

저속 2행정 디젤엔진의 윤활 및 마모 모니터링 기술 적용 연구

안용희⁺·김대영⁺⁺·박득진⁺⁺⁺·김세락⁺⁺⁺⁺

A Study on Lubrication and Wear Monitoring Technology for 2-strok Low Speed Diesel Engine

Yong-Hee Ahn⁺, Dae-Young Kim⁺⁺, Deuk-Jin Park⁺⁺⁺ and Se-Lak Kim⁺⁺⁺⁺

Abstract : 저속 2행정 디젤엔진의 대형화 및 고출력화에 따라 피스톤링 및 실린더라이너 등은 보다 가혹한 마찰/마모 조건에 노출되고 있으며 비정상적인 마찰/마모 등 윤활 관련 문제가 빈번하게 발생되고 있다. 이러한 마모 문제를 해결하기 위해 윤활 설계 개선, 윤활유 성능 개선, 마모 메카니즘 규명 등의 다양한 관점에서 대책안들이 연구되어 제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 실린더라이너의 이상 마모 현상 등을 방지하기 위한 윤활 및 마모 모니터링 기술 동향에 대해 살펴보고 윤활유 모니터링 시스템 개발 사례에 대해 소개 하고자 한다.

Key words : 윤활, 마찰, 마모, 실린더

1. 서 론

선박용 및 육상 발전용 저속 2행정 디젤엔진이 점차 대형화되고 있으며, 엔진의 성능, 수명, 신뢰성이 선박의 운항과 발전 효율에 직접적인 영향을 미치고 있다. 따라서 세계적인 주요 선사, 오일 공급회사 및 엔진 메이커들은 이들 엔진의 성능과 신뢰성을 향상시켜 엔진의 사용수명 연장과 고장으로 인한 손실을 줄이고자 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력의 중요한 한 분야가 엔진 실린더의 원활한 윤활과 함께 마찰/마모를 방지하고 엔진의 이상 징후를 사전에 감지하여 엔진의 평균 정비 시간을 연장함과 동시에 치명적인 고장을 예방할 수 있는 기술을 개발/적용 하는 것이다.

따라서, 본 연구에서는 피스톤 링, 실린더의 연소실 부품 계통을 중심으로 윤활 및 마찰/마모 모니터링 기술 개발 동향에 대해 살펴보고 실제 엔진에 대한 윤활유 모니터링 시스템 적용 연구 결과에 대해서 살펴보고자 하였다.

2. 모니터링 시스템 기술개발 동향

실린더라이너와 피스톤링의 원활한 윤활과 함께 배기가스로부터 연소실 부품의 손상을 방지하기 위해 공급되는 실린더 오일이 부적절 하게 공급될 경우 발생할 수 있는 문제의 다음과 같이 정리될 수 있다. 실린더유가 과잉으로 공급될 경우의 부작용으로는 엔진 운전비용의 증대, 배기 계통의 부착물(deposit) 증대, 질소산화물 제거용 SCR 촉매의 수명 단축 등의 문제가 발생할 수 있다. 반면 실린더유가 부족할 경우 발생할 수 있는 문제는 피스톤 링 및 라이너의 마모/과파 증가, 실린더 부식 발생, 실린더 내부의 청정성 불량 등이다.

실린더유 윤활 개선을 위한 연구사례를 살펴보면 주요 윤활유 제조사들은 주로 실린더유 자체의 성능 개선과 적절한 사용량에 관한 연구를 수행하고 있으며, 엔진 메이커에서는 엔진의 구조, 형상 또는 주유 방법 개선을 통한 엔진 윤활 성능 개선을 방법을 도출하기 위한 연구를 수행 중이다. 또한 윤활 문제 등으로 인해 발생할 수 있는 문제를 사전에 감지하고 피해를 최소화하기 위해 여러 가지 모니터링 기법이 개발되어 적용되기 시작하였으며 주로 실린더 오일 분석을 통한 모니터링 기법을 활용하고 있으며, 광학식 센서를 이용한 방법, 화학적 분석을 현장에서 간단히 실시할 수 있도록 구성된 방법 그리고 전자기적인 신호를 이용한 방법 등이 주류를 이루고 있다.

실린더 오일의 분석을 통한 정확한 data를 확보하기 위해서는 정확한 분석기법이나 분석 장치를 활용하는 것도 중요하지만 실린더 내부의 정보를 정확히 반영할 수 있는 시료를 채취하는 것이 더욱 중요하다. 이러한 시료의 채취 방법으로는 대부분 실린더 하부의 drain oil을 채취 하여 drain oil에 포함된 마모분을 분석 하는 방법을 사용하고 있으며, Shoji(1991) 등은 실린더 라이너에서 오일을 직접 채취하여 TBN을 분석하는 방법을 적용하였다. 또한 drain oil에 포함된 금속 마모분을 분석하는 기법으로는 주로 Fe 성분을 지표로 활용하는 방법, Cr 성분을 지표로 활용하는 방법 그리고 금속 성분의 총량을 이용하는 방법 등이 보고 되고 있다.

3. 실린더 오일 직접 감시 시스템 연구사례

3.1 실린더 오일 채취 방법

현재 대부분의 실린더 오일 분석 기법에 적용되고 있는

+ 현대중공업 산업기술연구소 재료연구실, E-mail: bioteam@hhi.co.kr, Tel: 052)230-5513
++ 현대중공업 산업기술연구소 재료연구실, E-mail: dykim2000@hhi.co.kr, Tel: 052)230-5511
+++ 현대중공업 엔진기술개발부, E-mail: pdj@hhi.co.kr, Tel: 052)230-7239
++++ 현대중공업 대형엔진설계부, E-mail: kimselak@hhi.co.kr, Tel: 052)230-7245

drain oil 분석 방법은 시료 채취의 용이성 및 실린더 내부의 전체적인 상태에 대한 평가의 용이성 등 여러 가지 장점이 있다. 그러나 drain oil에는 실린더 라이너와 피스톤 링과의 마찰/마모에 의해 발생하는 현 상태에 대한 정보뿐만 아니라 잉여 연료유의 오염, 연소 잔류물의 오염 그리고 드물게는 시스템오일의 오염이나 냉각수의 오염 등으로 인해 정확한 실린더 내부의 상태를 예측하기 어려운 경우가 자주 발생된다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위한 방법으로 실린더 라이너에서 특별히 고안된 실린더 오일 채취 장치를 이용하여 직접 오일을 채취하고 오일 특성 변화 분석을 통해 모니터링 시스템으로서의 유용성을 평가 하였다. 실험에 사용한 엔진은 98MC 계열의 엔진으로 실린더 오일 채취 위치는 Fig. 1과 2에 나타내었다.

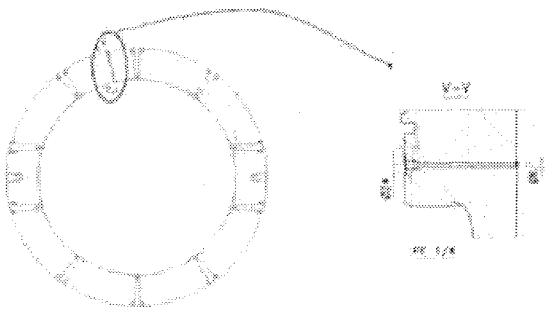


Fig. 1 실린더 오일 채취 위치에 대한 단면도

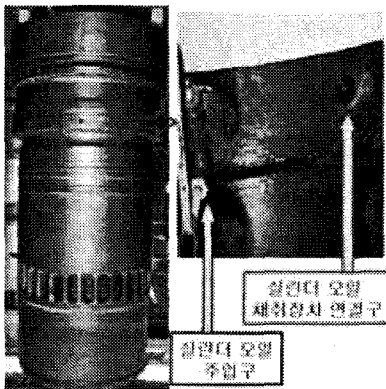


Fig. 2 실린더 오일 채취 위치

3.2 분석결과 및 평가

Table 1 및 2는 신유 및 엔진 시운전 중 채취한 오일의 분석 결과를 나타낸 것이다.

Table 1 실린더 오일 정상 분석 결과

구분	점도 (cSt @100°C)	TBN (mg KOH/g Oil)	Soot (%)
신유	18.3	68	-
채취유	18.8	66	1.3

Table 2 실린더 오일 ICP 분석결과(단위:ppm)

구분	Fe	Cu	Cr	Pb	Ca	Cd	V
신유	9.1	0.1	1.1	0	25,480	0.3	1.8
채취유	105.5	87.3	2.8	6.1	24,560	0.6	2.3
연료유	2.8	0.2	0	7.5	10.4	0	61.8

이상의 분석 결과를 보면 엔진 연소 과정에서 필연적으로 발생하는 soot가 1.3% 검출되고 있어 엔진 연소실 내의 분위기가 직접적으로 반영되고 있음을 알 수 있다. 또한 ICP 분석 결과 채취한 오일에서는 105.5 ppm의 Fe와 함께 다량의 금속 성분들이 검출되고 있다. 따라서, 실린더 오일 채취 장치는 실린더 내부의 상태를 진단하는 마모 모니터링 시스템으로 충분히 활용 가능한 것으로 평가되었다. 그러나 실제 엔진에 적용하기 위해서는 윤활유의 철 성분 등 모니터링에 필요한 성분 분석을 선상에서 바로 분석할 수 있는 기술과의 접목에 대한 연구가 필요하다.

4. 결 론

저속 2행정 디젤엔진의 윤활 및 마찰/마모 모니터링 기법으로 많이 사용하는 drain oil 분석 기법 대신 외부 환경에 의한 data의 교란이 적은 방법으로 실린더 오일을 라이너에서 직접 채취하는 기법을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 자체 고안한 실린더 오일 채취 장치를 이용하여 실시간 실린더 오일 채취가 가능하였다.
- 2) 채취한 실린더 오일의 특성 변화 분석을 통해 윤활 및 마모 감지 시스템으로서의 유용성을 확인하였다.

참고문헌

[1] Shoji Mitsutake, "Evaluation Method of Lubrication by Oil Sampling from Liner Wall for Marine Diesel Engine", Bulletin of the M.E.S.J., Vol.19, No.1, 1991

[2] Keith Saddler, "Cylinder oil feed rate optimisation", The Motor Ship, October 2002

[3] M J Cannon and T Garner, "A Tribo-Chemical Investigation of Cylinder Lubrication in Advanced Research Low Speed Engine Operated Under Extreme Condition", CIMAC 1995