ITMA
Engine Internal measures	Optimization of combustion chamber	×	×	×	× ●	× ●	×					
	Optimization of fuel injection	×		×	× ●	× ●	×		×			
	Electronically controlled fuel injection			×					×			
	Control of scavenging		×			×						
	Exhaust gas recirculation						×					
	Additional of water to combustion	×				×	×					
External measures	Optimized plant control	×		×								
	Exhaust gas aftertreatment	×		×	× ●			×				
General tasks	Onboard measurement									×	●	
	Safety aspects									×	●	
	Calculation procedures	×									×	●
	Fuel quality aspects											×

explanations : × NOx ● Particulate matter

가 가능하여 이 연료유를 엔진에 사용할 수 있다. 그러나 4행정 트럭 피스톤의 엔진은 이 오염된 윤활유가 베어링과 기어에 도달하여 엔진에 치명적인 악영향을 주게 되어 이를 적용할 수 없음을 지적하였다.

또한 유해물질 연구와 관련된 대형 프로젝트로 "CLEAN (Clean and Low Shoot Engine with Advanced Techniques for NOx reduction) - Low Emission Propulsion Plant"가 있다. 이는 유럽 회사들을 중심으로 하여 1995년부터 시작하여 현재 진행 중이며 참여회사 및 연구과제들은 Table 12에 보인다.

5. 엔진 관리 시스템 및 손상

'Intelligent ship'의 실현을 위해서 'Intelligent engine'이 우선되어야 한다. 이러한 지능화된 엔진을 구축하기 위하여 엔진은 보다 유연하게 제어되고, 모니터링되어야 한다. 또한 예방정비 및 자가수리 시스템을 갖추어야 한다. 우선 MAN B&W사는 이와 관련된 시스템으로 CoCoS(Com-

puter controlled surveillance)를 소개하였으며, CoCoS 내에는 EDS(Engine diagnostics system), MPS(Maintenance planning system), SPO (Stock handling and spare parts) 등의 모듈이 있다. Wärtsilä New Sulzer사는 DENIS(Diesel engine interface specification), MAPEX(Monitoring and maintenance performance enhancement with expert knowledge)를 소개하였다. 그리고 MAPEX내에 SIPWA-TP(Sulzer integrated piston-ring wear detecting arrangement), -PR(Piston-running reliability), -SM(Administration and planning of spare parts and maintenance) 모듈이 있다. 또한 중형엔진 제작사인 MaK사는 엔진의 진단 및 관리 시스템으로 DICARE/DIMOS을 소개하였다.

선박에서 주, 보조기관으로 이용되는 디젤엔진은 값싼 저질의 중질유를 사용한다. 또한 열효율도 타 열기관에 비해 가장 높은 반면 가혹한 운전 조건하에 있기 때문에 선박 내에서 사고빈도수가 가장 높다. 이와 관련 SW(The Swedish club)는 보

Table 12. Hull & machinery claims, 1988 - 1997

Claims type	Number	Total cost (USD)	Avg. cost (USD)
Heavy weather	99	74,775,232	755,305
Contact	260	49,923,716	192,014
Collision	185	106,507,560	575,717
Grounding	198	147,281,406	743,845
Fire/Explosion	54	109,229,176	2,022,763
Machinery	636	157,819,551	248,144
Other	216	39,933,427	184,144
Ice	33	11,452,028	347,031
Total	1,681	698,922,096	414,588

Table 13. Machinery claims, 1988 - 1997

Claims type	Number	Total cost (USD)	Avg. cost (USD)
Main engine	284	80,425,624	755,305
Steering gear	38	9,398,590	192,014
Aux. engine	193	33,555,608	575,717
Boilers	59	21,112,169	743,845
Propulsion	62	13,327,560	2,022,763
Total	636	157,819,551	248,144

협회사 측면에서 최근 10년 동안 접수된 10,000 USD이상의 선박 크레임수 및 금액을 분석하였다. 그 결과는 Table 12와 같고 이중 빈도수가 가장 큰 기계 장치를 재분류하면 Table 13과 같다. 이중 저, 중속엔진 별로 사고 빈도수가 가장 높은 5가지의 품목 및 금액은 Table 14, 15와 같다.

또한 엔진의 신뢰성 관련, 스웨덴의 세계해사대학 데이비드 모트람(David Mottram) 교수 사회로 "How to increase reliability - Problems and solutions" 주제로 토론 회의가 열렸다. 주참석자인 선주사대표, 선급기관 및 엔진설계사와 방청객 사이에서 열띤 토론이 진행되었으며 문제점을 정리 요약하면 다음과 같다.

- 엔진제작사 일부 제작사 또는 부품업체에서 규정된 제작공정의 미준수로 인한 불량품으로 사고 발생.
- 디젤엔진과 관련된 기술은 급속도로 발전된 반면, 특정분야에서 운전자 수준이 저하되고 자질이 부족.
- 선주사의 무리한 요구와 엔진제작사의 과당 경쟁으로 엔진관련 제품의 성능이 충분히 확인되지 않은 상태에서 선주사에 인도.
- 엔진을 운용하는 선사와 엔진 제작자간의 정

Table 14. The five most common types of claims for low speed engines, 1988 - 1997

Claims type	Number	Total cost (USD)	Avg. cost (USD)
Turbocharger	65 (46.8 %)	13,209,918 (46.1 %)	203,230
Cylinder liner	26 (18.7 %)	4,305,141 (15.0 %)	165,582
Journal, Bearing	11 (7.9)	3,665,032 (12.8 %)	333,185
Piston, Pistonrod	8 (5.8 %)	1,682,177 (5.9 %)	210,272
Fuel pump, Gears	5 (3.6 %)	1,038,687 (3.6 %)	207,737

Table 15. The five most common types of claims for medium speed engines, 1988 - 1997

Claims type	Number	Total cost (USD)	Avg. cost (USD)
Turbocharger	28 (19.9 %)	3,931,193 (8.4 %)	140,400
Crankshaft, Con. rod	22 (15.6 %)	16,363,816 (34.9 %)	743,810
Exhaust valves, Pushrods	20 (14.2)	3,505,481 (7.5 %)	175,274
Journal, Bearing	17 (12.1 %)	10,496,216 (22.4 %)	617,424
Piston, Pistonrod	13 (9.2 %)	5,383,427 (11.5 %)	414,110

보 교환 및 공유가 미흡.

- 선사는 정비 및 수리품으로 엔진제작사의 제품을 대신하여 값싼 비인가 제품을 구입 사용하여 사고 가 발생.

해결책으로 엔진제작사와 관련 부품제작사들은 품질 개선에 노력해야 하며, 선주사는 종사자의 교육훈련강화와 함께 예방정비 및 수리보수에 최선을 다해야 한다. 그리고 MASSOP(Management structure of shipowners and operators)의 관심과 함께 보잉747의 정비 및 교육훈련 시스템의 예를 들어 선박운용 체계는 부족한 점이 너무 많음을 지적하였다.

6. 맺는말

본 글은 한정된 지면으로 인하여 개별 논문보다는 세계 주요 엔진제작사들을 중심으로 최근 개발 진행 중인 엔진의 기술 동향을 소개하였다. 필자들은 대회 중에 다양한 논문과 각 분야의 전문가들과 접할 수 있는 기회를 가졌다. 그리고 이를 중심으로

로 한국내연기관협의회(KOFCE)의 발전과 2001년 5월 독일 함부르크에서 열릴 예정인 제 23차 대회를 준비하기 위하여 다음 안들을 제안해 보고자 한다.

- 1) 한국은 조선 산업의 성장과 함께 세계 2위의 대형 디젤엔진 제작 국가로 성장하였다. 또한 가격 경쟁력에서는 오히려 1위인 일본보다 우위를 차지하고 있지만, 기술은 선진국에 비해 상당히 뒤떨어져 있는 실정이다. 따라서 기술적 우위를 확보하기 위하여 중, 장기적인 연구 과제를 선정하여 엔진제작사, 선사 및 학계와의 긴밀한 협조 체제로 자체 설계기술을 갖는 것이 가장 시급한 일이라고 판단된다.
- 2) 불행스럽게도 한국은 선주사에서 인정하는 디

- 젤엔진 또는 가스터빈의 고유 브랜드가 하나도 없다. 일본의 경우 디젤 엔진 분야에서 고유 브랜드가 있기는 하지만 대외 경쟁력이나 선주사의 인지도는 아직까지 낮은 실정이다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위하여 국내 엔진제작사도 기술제휴선 또는 외부 전문 용역기관과의 공동 연구를 통하여 국내 기술 수준과 선주사의 인지도를 높이는 것이 필요할 것으로 판단된다.
- 3) 논문의 발표 수와 그 수준은 디젤 엔진제작사 또는 관련 연구기관의 평가 기준이 될 수 있으므로 국내 실정에 적합한 과제를 발굴하여 집중적인 연구개발을 하는 것이 필요할 것으로 판단된다.