

MAN B&W 28/32 엔진 연료분사밸브노즐의 신뢰성 평가에 대한보고

문정하⁺·강동혁⁺⁺·김태형⁺⁺⁺·김정렬⁺⁺⁺⁺

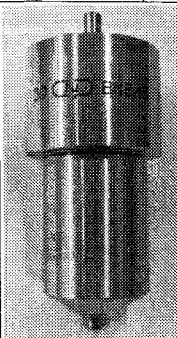
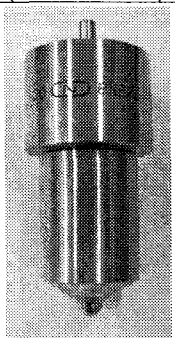
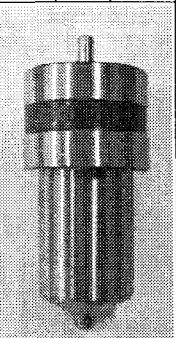
Reliability Evaluation Report of MAN B&W 28/32 Engine Fuel Injection Valve Nozzle

Joung-Ha Moon⁺, Dong-Hyuk Kang⁺⁺, Tae-Hyoung Kim⁺⁺⁺ and Jeong-Ryul Kim⁺⁺⁺⁺

1. 서론

연료분사노즐은 디젤엔진 연소실에 연료를 분사하는 장치로서, 연료펌프에서 고압으로 형성된 액체상태의 연료를 분무형태로 미립화 시켜 최적의 폭발을 유도하는 역할을 한다. 이러한 노즐의 성능, 즉 내구성과 연료의 완전연소여부는 엔진의 작동성능 및 최근에 강화된 환경규제 조건을 좌우하는 주요 요소이기도 하다. 따라서 노즐을 포함한 연료분사 장치는 엔진의 설계부터 핵심요소가 되며 그 재발에는 설계, 원소재개발 및 열처리, 정밀가공, 성능분석등 종합적인 연구와 투자가 요구되는 분야이다. 노즐의 신뢰성 확보를 위해 요구되는 사항은 사용수명 향상과 유량개선을 통한 엔진성능향상이다. 먼저 수명향상에서 독일 및 일본의 선진제품의 경우 1,500hr 정도의 내구성을 가지고 있으나 국내제품의 경우 1,200 ~ 1,300hr(80-85%수준)에 있다. 그 원인으로는 소재의 내마모성이 떨어지거나 열변형에 취약해 노즐이 고온피로강도를 견디내지 못해서이다. 이 경우 과마모 및 변형, 고착 균열등 제품의 본 기능을 수행하기 어렵다. 이에대한 해결방안으로는 산학연 연구로 개발된 독일 원천기술사의 규격과 같은 X38CrMoV51(DIN17350)의 적용이다. 우수한 내마모성과 열에 대한 비(非)변형성을 갖춘소재로써 적절한 관리와 검증을 거쳐 제품의 수명향상에 기여할것이다.

2. 시험방법

BNE/E-1 (개선제품)	BNE/E-2 (개선전 제품)	LTO-BNE/E (외산)
		

2.1 분사성능시험방법

- 연료 분사 노즐을 고정용 지그에 설치하고, 분사장지에 이상이 없는지를 확인함.
- 시험용 노즐은 3종류이며 각 시험노즐을 BNE/E-1(국

산), BNE/E-2(국산) 및 LTO-BNE/E (외산)로 칭함.

(그림 1참조)

- 노즐분사 시험 장치를 설치함. (분사압력 = 320 bar)
- 실제 시험조건은 모형 실린더 내에 노즐이 장착된 채로 진행되어야 하나, 유동 가시화 시험의 특성상 기존 시험장치를 사용한 시험이불가능 함.
- 따라서, 별도로 제작된 지그에 노즐 부를 수직으로 장착하고 대기에 개방된 상태에서 가시화 시험을 수행함.
- 그림 2은 본 시험에 사용된 PIV 실험 장치의 구성을 나타냄.
- 유동장에 조사될 광원으로써 Nd-Yag Dual Pulsed Laser를 사용하였으며, 영상입력 장치로써 1K×1K pixel의 공간해상도를 가지는 CCD카메라를 사용함.

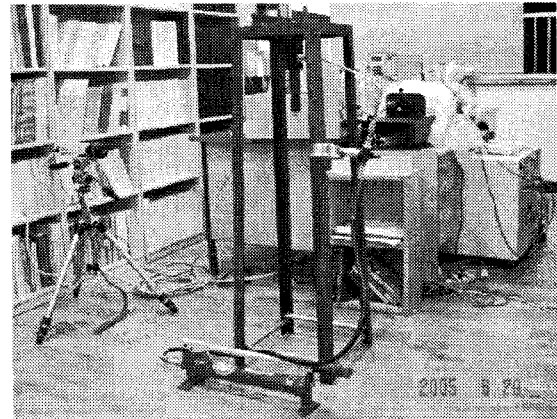


Fig. 2 PIV Test Equipment

- 작동유체는 경유이며, 각각 노즐에 대하여 정격작동압력(320 kg/m²)하에서 유동가시화를 행함.
- 노즐로부터 분사된 경유입자를 촬영하고, 분사 각도 및 대략적인 분사 속도를 계산함.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 유동가시화를 통한 분사성능시험 결과

+ 문정하(한국해양대학교 기관시스템공학부, 한국조선기자재연구원), E-mail: jhmoon@komeri.re.kr, Tel: 051)831-6880
 ++ 강동혁, 한국조선기자재연구원
 +++ 김태형, 한국조선기자재연구원
 ++++ 김정렬, 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수

Nozzle Type	Test date	Position	Max. Velocity (m/sec)	Spray Pressure (bar)	Spray Angle 1 (°)	Spray Angle 2 (°)
BNE/E-1 (국산)	05/06/28	center	30.64	320	158.24	6.17
BNE/E-2 (국산)	05/06/29	center	11.44	320	147.82	3.68
LTO-BNE/E (외산)	05/06/29	center	12.25	320	157.9	9.32

- 유동장의 계측결과 노즐로부터 분사되는 작동 유체의 유속이 상당히 빠르고 분사중심부에서 작동유체의 입자가 개별적으로 구분되지 않는현상으로 인해 PIV 전처리 과정 중의 동일입자 추적과정에서 많은 오류백터가 존재함. 따라서, 속도 백터의 결과를 절대적으로 신뢰 할 수준은 아니라고 판단되나, 각각의 노즐에서 분사되는 작동유체의 대략적인 유속 분포는 확인할 수 있다고 판단됨. BNE/E-1 노즐의 경우 유속이 약 30.64m/s에 이르나, BNE/E-2, LTO-BNE/E의 경우 각각 11.44m/s, 12.25m/s의 유속을 나타냄. 이러한 속도의 차이가 나타나는 원인이 정격 분사압력 조정의 실패에 있을 것이라 추정하고 동일한 조건에서 3회 반복 시험을 수행하였으나, 분사 압력은 모두 320 bar 근방에서 형성되고 있음을 확인하였음. 분사각도의 경우 Spray angle 1의 경우 BNE/E-1과 LTO-BNE/E의 각도가 각각 158.24°, 157.9°로써 비슷한 각도를 형성하고 있음을 알 수 있으나, BNE/E-2의 경우 147.82°로 약 10° 정도의 차이를 나타내고 있음. 단일 노즐로부터 분사되는 분사각도 결과를 보면 LTO-BNE/E의 경우 9.32°, BNE/E-1은 6.17°, BNE/E-2는 3.68°로 나타났음. BNE/E-2의 경우 단일 노즐로부터 분사되는 분사각의 범위가 BNE/E-1, LTO-BNE/E의 경우에 비해 작게 나타나고 있음. LTO-BNE/E 노즐 분사유량이 BNE/E-1, BNE/E-2보다 높게 나타나고 있음을 알 수 있으며, BNE/E-2의 경우 다른 경우보다 상당히 낮은 유량분포를 나타내고 있었음. 본 시험에서 얻은 속도분포의 결과 신뢰성을 확보하기 위해서는 충분한 시험시간을 가지고 노즐 분사영역에 대해 적절한 광량과 근접 촬영 기법을 동원한 시험이 수행될 필요가 있다고 판단된다. TEST 3 노즐(수입) 이 노즐의 경우 촬영영상에 분사거리 전체가 포함되어 있지 않는 관계로 정확한 분사거리를 측정 할 수 없었음. 이 노즐의 경우 실험 영상에서 확인할 수 있는 최대 길이인 500 pixel 이상의 분사거리를 나타내고 있으므로, TEST 1번, 2번 노즐의 경우보다 분사거리가 상대적으로 길다고 고려됨. 실험과정에서 확인한 바로 수입산 노즐이 국산노즐보다 분사량도 많고, 분사거리도 많이 길다고 고려됨.

4. 결 론

- 4.1. 현재 계획대비 결과를 고려시 내구시험을 수행하고 있다. 내구수명의 수행은 연료분사노즐6개의 샘플을 제공받아 신뢰성인증시험을 수행할 예정이므로 이로 확인하기로 하였다.
- 4.2 내구시험 방안은 신뢰성기준으로 제정된 선박 디젤기관용 연료분사밸브 신뢰성기준을 활용하여 수행하기로 한다.

- 4.3. 개선전 제품과 비교시 개선후 제품이 확실히 성능이 우수해졌고, burr에 의한 이상 비산이 없음을 확인하였다. 그러나 외산 제품과 비교시 각 공정의 적용에 의해서 초기 목적이었던 Burr의 제거는 달성하였으나, 제조공정의 자동화를 통한 가공의 균질성을 높일 필요성이 제기되었다.
- 4.4. 따라서 추후 가공공정 자동화를 이루어 다시 유동가시화 기법을 이용하여 성능점검을 실시할 필요가 있다.