

신형 디젤엔진 개발

Development of the New Diesel Engines

장 낙 영* 조 영 갑* · 조 원 행* · 정 선 국*
 N. Chang · Y. K. Cho · W. H. Cho · S. K. Chung

1. 개발 개요

최근들어 우리나라의 급속한 고도성장과 더불어 수송물동량과 교통인구의 증가로 인해 자동차로부터 배출되는 배기가스의 공해가 커다란 사회적인 문제로 부각됨에 따라, 날로 심각해져 가는 대기오염을 방지하기 위해서 한국의 차량비율중 50% 이상을 차지하고 있는 디젤엔진으로부터의 배기가스 저감이 절실히 요구되고 있는 실정에 있다.

한편 우리나라 자동차산업 및 엔진산업은 최근 몇 년동안 양적인 면에서 괄목할만한 성장을 해왔으나, 아직까지 선진제조기술의 모방단계를 벗어나지 못했기 때문에 질적인 면에서는 선진국과 경쟁할만한 자체기술 개발능력이 부족한 상태이다.

따라서 지난 10 여년동안 세계 유명엔진 제조업체와 기술제휴를 통한 기술축적, 끊임없는 연구개발, 생산기술 향상 등을 통하여 국내 디젤엔진 업체를 선도하고 있는 대우중공업은 지난 30 년동안 350 여개 이상의 엔진을 설계, 개발한 경험을 갖고 있는 세계적인 내연기관 연구소인 Austria의 AVL사와 공동으로 기존시장에서 호평을 받고 있는 M. A. N. 엔진을 기본

Model로 하여 저공해, 고효율 및 고BMEP 특성을 갖춘 D1146 Series, D2366 Series를 개발함으로써 국내 자동차 공업의 기술수준 향상과 국제경쟁력 확보를 통하여 수출산업으로 육성하고자 하였다.

2. 설계 목표

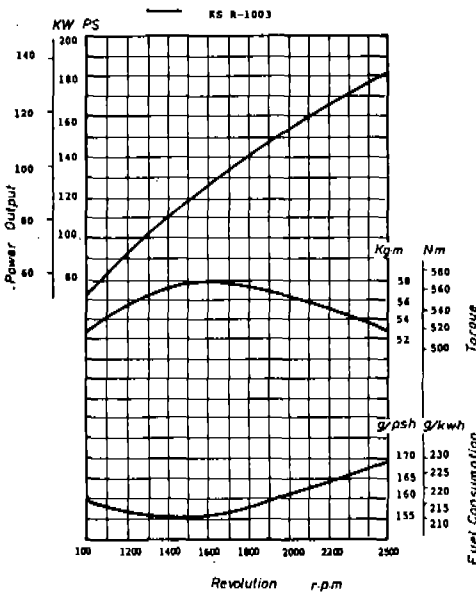
신형 MAN 엔진은 사회적요구인 공해감소 및 연료경제성 향상, 차량의 주행, 등판성능 등을 향상시키기 위한 출력성능의 증대를 개발목표로 합과 아울러, 기존 MAN D08, D21 Series와의 부품 및 생산설비 공용성을 유지하여 신규개발에 따른 투자를 최소한으로 억제하는 동시에 기존시장에의 도입성을 용이하도록 도모하였으며, 주요한 설계목표는 다음과 같다.

- 출력 및 토크 증대 (7 ~ 16 %)
- 배기가스 감소 (50 %)
- 연비감소 (5 %)
- 소음 감소
- 오일 소비량 감소 (40 %)
- 저온시동성 향상
- 내구 신뢰성 및 A/S 부품 호환성

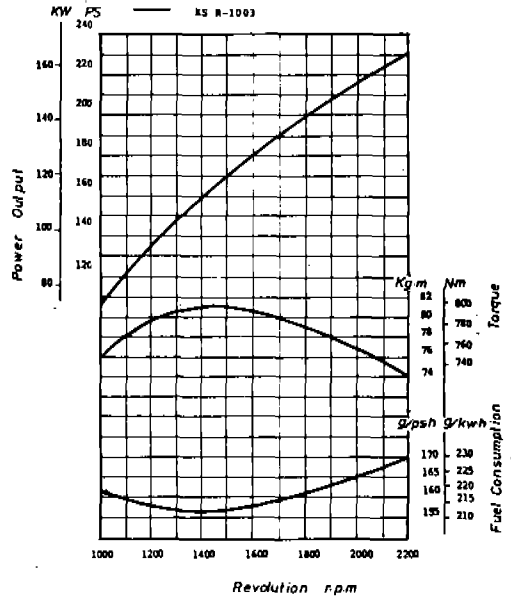
表 1. 신형 엔진 제원

항 목	기 종	D1146	D1146 T	D2366	D2366 T
형 식		직립, 직렬, 수냉식, 4 행정기관			
연 소 실 형 식		Toroidal 연소실			
연 소 방 식		직 접 분 사 식			
실린더수-내경 × 행정 (mm)		6 - 111 × 139		6 - 123 × 155	
총배기량 cc		8,071		11,051	
압 축 비		18 : 1	17 : 1	17.5 : 1	16.5 : 1
최 대 출 력 (ps / rpm)		185/2,500	225/2,300	230/2,200	295/2,200
최 대 토 오 크 (kg·m / rpm)		58.0/1,600	75.7/1,400	81.2/1,400	103.8/1,400
연 료 소 비 율 gr/ps·hr		156	154	157	153
S I Z E (mm) L × W × H		1197 × 711 × 973	1197 × 749 × 968.8	1290 × 845 × 1133	1270 × 818 × 1133

단, 출력 및 토오크는 KSR-1003 기준



D1146 엔진



D2366 엔진

그림 1. D1146, D2366 엔진의 성능곡선

3. D11, D23 Series 엔진의 주요 특징

D11, D23 Series 엔진은 기존 D08, D21 Series 엔진을 기본 Model로 하여 개선목표인

배기가스 및 소음감소, 출력증대, 연료 경제성, 내구신뢰성 등 제반 성능을 얻기 위하여 Piston bowl, Injector, Injector position, Injection pump, Timing device를 포함하는 연소

system은 AVL Toroidal system을 채용하였고 구동계, Valve train계, 냉각계, 윤활계 등도 변경하였다.

3.1 배기가스 감소

연소방식은 엔진의 특성을 가장 대표적으로 나타내므로 NO_x, HC, CO감소, Smoke 감소, 출력 및 토오크증대, 저온시동성 양호 등의 개선목표치를 만족하는 엔진을 개발하기 위해서 기존 M. A. N. 엔진의 연소방식을 Toroidal 연소방식으로 변경하고 연료분사 펌프 및 연료 분사노즐의 최적화를 위하여 표 2, 표 3 과 같은 특성을 갖는 연소시스템과 연료분사노즐을 개발하였다.

表 2. M연소방식과 Toroidal 연소방식의 비교

	M연소방식	Toroidal 연소방식
Swirl 비	4.6 ~ 5.3	2.0 ~ 2.3
분 공 수	1 개	5 개
연 소 특 성	연소실벽에 연료유막을 형성시킨후 증발에 의해서 연소	연소실공간내에서 연료와 공기의 혼합에 의해 연소
연료분사압	500 bar 이하	800 bar
연 소 소 음	작다	증간

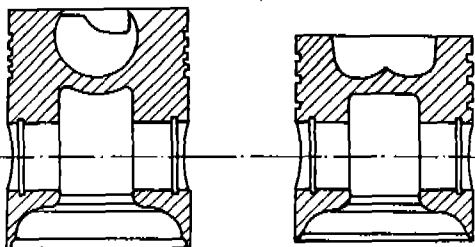


그림 3. 기존 엔진과 신형 MAN 엔진의 피스톤 형상 비교

表 3. 기존엔진과 신형 MAN 엔진의 연료분사노즐 형상 비교

	D 0846 HM	D 1146	D 2156 MT	D 2366 T
α 각	16°	60°	30°	60°
β 각	135°	등간격(72°)	85°	등간격(72°)
분구공	$\phi 0.6 \times 1$	$\phi 0.29 \times 5$	$\phi 0.72 \times 1$ Sacless	$\phi 0.33 \times 5$

단, α 각은 노즐축과 분구공과의 각도, β 각은 노즐홀더의 키홈과 분구공사이의 각도

개조설계된 연소계는 고속범위에서 흡입 효율을 증대시키기 위해 연소실의 bowl center를 편심시켰으며, 분사노즐로 연료를 고압분사시켜 매우 미세한 연료입자를 연소실내에 형성시킴으로써 주위공기와와의 접촉면적을 크게 하여 연료의 공기이용율을 향상시킴으로써 엔진의 Smoke level을 감소시켰다. 또 M 연소방식의 4.6~5.3에 비해서 비교적 낮은 2.0~2.3 정도의 Swirl ratio에서도 연소실내의 공기와 분무된 연료가 원활한 혼합을 이루도록 하기 위하여 D1146의 경우 $\phi 0.6$ 의 단공노즐에서 5개의 $\phi 0.29$ 의 다공노즐로 변경하였다.

배기특성에서 볼때 연료분사노즐에서 연소실 벽까지의 도달거리가 길수록 공기와 미세한 연료가 혼합되는 시간이 길어지므로 질소산화물이 증가하고 탄화수소류는 감소하게 되는 반면, 벽면까지의 도달거리가 작을수록 반대현상이 일어나게 된다.

이외에도 실린더헤드의 하면으로부터의 분사노즐 돌출길어도 연소에 지대한 영향을 미치는데 이는 분사된 연료가 연소실내에서의 복잡한 공기 유동현상인 Swirl과 Squish에 따라 Spray Jet의 형상이 변화하기 때문이다. 위에 언급한 여러 연소특성과 연소실형태 및 연소방법에 따라 배기가스 및 공해 감소효과를 얻을 수 있도록 분사노즐을 설계한 결과가 표 3에 나타나 있다.

이때 사용된 분사펌프는 차량용 및 산업용으로 개조없이 사용가능하도록 하기 위해서 조속성능이 우수한 RFD Governor를 적용하였으며, 연소 효율의 증대와 Smoke개선을 목표로 고압형 분사펌프를 채택하였다.

表 4. 기존엔진과 신형MAN엔진의 내경 및 행정 비교

	D 0846 HM	D 1146	D 2156 MT	D 2366 T
배기량(lit.)	7.26	8.07	10.35	11.05
내 경(mm)	108	111	121	123
행 정(mm)	132	139	150	155
증가율(%)		11		7

아울러 Toroidal 연소방식을 사용함으로써 piston Height가 감소함에 따라 piston 왕복길이량이 감소한 반면 배기량 증가에 따른 비출력을 높이기 위해 piston Bore를 증가시켜 BMEP를 6.3% 정도 향상시켰으며, piston ring의 갯수 및 형상을 변경하여 마찰손실 감소, 오일 소비량 감소, 내구성 증대 등을 도모하였다.

3.2 출력 및 토크 증대

신형 엔진의 출력향상을 위해 실린더 블록의 내경과 행정을 표 4와 같이 증가시키기에 따라 새로 개발한 신형 엔진은 D 0846 HM 엔진을 개선한 D 1146, D 2156 HM 엔진을 개선시킨 D 2366 엔진, D 2156 MT 엔진을 개선시킨 D 2366 T 엔진으로 기존엔진과 새로운 엔진간의 출력비교는 그림 4와 같다.

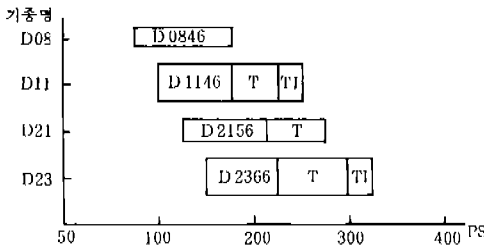


그림 4. 기존 엔진과 신형 MAN 엔진의 출력 비교

3.3 오일 소비율 감소

Cylinder liner 변형에 따른 오일 소비량을 감소시키기 위해서 그림 5.처럼 Cylinder Head Bolt의 Boss부 형상을 개선하였으며, 아울러

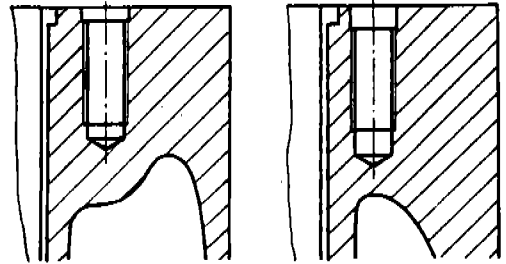
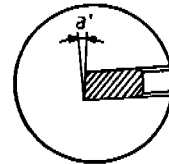


그림 5. Cylinder Head Bolt Boss부 형상 개선



	D 0846	D 1146	D 2156	D 2366
a'	25 ± 10	45 ± 15	30 ± 10	90 ± 15

그림 6. 기존엔진과 신형 MAN 엔진의 피스톤링 형상 비교

Valve stem seal를 추가하였고, 그림 6과 같이 Piston ring의 형상도 변경하였다.

3.4 소음 감소

Cylinder block 자체의 진동과 소음 및 Deflection을 방지하기 위해서 그림 6에서 보여주는 바와 같이 Bulk head의 Rib 형상을 개선하였으며, Aluminum plate로 사용되는 push rod chamber cover를 삭제하고 Cylinder block 측벽을 밀폐하였으며, 그림 7과 같이 Cylinder head cover Gasket의 Rubber 화 및 Head cover bolt를 Washer seal 화하여 진동에 의한 소음이 저감되도록 하였다.

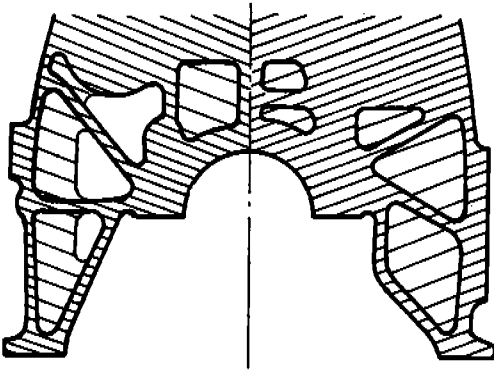


그림 7. Cylinder block의 Bulk Head Rib 형상 개선

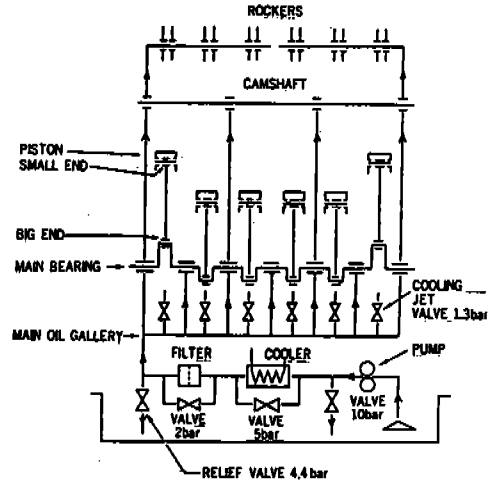


그림 9. D2366 윤활계의 계통도

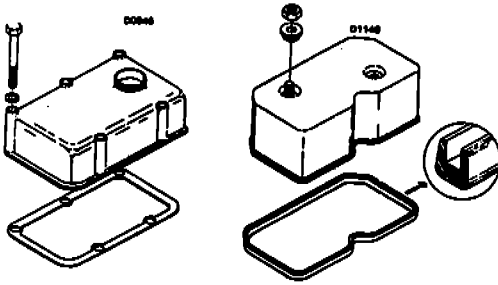


그림 8. Cover Gasket 및 Washer Seal 형상 개선

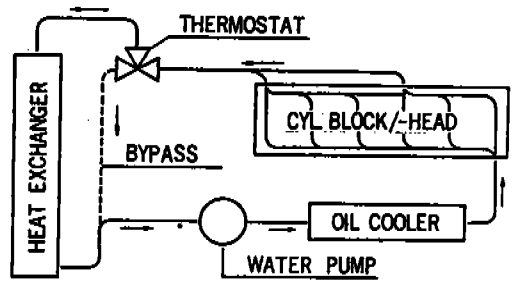


그림 10. D2366 냉각계의 계통도

3.5 윤활계 및 냉각계

신형 엔진의 윤활계 및 냉각계의 계통도는 그림 8, 9와 같다. 냉각계는 임펠터에 의한 원심식 물펌프와 냉각효율을 최대로 하기 위해서 기존의 튜브형 대신에 플레이트형 오일쿨러를 사용하였으며, 윤활계는 전류, 여파지식 오일필터와 만족할만한 오일펌프 성능을 얻기 위해서 기어형 오일펌프를 사용하였다.

맺는 말

1975년 디젤엔진 제조공장 준공과 더불어 국내 최초로 D08, D21 Series를 생산한 대우중공업은 10여년동안 15개 기종을 생산하여 국내자동차공업 발전에 기여해 왔다.

그리고, 최근 선진각국의 기술이전에 대한

기피현상과 기술제휴에 높은 Royalty를 요구하는 추세가 날로 심화되고 있어 국내 자동차 업계가 세계시장을 파고들기 위해서는 국내 고유모델 엔진개발이 절실히 필요하며, 근자에 들어 사회적으로도 배기가스 감소와 연비 및 소음개선의 요구가 높아지고 있어 이에 호응하고자 M. A. N 엔진을 기본 Model로 신형 엔진을 개발하였다.

이에 따라 당사는 세계에서 가장 엄격한 배기가스 규제를 실시하고 있는 일본의 1983년 이후의 규제치를 만족할뿐만 아니라 연료소비율 면에서도 최신 일본 엔진을 능가하는 저연비, 저공해, 고효율의 국제경쟁력 있는 고유모델 엔진을 보유하게 되어 국내시장뿐만 아니라 수출시장에서도 경쟁력을 갖추게 되었다.