

2. 특집기사

실린더 윤활시스템의 최근 개발동향

Alpha Lubricator with Adaptive Cylinder-oil Control



배 수 호 부장
Soo-Ho Bae

• MAN B&W korea
• E-mail:snb@manbw.co.kr

1. 머리말

저속2행정 디젤엔진의 선두 주자인 MAN B&W사는 특히 대형엔진에서 많은 비용이 지출되는 실린더 오일 소모량을 줄이기 위한 연구 및 개발에 많은 시간과 노력을 쏟은 결과 매 4(혹은 5,6) 회전마다 한번씩 만 고압의 실린더 오일을 정확히 피스톤링 팩(Pack)에 주사하는 전자제어 시스템인 Fig.1과 같은 'Alpha Lubricator'를 개발하여 1998년 7S50MC 엔진에 처음 장착한 이래 2002년 말 기준으로 200 세트 이상의 주문을 확보하였고, 이미 65 세트 이상이 엔진에 설치되어 성공리에 상업 운전되고 있으며 최저 0.5g/bhp/h의 적은 실린더 오일 주입량만으로도 만족스러운 결과를 내는 것으로 검증되고 있다. 현재 Alpha Lubricator는 실린더 직경 600 mm 이상의 모든 MAN B&W 2 행정 엔진에 적용 가능하며, 500 mm 이하의 소형 엔진에는 옵션(Option)으로 적용 가능하다. 게다가 최근에는 연료유의 유향 함유량에 비례하여 실린더 오일 주입량을 자동 조절하는 'Alpha Lubricator with Adaptive Cylinder-oil Control : Alpha ACC'을 개발하여 실제 운항중인 배에서 많은 테스트와 검증을 거친 후 2003년 1월 1일부

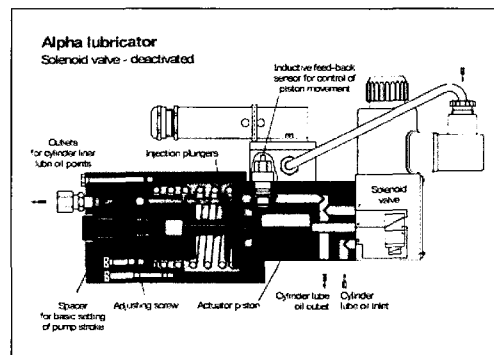
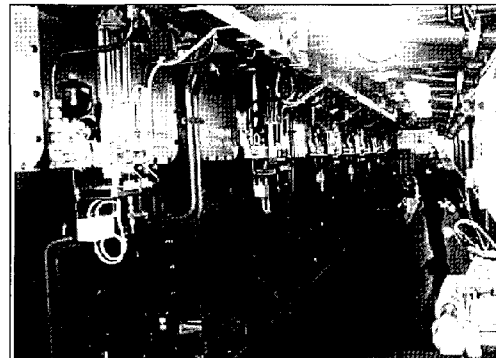


Fig. 1 Alpha lubricator system.

1일부터 모든 Alpha Lubricator에 표준으로 적용하기로 하였다.

2. 작동 원리

Alpha Lubricator ACC의 원리는 Fig.2에 나타난 바와 같이 연료유에 포함되어 실린더에 유입되는 유황의 양에 비례적으로, 실린더 오일의 주입량이 제어된다. 즉 아래의 두 가지 기준에 의해 최적의 실린더 오일주입량이 결정된다.

- 실린더오일 주입량은 연료에 포함된 유황의 비율에 비례함.
 - 실린더오일 주입량은 엔진부하 (즉, 실린더에 유입되는 연료량)에 비례함.
- 상기의 원리는, 실린더라이너 마모의 주된 요인

이 부식성향에 따른 것이라는 관찰에 근거를 두고 있다. 그러므로 실린더에 필요한 중화용 알칼리 성분의 양은 실린더에 유입되는 유황의 양(아황산을 발생 시키는)에 비례하여야 한다. 최소 실린더오일 주입량은, 실린더오일의 또 다른 역할인 충분한 유막 형성 및 세정성(Detergency) 등을 고려하여 결정된다.

Fig.3은 연료에 포함된 유황의 비율에 비례한 실린더 오일 주입량 제어를 보여 준다. 상기의 최소값(0.5g/bhph)은 기본적인 값이고, Alpha Lubricator로 성취할 수 있는 최적의 윤활이 될 경우에 향후 이 최소 값을 더 줄일 수 있을 것으로 기대한다. 그리고 이 그래프는 표준 TBN(Total base number) 70~80 실린더 오일 기준이며, 유황 함유량 1%이하의 연료로 장기간 운전할 경우에는, 낮은 TBN 40~50의 실린더 오일로 교체할 것을 권한다.

Fig.4의 그래프에서 위에서부터 엔진회전수 비례, 평균유효압력 비례 윤활과 함께 엔진부하에 비례하는 실린더 오일 주입량 제어를 나타낸다. 그리고 부분부하에서 엔진 부하에 비례하는 실린더오일 주입은 많은 비용절감을 가져올 뿐 만 아니라 과도한 윤활로 인한 대기 오염도 줄일 수 있다. 그러나 25% 부하이하에서는 부하비례 윤활이 정지되고 엔진회전수 비례 윤활로 전환된다.

상기 Alpha Lubricator ACC는 Fig.5에서 보이는 바와 같이 소위 'Sulphur algorithm'으로 실행되어진다. 이 시스템의 현 버전에서는, 선내 승무

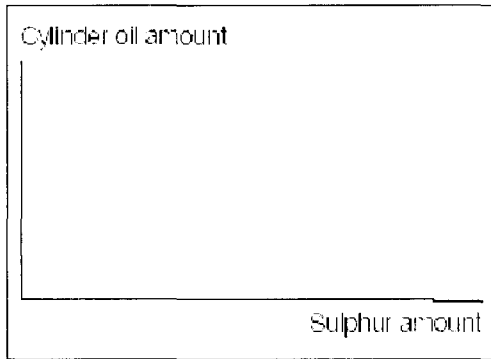


Fig. 2 Cylinder oil amount proportional to sulphur amount entering the cylinders.

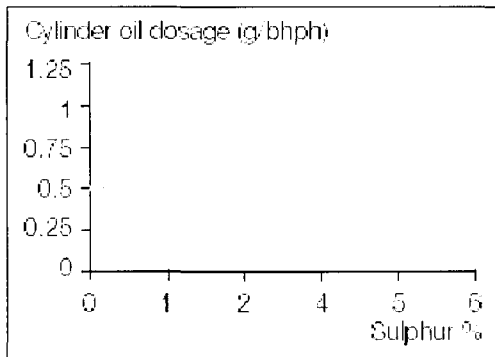


Fig. 3 Cylinder oil amount proportional to sulphur amount in the fuel.

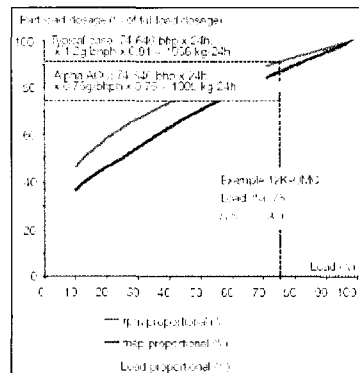
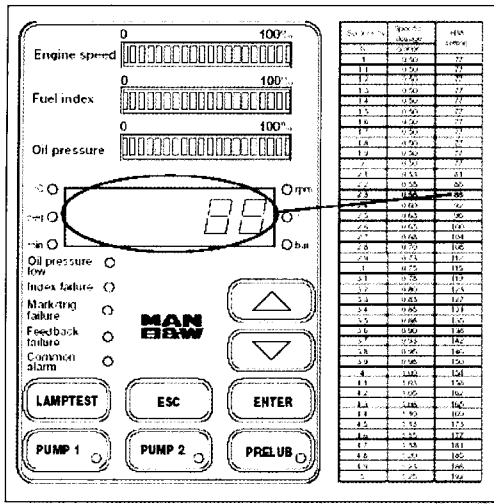


Fig. 4 Load-dependency of cylinder oil dosage in Alpha ACC.



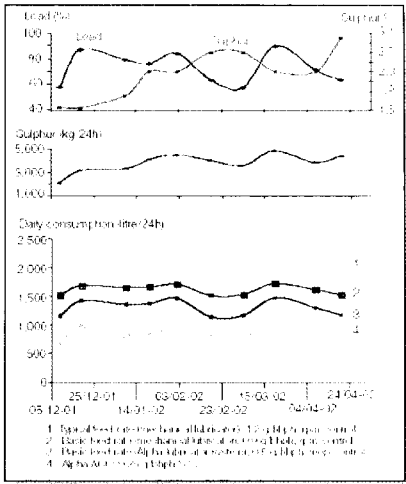
'Sulphur algorithm' in the Alpha lubricator system.

원이 연료사양이 변경될 때 Fig.5의 사용연료의 유황 비율과 변환표를 기준으로 HMI 패널에 한번의 입력으로 실행된다.

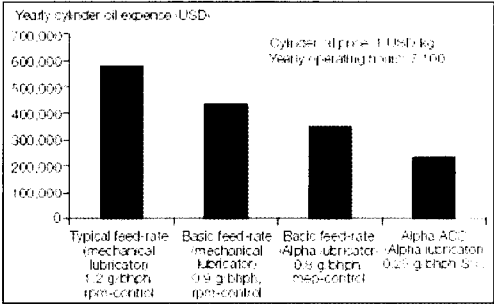
3. 경제적 및 환경적 이점

Alpha ACC의 이점을 예증하기 위해 12K90MC 엔진이 장착된 6,800 Teu 컨테이너선이 선정되어 2001년 12월 초에 Alpha ACC가 설치되었고, 그 이후로 이 선박은 Fig.3~4 (Sulphur Algorithm)에 따른 실린더 오일 주입량 제어로 운항해왔으며, 첫 5개월간의 운항결과는 Fig.6과 같다. 그리고 이 그림의 최 상단 그래프는 부하변동에 따른 연료유의 유황 함유량의 변이를 보여주며 중간 그래프는 연료유에 포함되어 실린더에 유입되는 유황의 총량을 보여준다. 또한 이 그림 아래에서는 각기 다른 네 가지 방법에 의한 윤활유 소모량을 보여준다.

또한 Alpha ACC를 적용하면 Fig.7에 보인 바와 같이 실린더 오일에서 연간 미화 34만 불을 절감할 수 있는 매우 뚜렷한 경제적인 지표를 보여준다. 게다가, 이 경우 환경영향도 경제적 이점과 함께 좋아진다. 당연히, 상기의 실린더오일 절감은 허용되는 실린더 라이너 마모수치를 유지 하면서 얻어져야 한다.



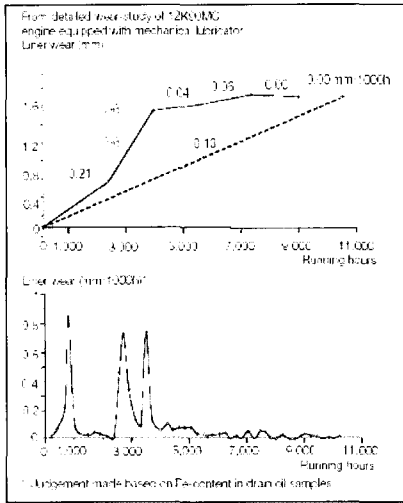
Typical operating profile for a large container vessel equipped with 12K90KC.



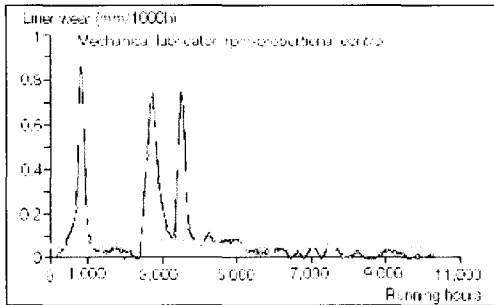
Yearly cylinder oil expenses with various cylinder lubrication principles.

12K90MC와 유사한 엔진의 실린더 라이너 마모의 특성에 대한 이전의 조사에서는 실린더 라이너 마모의 대부분이 낮은 실린더오일 주입율(고 부하로 인한)과 높은 유황 함유량이 겹쳐지는 짧은 순간에 일어난다는 것을 보여준다.

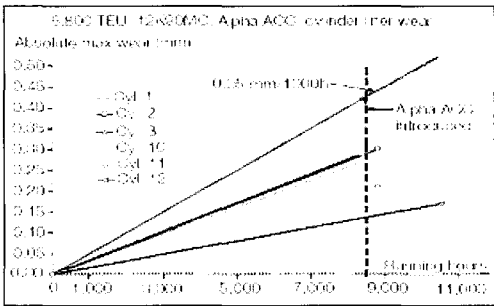
Fig.8은 엔진회전수 비례 제어되는 기계식 윤활기가 장착된 12K90MC 엔진에서 얻어진 결과를 보여준다. 당연히, 마모 최대치는 실린더 오일 투입량 증가로 막을 수 있다. 그러나 단순한 주입량 증가는 실린더 오일 비용을 급격하게 증가시킬 것이며, 게다가 저 유황연료 운전(구경 연마) 및 부분부하 운전 기간 동안의 스커핑(Scuffing) 위험을 증가시킬 것이다. 하지만 Alpha ACC에서는 이러한 위험이



Detailed wear study on a 12K90MC equipped with mechanical lubricators.



Cylinder liner wear between traditional lubrication and Alpha ACC.



Cylinder liner wear before and after introduction of Alpha ACC.

제거되고, 실린더 라이너 마모가 Fig.9와 같이 안정 될 뿐 아니라 장시간 예측이 가능하며, 평균적으로 마모량이 적어지는 것으로 나타났다.

즉 Fig.10에서 Alpha ACC가 장착된 12K90MC 에서 실시된 첫 실린더 마모 측정은 실린더 라이너 마모가 매우 적고, 심지어 실린더 오일 소모량도 매우 낮음을 보여주고 있다.

4. 결 론

Alpha ACC는 여러 가지 다른 모델의 MC/MC-C 엔진에서 광범위하게 테스트 중이며, 지금까지의 테스트 결과로 보면 실린더 오일 소모량 절감, 연소실 마모 수치 및 특히 입자배출에 대한 영향과 관련하여 높은 가능성을 보여주고 있다. Alpha ACC는 2003년 1월 1일부터 Alpha lubricator가 장착되는 모든 MC 및 ME 엔진에 표준으로 적용되며, Fig.11에서 보는 바와 같이 운항중인 선박에 Alpha lubricator ACC를 설치 할 경우 2년 이내에 초기 투자비용을 회수 할 수 있으므로 선주에게는 굉장히 매력적인 투자가 될 것이다.

Engine type :	6S70MC	
Layout point :	SMCR	22,920 bhp
Load point	NCR = 90.0% of SMCR	20,628 bhp
Fuel oil sulphur content	3%	
Cylinder lubricating oil consumption		
With mechanical lubricators	1.20g/bhph	
Cylinder lubricating oil consumption		
With Alpha lubricators	0.75g/bhph	
Running hours per year	7,000 hours	
Lubricating oil price	100 Cent/litre	
Lub.oil consumption with mechanical lubricators	186 ton	
Lub.oil consumption with Alpha lubricators	108 ton	
Saving in cylinder lub. oil consumption	78 ton	
Saving in cylinder lub. oil consumption	84,333 litres	
Saving in USD	84,333 USD	
Exchange rate	7.55DKK/USD	
Price for Alpha lubricator system	641,400 DKK	
Price for supervision during installation	89,000 DKK	
Price for fitter's assistance	130,000 DKK	
Total price for Alpha lubricator system	860,400 DKK	
Total price for Alpha lubricator system	113,960 USD	
Pay backtime	1.35 Years	

Retrofit of Alpha lubricator system with Alpha ACC.