

潤滑對策



4사이클 디젤엔진의
燃料油 重低質化에 대한
潤滑油의 對策.

裕成貿易商社

CHEVRON CHEMICAL 한국대리점

營業部長 車 點 植

서론

1973년 제 1 차 석유파동 이래 잇단 원유가격의 폭등은 에너지원으로서 石油의 위치를 서서히 저하시키고 있다. 즉 국제적인 성에너지화와 에너지 다양화 움직임은 석유 대체 에너지 개발과 그러한 쪽으로의 전환을 촉진하고 있다.

우리 나라에서도 1978년도 총에너지중 석유의 존도가 63.5% 이던것이 점차 감소하여 1985년도에는 49.1%에 이르렀고 이러한 추세는 2000년대에 40%이하 선까지 가능케 할 전망이다.

실제 산업계에 있어서도 시멘트, 철강, 전력등 B-C유 대량 수요처가 주로 석탄으로의 전환을 강력히 추진하고 있고 특히 시멘트, 전력분야에서 B-C사용량은 격감 되고 있다. 그렇지만 품질, 가격면에서 대등하게 경쟁할 수 있는 대체 에너지를 갖고 있지 않는 內燃機關用 燃料油나 民生用 灯油, 석유화학, 원료용 납사등은 미래에도 여전히 석유 중심일 것이며, 석유제품 需要의 輕質化는 더욱 현저하게 나타날 것이다.

이러한 상황하에서 중질유 총수요에 접하는 선박용의 역할은 금후 점점 커질 것으로 예상되며 동시에 진행되는 선박 연료유의 重低質化 對策이 대단히 중대한 의의를 갖게 된다. 즉 선박추진

기관중 절대적 우위를 점하고 있는 디젤기관에 있어서 어떻게 해서든 극복해야 할 큰벽이 이 燃料油 重低質化 對策이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 본고에서는 주로 4사이클 디젤기관 (트렁크 피스톤형)에 있어서 燃料油 重低質化 對策중 윤활유의 대책에 관해 서술하고자 한다.

1. 使用 燃料油의 品質 等항

금후 선박용 연료유는 어느 정도까지 重低質化 될 것인가? 윤활유를 언급하기 전에 이점에 대해 간단히 언급해 두고 싶다. 이 重低質化는 물론 단순한 점도 증가 뿐만이 아니고 디젤 연료유로서의 연소특성 및 처리방법에 관계되는 각종성상 예를들면 비중, 잔류탄소분, 아스팔트분, 유황분, 각종 금속분, 수분, 회분, 기타 혼합안정성 등의 나쁜 방향으로의 변화 정도를 포함하고 있다.

1) 중속 트렁크 피스톤형 기관

SEMT-PC 엔진이나 MAN-V 엔진을 탑재하고 있는 대형 상선의 주기관은 물론이고, 중속 중형 엔진을 탑재하고 있는 각종 내항선에 있어서도 B-C유 사용이 차제에 일반화 되어가고 있다. 대형선의 발전기용 엔진에 대해서는 종래 MDO (MARINE DIESEL OIL)을 사용해 왔으나 최

근은 B-A유와 B-C유 혼합유나 B-C유 단독으로 대체되어 가고있고 내항선 등도 같은 현상이 일어나고 있다. 다시말하면 중속엔진에 있어서 주된 연료유는 실질적으로 B-C유이고 보완적으로 일부 B-A유가 사용되고 있으나, B-B유와 B-A유의 단순 혼합품이고 그 수량도 점점 줄어들고 있다.

저속 2사이클 엔진과 경합하고 있는 SEMT, MAN, MAK 등의 대출력 중속 4사이클 엔진에 있어서는 B-C유 중에서도 MF 180급 고점도 重油가 일반적으로 사용되고 있다. B-C유 성상은 原油의 종류나 분해프랜트 有無 등에 의해서 실질적으로 영향을 받고, 지역에 따라 품질이 크게 차이가 나서 품질불량에 의한 트라블이 다발하고 있다. 이 때문에 선박용 연료유의 국제적인 規格化의 요청이 높고 ISO(국제 표준화 기구)에서도 이것을 받아드릴 구체적인 검토를 하고 있는 것으로 알고 있다.

2) 중속 엔진용 重質油의 품질 동향

輕質油를 얻기위해 본격적인 중질유 분해 프랜트를 도입할 경우 그 분해 잔사유의 처리가 각 정유사에서는 상당히 큰 문제로 부각될 것이다. 현재로서는 선박 연료유로 사용하는 것이 가장 바람직 하다고 생각된다. 우리나라의 경우 접촉분

해법(CATALYTIC CRACKING PROCESS)이나 수소화 분해법(HYDRO CRACKING) 등에 의한 重質油 分解 잔사유가 생산되고 있지 않기 때문에 미국, 유럽등의 기름에 비해서 안정한 양질의 B-C유가 현재 공급되고 있다. 그러나 가까운 장래에 접촉분해법 수소화 분해법등 각종 重質油 分解 프랜트가 가동될 것이 확실시 되고 있고 그 경우 실질적으로 선박 연료유 重低質化가 큰 문제로 부각될 것이다.

이 값싼 重質油를 어떻게 잘 연소 시킬 것인가 하는 문제가 엔진 메이커에 있어서 최대의 至上 命題이며 또한 엔진쪽의 기술혁신이 절실히 요망되고 있다. (표-1)에 주요 중속 엔진메이커가 발표하고 있는 사용 연료유의 한계 정상치이며, (표-2)에는 주요 석유 메이저가 발표한 장래의 연료유 성상과 현재 중속기관에 사용되고 있는 대표성상을 비교하여 나타내었다.

2. 燃料油 重低質化가 潤滑油에 미치는 영향

소형 어선에서 대형 상선까지 4사이클 디젤기관 적용범위는 거의 전동력선이 그 대상이 되고 있다. 따라서 여기에 사용되는 연료유도 경유에서 고점도B-C유까지 다양하나 어느쪽이든 전체적인 輕質油 부족현상의 영향을 받아서 정도

표-1. 주요 엔진 메이커의 연료유 규격

	B & W	GMT	MAK	M. A. N.	S. E. M. T	SULZER	SWD
DENSITY kg/l 15°C	0.99		0.97	0.99	0.99	0.99	0.99
VISCOSITY KINEMATIC CST 50C MAX	380	370	420	420	420	380	400
SULPHUR % MAX	4		3.5	4	4		
CARBONE RESIDUE (CCR) %	12	13	18	15	15	15	18
ASPHALTENES % MAX	10	8	10	2/3CCR		2/3CCR	
VANADIUM mg/kg MAX	250	200		300		200	
NATRIUM mg/kg MAX	80	15		1/3 V		1/3V	
FLASH POINT °C MIN						60	
POUR POINT °C MAX				30			
CETANE NUMBER MIN				35	30	30	
ASH % MAX	0.1	0.2		0.1	0.1	0.1	
WATER % MAX	0.5			1.0		1.0	
SEDIMENT % MAX				0.25			

표-2. 석유 메이저에 의한 향후 연료유 성상 예측

OIL MAKERS	년	1980	1985		1985 이 후		
	표준성상	EXXON	SHELL	EXXON	SHELL	B P	
DENSITY kg/ℓ 15℃	0.962	0.99	0.99			0.99	
VISCOSITY cst 50℃	142.62	480-500	460	600	600	600	
RWI 100F		4,800	4,500	6,000	6,000	6,000	
CARBONE RESIDUE Wt %	9.94	20	16.5	20	20	22	
ASPHALTENES Wt %	4.54	10.5	-	14	-	-	
SULPHUR Wt %	3.04	5.0	4.5	5.5	5	5	
VANADIUM PPM	63	500	-	500-600	-	-	
ASH Wt %	0.01	0.1	0.1	0.15-0.2	0.15	0.2	
WATER Vol %		0.25	1.0	1.0	1.0	1.0	
WATER & SEDIMENT Wt %		60	0.25	0.25	0.25	0.25	
FAASH POINT (MIN) ℃	116	30	60	60	60	60	
POUR POINT (MAX) ℃	-7.5		24	30	30	30	

의 차이는 있으나 重質化의 움직임이 파급되고 있다. 기관 타입이나 크기에 따라 미치는 영향이 다소 차이가 있겠으나 燃料 重質化에 의한 성상 변화중에서 특히 潤滑油에 대해 영향이 크다고 생각되는 항목에 대해서 서술코저 한다.

1) 잔류탄소 및 아스팔트분

燃料油 重低質化중에서 潤滑유에 가장 크게 영향을 주는 것이 이 잔류탄소 및 아스팔트분의 증가일 것이다. 연소되기 어려운 그으름이나 스러찌 발생이 많고 연소실내의 퇴적물을 증가시켜 潤滑유의 오염, 열화는 동일 조건하에서 분명히 증가한다. 잔류탄소나 아스팔트분의 증가에 의해서 연소시간의 연장이나 연소지연 현상(AFTER BURNING)은 라이나 습동면의 潤滑유를 고온에 장시간 노출시키게 되어 발열, 熱劣化, 산화 등으로 유막형성이 불충분하게 되며 동시에 潤滑유 자체의 열화가 촉진된다.

2) 유황분

연료유 重低質化에 따라 유황분은 일반적으로 약간 증가한다. 유황분이 증가함은 같은 조건하에서 황산 생성량이 증가하여 潤滑유에 의한 中和負荷는 자연히 증가하게 된다. 연료유 중저질화 대책으로서 엔진측의 대응도 연구 개발되고 있으나 실제에서는 실린더 라이나 潤滑면을 어느 정도 황산의 露點溫度 이상으로 유지하는가에 따

라서 황산의 생산량도 달라진다. 또한(그림-1)에 나타낸 것과 같이 연소 그으름은 연료중의 유황분에 의해서 생성되는 황산의 흡착제적인 작용을 하기 때문에¹⁾ 연소상태가 나쁘게 되고 중저질화로의 이행은 이점으로도 潤滑유의 중화부담을 증가시킨다.

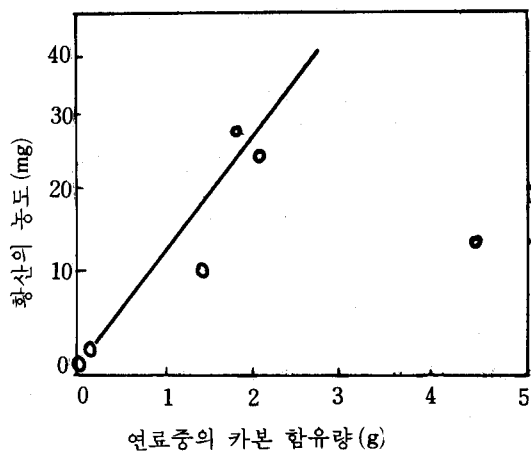


그림-1. 潤滑유 중 카본 농도와 황산농도와의 관계

3) 수 분

연료유의 중저질화에 의해 직접 수분이 증가하는 것은 아니나 비중, 점도 상승은 원심분리기나 세트링탱크에서 수분리가 불완전해서 결과적으로 연료중의 수분이 증가하는 결과가 된다. 연료중의 수분이 증가하면 어쨌든 황산 생성의 가능성이 높아져고 윤활유의 염기가를 저하시킨다. 수분이 7% 혼입된 연료를 사용한 SULZER T-48 엔진으로 시험한 결과인(그림-2)에서 연소실 각부의 온도가 수분이 없는 경우보다 높게되어²⁾ 윤활유에 대한 熱的劣化를 촉진시킨다. 또 수분의 증가는 기타 형태로 윤활유와 접촉하는 기회가 커지기 때문에 수분에 의한 첨가제 공격을 조장하여 전반적인 윤활유 성능 저하와 함께 칼슘계 첨가제의 석출을 유발케하기도 한다.

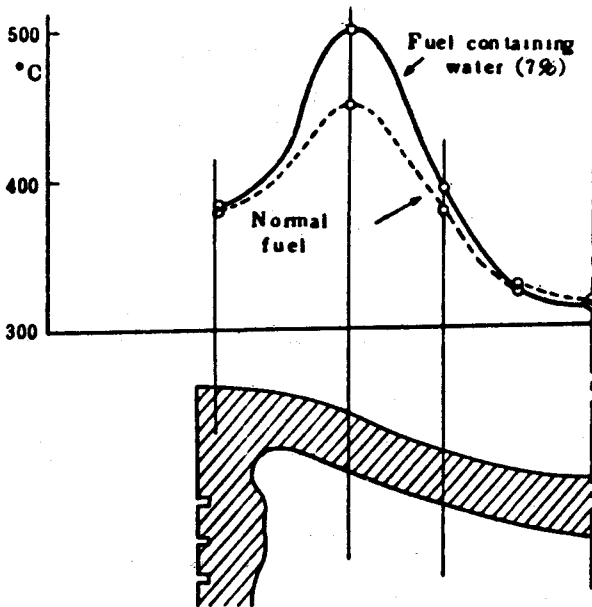


그림-2. EFFECT OF WATER IN FUEL ON PISTON CROWN TEMPERATURES

4) 점 도

연료유의 중저질화는 그 문자가 내포하는 것과 같이 점도가 증가하게 된다. 점도가 증가하면 연

소실내에서의 분무상태가 나쁘게되어 기관의 연소에 악영향을 주고 윤활유의 오염도 증대시킨다. 점도를 낮추는데는 온도를 올리므로써 다소 카바할 수 있으나 重質 분해유의 고점도유는 VAPOR LOCK 를 일으키기도 하고 또 과열에 의해 연료유의 열화는 펌프 계통의 트라블을 유발시키는등 연소조건을 가혹한 쪽으로 유도한다.

5) 바나디움분

바나디움분은 사용되는 原油의 종류에 의해서 직접 영향을 받기 때문에 지역적으로 차이가 크다. 바나디움을 특히 다량 함유한 원유는 중남미산이며 나트륨과 공존으로 배기계통 고온부식의 원인이 된다. 일반적으로 연료유가 중저질화하면 바나디움 등의 중금속분은 약간 증가한다. 배기밸브 막힘에 대표되는 바나디움 ATTACK 는 바나디움분 증가 영향과 함께 중저질화에 의한 전반적인 연소온도 상승, 배기온도 상승에 의해 급후 점차 증대 할 것이다. 윤활유에 있어서는 극히 가혹한 상태에 노출되어 연소불량에 의한 불완전연소카본, 스러찌 등이 증가하고 주변 온도도 상승해서 윤활유의 오염, 열화는 증가한다.

3. 潤滑油에 요구되는 性能

트렁크 피스톤형 기관은 연소실에 연결된 피스톤 슝동부와 크랭크 케이스부가 일체화한 기구이고 여기에 사용되는 윤활유의 특징으로서는

- ① 일부 중·대형기관을 제외하고 시스템유와 실린더유가 겸용으로 사용되고 있어 양쪽의 성능을 겸비해야 한다.
- ② 각종 연소 생성물 혼입에 의한 오손이 크고 또한 이 오염된 기름으로 축수부의 윤활, 냉각을 해야 한다.
- ③ 실린더 윤활을 하는 기름은 대부분 순환사용법을 채용하고 있어 신유 성상에 비해 실린더유로서 성능이 저하된다.

위와 같은 점으로 저속 크로스헤드형 기관에 사용되는 윤활유 보다도 요구되는 성능이 많고 또한 가혹한 사용 조건에서 운전되고 있다. 또 실린더 注機가 따로 있는 일부 기관에 대해서도 스플래시급유(SPLASH OILING)의 비중이 높고, 또 주유된 실린더유의 상당한 부분이 크랭크

실에 떨어져서 시스템유와 혼합하게 되므로 트렁크 피스톤형 기관의 윤활유는 어쨌든 시스템유, 실린더유의 양성능을 겸비할 필요가 있다. 즉, 트렁크 피스톤형 기관의 윤활유에 요구되는 성능은 다음과 같다.

- 산중화성
- 천정분산성
- 열 및 산화안정성
- 내하중성
- 내수성 및 수분리성
- 방청성
- 베어링 부식 방지성
- 막힘 방지성

이상과 같은 윤활유의 일반적 요구 성능중에서 급후 燃料油 重低質化에 수반되는 각종 성상 품질변화는 앞에서 서술한 것과 같이 윤활유의 오손, 열화를 촉진하고 여기다가 엔진자체의 대응책이 증가되어 윤활조건은 점점 가혹하게 될 것으로 생각된다. 특히 저속 크로스헤드형 기관에 비해서 연료 중저질화에 대한 感度가 높은 트렁크 피스톤형 기관의 윤활유에 있어서 각종 악조건에 대처할 수 있는 여러가지 면에서 확실한 성능이 요구되고 있다. 燃料油 重低質化에 대해서 윤활유에 요구되는 성능중에서 중요하다고 생각되는 항목에 대해서 아래에 서술코저 한다.

1) 산중화성

연소 생성물중에서 황산을 주체로 하는 무기산이나 유기산을 중화하는 것은 산에 의한 부식마모를 방지하는 것외에도 극히 중요한 의의가 있다. 피스톤링 실린더라이나, 밸브 시스템등의 마모의 대부분은 산에 의한 부식 마모라고 하며 생성되는 황산물질을 가능한한 빨리 중화하고 또 중화능력을 오래 지속시키는 것이 트렁크 피스톤형 기관의 내마모성을 지배한다. 연료 중저질화에 의해 전반적인 Sulfur 함량 증가와 함께 기관의 高壓化등으로 그르름 증가에 의해 황산 생성·증대가 예상되어 종래보다도 산중화 능력이 우수한 것이 요구된다. 고점도, 고잔류탄소, 저착화성, 연소시간연장등 예상되는 중저질 연료의 연소성 개선 방법으로서 기관측에서 고온고압 분사 시스템 채용이 연구 검토되고 있는 것으로

알려져, 차제에 기관의 작동영역이 高壓化될 것으로 예상된다. 이 경우 (그림-3)에 나타난 바와 같이 황산의 노점온도가 압력에 의해서 변화되고

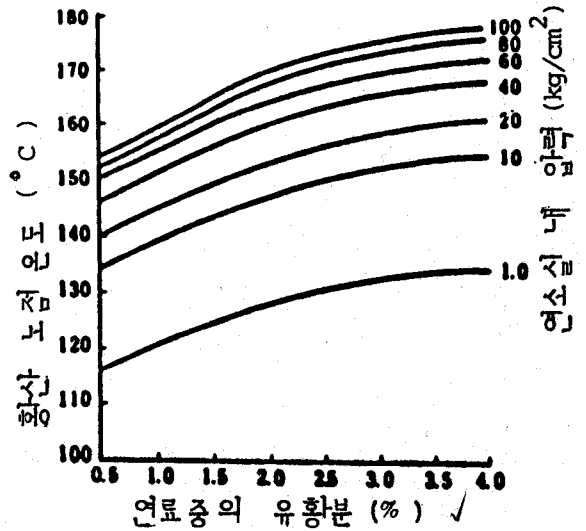


그림-3. 황산의 노점 온도

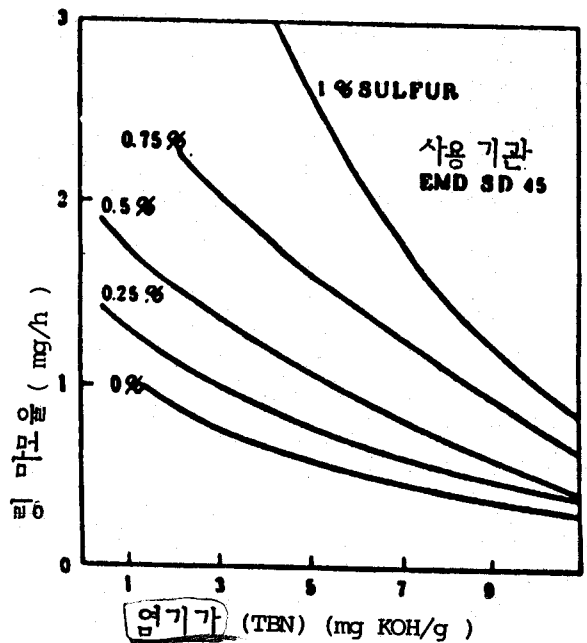


그림-4. 연료유 Sulfur 함량과 엔진유의 염기량 (TBN)가 링 마모에 미치는 영향

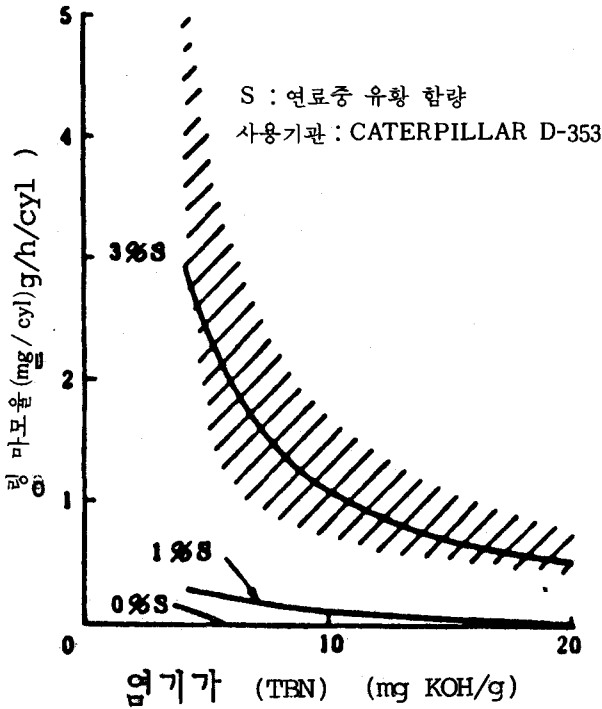


그림-5. 염기가(TBN)와 링 마모율

있음을 알 수 있다. 고압으로 될수록 SULFUR-함량이 동일한 연료유를 사용했어도 황산 생성은 증가하고 있다. 윤활유의 산중화능을 대표하는 것은 염기가(TBN)이다. (그림-4)⁹⁾와 (그림-5)⁹⁾는 사용 연료유의 SULFUR함량에 따른 윤활유의 염기가(TBN)와 링 마모율의 관계를 도시한 것이다.

어느 경우든 연료유 SULFUR함량이 동일한 경우 윤활유의 염기가(TBN)가 높을수록 링마모가 작고 또 SULFUR함량이 높게되면 마모는 증대하나 염기가(TBN)를 높임으로서 충분히 커버될 수 있음을 알 수 있다. 한편 중화능은 단지 염기가(TBN)의 수치만은 아니고 그 질도 문제로 된다. 예를들면 (표-3)⁷⁾은 산중화 속도를 실험적으로 비교한 일예이나 생성한 황산을 가능한한 빨리 중화하는 것은 마찰을 줄이는 큰 요인이 될 것이다.

2) 청정 분산성

연료유의 중저질화에 대해서 윤활유에 요구되

(표-3) 산중화 속도 비교 시험 결과

	ENGINE OIL	RATE OF ACID NEUTRALIZATION, min
FRESH OIL	A OIL (TBN 5)	115
	B OIL (TBN 5)	30
	C OIL (TBN 30)	MORE 400
USED OIL	A OIL (TBN 25)	225
	B OIL (TBN 30)	115

는 성능향상 중에서 특히 중요시 되는 것이 이 청정분산성의 강화 일 것이다. 본래 연소되기 어려운 연료를 사용함으로써 불완전연소 생성물 증대 및 연소온도 상승 기타 열, 산화열화물 증대등은 엔진 각부의 오염을 현저히 증가 시킨다. 윤활유의 청정분산 작용은 기관 각부를 청정하게 유지케하고 각종 슬러지를 미세하게 유중에 분산시켜 이들 입자의 응집, 퇴적을 방지하는 작용을 한다. 청정분산성 평가는 실험적으로 행하기는 상당히 어렵고 최종적인 평가는 실제 기계 혹은 實船試驗에 의뢰해야 하나 최근에는 소형의 시험 엔진으로 각종 중저질연료 시험을 하여 사전 평가하는 경우가 많다. 연료유가 중저질화함에 따른 피스톤 오염이 증가하는 경향을 CATERPILLER - 1G 엔진을 사용해서 확인한 시험 결과를 (그림-6)⁹⁾에 도시되었다. 이것은 염기가(TBN) 30의 윤활유를 사용해서 72시간 실험한 결과이다. FUEL-1, 2, 3 순서로 연료유가 重質化한 것이다. 이 실험에서 링마모가 측정되었는데 FUEL-1이 가장 작고 FUEL-3가 가장 많을거라는 예상·대로의 결과를 나타내 주고 있다. 사용된 연료유 성상을 (표-4)⁹⁾에 나타내었다. 윤활유의 청정분산성은 연소생성물등을 금속표면에 부착 퇴적되지 않도록 하는 청정성과 이들을 유중에 미세하게 분산시킬려고 하는 분산성으로 나누어서 생각할 수 있다.

윤활유의 청정성에 대해서는 산중화성과 마찬가지로 염기가(TBN) 수치가 하나의 기준이 된다. (그림-7)⁹⁾은 개량형 CATERPILLER엔진으로 시험한 윤활유의 염기가 저하에 따른 피스톤 청정성 저하 관계를 나타낸 것이다.

3) 산화 안정성

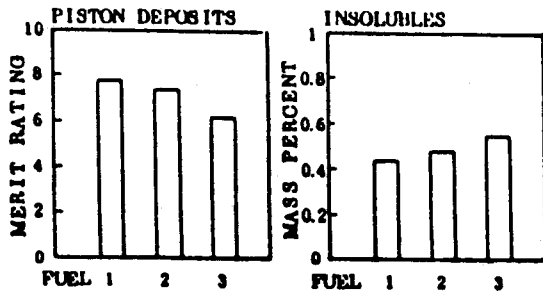


그림-6. CATERPILLER 엔진에 의한 연료유 중저질화와 오염 관계

표-4. 공급 연료유의 성상

		FUEL-1	FUEL-2	FUEL-3
DENSITY (kg/l)	15°C	0.9384	0.9801	0.9827
VISCOSITY (CST)	50°C	288	306	426
"	82.2°C	55.7	61.5	77.6
"	100°C	29.3	31.3	38.6
FLASH POINT (PM)	°C	224	190	120
POUR POINT	°C	36	12	3
SULPHUR	%	1.06	3.28	3.47
CARBON RESIDUE	%	6.6	9.4	13.9
ASPHALTENES	%	0.8	2.6	5.9
WATER	%	trace	trace	trace
CETANE NUMBER		36	30	26
DIESEL INDEX		39	29	21
V	mg/kg	13	29	30
Na	"	7	6	12
Si	"	1<	1<	1<
A	"	1<	1<	1<

순환 사용되는 트렁크 피스톤 기관용 윤활유는 사용시간이 경과됨에 따라 열화하게 된다. 이 열화의 원인으로서 연소 생성물등에 의한 외부로부터의 오염과 윤활유 자체 산화에 의한 내부요인을 들 수 있다. 이 산화 열화는 온도에 크게 영향을 받고, 고온으로 될수록 열화는 가속된다. 주로 피스톤 주위의 고열에 의해 윤활유가 산화 열화하면 표면적으로 점도가 증가함과 동시에 유층의 불안정 물질은 유기산을 거쳐서 수지상 물질을 생성한다. 또 유층에 용해 분산하고 있는 첨가제의 일부도 영향을 받아서 변질, 석출하는 등 윤활유 본래의 성능을 저하시킴과 함께 윤활 주위의 오손, 시동곤란, 청정기 폐쇄등 부차적인 트라블을 야기시킨다. 연료유 중저질화에 수반되는 문제점으로 윤활유가 고온에 노출되는 기회가 많아지는 것은 불가피한 사항이며, 따라서 종래보다도 산화안정성이 우수한 윤활유가 요구된다.

4) 내하중성

연료유 중저질화와 함께 機關의 高出化 및 에너지 절약화는 링面圧이나 베어링하중 증대등에 의해 각 윤활개소에서 내하중성은 한층 높은 것이 要求된다. 또 수분 혼입에 의한 에멀전화한 윤활유는 내하중성을 저하시킨다 어쨌든 몇 가지 악조건들을 고려해서 내하중성능도 약간 향상시킬 필요가 있다.

4. 潤滑油에 의한 對策

1) 燃料油 重低質化에 대한 對策

① 산중화 성능

연료중 SULFUR 는(그림-8)¹⁰⁾에서 나타낸바와 같이 연소에 의해서 아황산 가스(SO₂, SO₃)로 되고, 이것이 다시 수분과 반응해서 황산(H₂SO₄)으로 된다. 황산은 엔진의 실린더 라이나나 피스톤링 마모를 촉진할 뿐 아니라(그림-8)에 표시된 것처럼 윤활유의 열화를 조장한다. 이 같은 황산에 의한 피해를 적극 억제하는 것이 선박용 윤활유에 과해진 중요한 과제이나 황산 생성 그 자체를 억제하는것은 곤란하다. 따라서 생

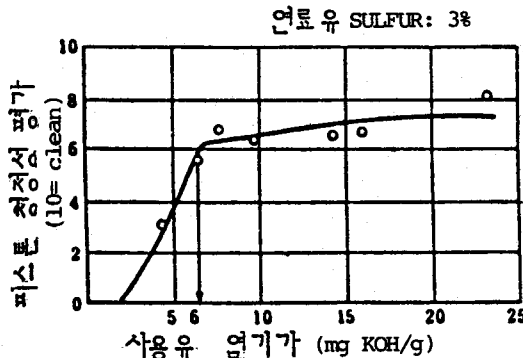


그림-7. 사용유 염기기와 청정성 (mg KOH/g)

은 성능을 윤활유에 갖도록하기 위해 淸淨劑와 分散劑라 불리어지는 첨가제가 선박 윤활유에 첨가된다. 여기서 말하는 淸淨劑는 (표-5)에 표시된 염기성 혹은 중성금속염이 여기에 상당한다. (표-6)에 선박용 윤활유에 사용되고 있는 分散劑의 일례를 도시했다. 청정제는 주로 금속 표면에 부착해서 油中の 불용해 물질(슬러지)이 금속표면에 부착하는 것을 방지한다. 또 분산제는 (그림-9)에 표시된 것 같이 불용해 물질을 중간에 싸서 micelle 을 형성, 불용해물질이 응집해 크게 성장하는 것을 방지함과 동시에 油中에 현탁시키는 작용을 한다. 이와같은 무회계 분산제 (ASHLESS DETERGENTS)는 윤활유의 수분리성을 약간 나쁘게 하므로 종래에는 선박용 윤활유에 그다지 사용되지 않았다고 한다.

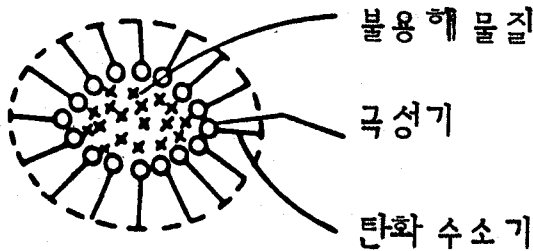


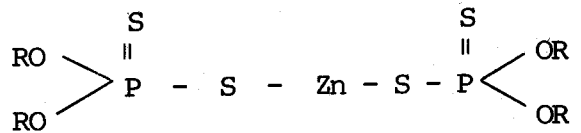
그림-9. 분산제의 흡착 모델

그러나 금후 연료유의 중, 저질화에 따라 연소 불량에 의한 퇴적물의 생성이 많아지고 지금까지의 淸淨性能으로는 불충분하게 되어 보다 유효하게 청정성능을 높이기 위해 사용될 것 같다. 금후 점점 선박용 연료유의 중, 저질화가 진척됨에 따라 청정제와 분산제의 적절한 선택과 배합이 한층 중요하게 될 것 같다.

③ 산화안정 성능

엔진에 사용되는 윤활유는 (그림-8)에 나타낸 바와 같이 연소실에서 브로바이 (BLOW -BY)에 의해 혼입된 불완전연소 생성물에 의해 산화가 촉진됨과 동시에 고온에 노출됨으로서 산화가 더한층 가속된다. 연료유의 중·저질화는 앞

에서 설명한 바와같이 불완전 연소생성물의 생성을 증대시킴과 함께 연소지연 현상 증대에 의해 피스톤링부의 온도를 상승시켜 엔진유의 산화열화를 촉진시키는 결과가 된다. 이같은 산화열화를 억제시키는 방법으로서 엔진유에 산화방지제가 첨가된다. 산화방지제에는 여러가지가 있으나 엔진유에는 보통(표-7)에 표시한 것 같은 구조식을 갖는 Zn DT P (Zinc Dithiophosphate)가 널리 사용되고 있다. 이것은 BLOW-BY 가스중의 과산화물을 분리해서 불활성 물질로 전환하는 작용을 하고, 특히 고온에서 효과가 큰 것이 특징이다. 또 ZnDTP는 금속표면에 피막을 형성해서 내마모성을 향상시키는 작용도 하고 있어 내연기관용 윤활유에는 극히 유효한 첨가제이다. ZnDTP에는 약간의 구조식 차이에 의해 PRIMARY-TYPE, SECONDARY-TYPE, ALLYL-TYPE 3 종류가 있으며 각각 고유의 특징을 갖고 있다. 이들의 특징을 유효하게 활용하여 엔진 요구에 대처하는 적절한 ZnDTP 선택이 필요하다.



R: ALKYL or ARYL.

(표-7) ZnDTP의 구조식

④ 내수성, 수분리성

선박용 엔진에 있어서는 자동착용 엔진에 비해서 엔진유에 海水 등 수분이 혼입될 확률이 많다. 그런데 윤활유에 첨가되는 첨가제는 대량의 수분과 접촉하면 분해가 일어나서 그 성능이 저하되는 경우가 많다. 따라서 선박용 윤활유는 자동차용에 비해서 내수성이 우수한 첨가제를 선택함이 바람직하다. 또 선박용 윤활유는 원심분리기에서 불수정되는 경우가 있기 때문에 수분리우수성이

선박용 윤활유에 요구되는 중요한 이유중의 하나이다. 따라서 종래보다 선박용 윤활유에는 산중화제 및 청정제로서 내수성, 수분리성이 좋은것을 써야 한다. 그러나 선박용 연료유의 중, 저질화에 의해 청정성을 한층 향상시킬 목적으로 수분리성이 다소 떨어지나 청정효과가 우수한無灰型 청정제를 병용 할 수 밖에 없는 실정이다. 무회계 분산제는 앞에서 설명한 바와같이MICELLE을 형성하기 쉬운 성질이 있으므로 수분을 끌어들이어서 에멀전(EMULSION)을 만들기 쉽다. 따라서 수분리성이 저하된다. 따라서 상반되는 요구를 모두 만족시켜야 하는것이 금후 선박용 윤활유 첨가제 처방의 어려움이라 할 수 있다.

2) 연료 절약형 윤활유

선박 운항경비는 선박종류, 항로, 엔진형태, 선원의 국적등에 따라 다르나 국적선 외항선박의 경우 연료비는 총 운항경비의 약 30%정도 된다고 한다. 따라서 운항경비를 줄이기 위해서는 어떻게 연료 소모량을 줄이느냐 하는 것에 초점이 모아진다. 이를위해 여러가지 방법이 강구되고 있으나 윤활유에 의해서도 연료 소모량을 줄일 수가 있다. 윤활유는 엔진 습동부분의 마찰을 줄이는 작용을 하나 마찰이 제로로 된다는 의미는 아니다. 따라서 윤활유의 마찰계수를 가능한한 작게하면 그만큼 마찰손실이 작게되고 연료비가 줄어들게 된다.(그림-20)¹²⁾ 는 엔진에 있어서 열 에너지 흐름을 나타낸 것이나 이 도표에서 알 수 있듯이 열량의 약 7% (피스톤링과 스킴트의 손실 3%와 기타 엔진마찰 4%)는 마찰손실에 의해 상실하게 된다. 이 부분이 윤활유가 관여되고 있는 부분이다. 윤활유 마찰계수를 작게하는 것에 의해서 만약 마찰손실이 20%감소 되었다면 마찰손실은 5.5%로 되어 실마력은 26.5%로 된다. 즉 $6\% \left(\frac{26.5 - 25.0}{25.0} \times 100 \right)$ 만큼 마력이 향상된다. 따라서 연료비도 6% 개선되게 된다. 마찰계수를 작게하는 방법으로서는 점도를 낮게하는 방법과 FRICTION MODIFIER (摩擦調整劑)를 사용하는 방법이 있다.

① 低粘度化

(그림-11)¹³⁾에 표시된 것처럼 어느정도 까지

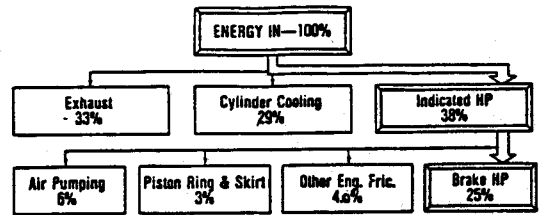


그림-10. ENERGY DISTRIBUTION IN A ENGINE

는 점도가 내려가면 마찰계수는 줄어든다. 너무 낮게되면 역으로 금속과 금속의 직접접촉이 일어나서 마찰계수는 급격히 증가된다. 따라서 당연히 마모도 증가하게 된다. 따라서 어느 한계치까지만 윤활유 점도를 낮추는 것이 바람직하다. 그러나 엔진내의 윤활유 온도는 항상 일정하지 않다. 저온일때도 있는가 하면 고온일때도 있고 또 장소에 따라 다르다. 즉 점도는 끊임없이 변화하고 있다. 윤활유 점도를 저온시에 맞추면 고온시의 이상마모가 우려되고 고온시에 맞추면 저온시의 마찰손실이 커진다. 종래는 마찰손실은 하 여간 고온시의 이상마모에 안전하도록 윤활유 점도를 설정했다고 한다. 저점도화 방법으로서 종래와 같은 SINGLE GRADE 기름으로 단순히 점도만 낮추는 것으로는 위에서 설명한 고온시의 이상마모가 우려된다. 따라서 저온 시에는 점도가 낮고, 역으로 고온시에는 점도가 내려가지는 즉 고점도유지수의 MULTIGRADE 유가 바람직하다고 생각된다. SAE-10W-30 MULTIGRADE는 SAE 30 SINGLE GRADE 유와 비교해서 100℃에 있어서 점도는 둘다 거의 11~12cSt로 같으나 40℃에 있어서 점도는 전자가 약 70~75cst이고 후자는 약 120~100cst로 전자 쪽이 훨씬 낮다. MULTI-GRADE 유는 자동차용으로서 이미 일반화되어 있으나 선박용 엔진에는 일부 소형선박을 제외하고는 아직 거의 사용되고 있지 않다. 실적을 중시하는 선박용 엔진에서는 MULTI-GRADE 유를 갑자기 사용하기에는 상당한 어려움이 있으리라 생각되나 소형선부터 순차적으로 실적을 쌓아 올리는 것이 바람직하다고 생각된다

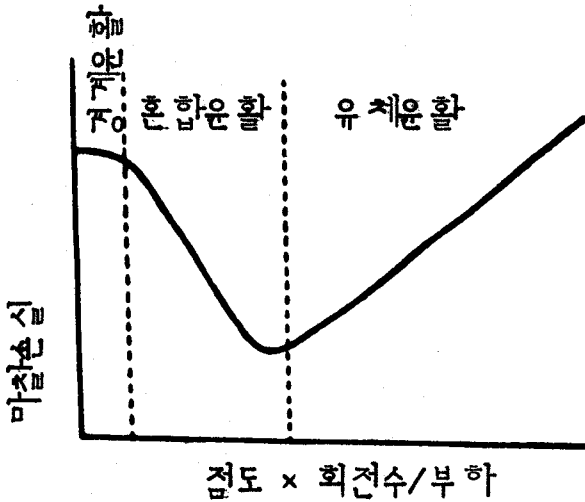


그림-11. 윤활상태와 마찰손실과의 관계

다급점도유는 저점도 기유에 점도지수 향상제를 배합하는 것에 의해서 조정된다. 점도지수 향상제는 전단력을 받으면 일시적으로 분자가 정렬로 배열되어서 점도가 낮아지는 성질을 갖고 있다. 즉 피스톤 링과 실린더 라이나 사이에서 전단력을 받으면 일시적으로 점도는 약간 낮아지고 크랭크 케이스에 되돌아오면 다시 본래의 점도로 되돌아 온다. SINGLE-GRADE 유에 비해서 동일 점도에서 마찰손실이 작게 되는 것은 바로 이 때문이다.

② FRICTION MODIFIER

마찰손실을 줄이는 또 다른 방법으로는 FRICTION MODIFIER의 첨가이다. FRICTION MODIFIER로서는 油溶性 화합물과 固體潤滑劑가 있다. 전자는 금속표면에 흡착하는 것에 의해, 후자는 얇은 유막을 입히는 것에 의해, 유막이 얇게 되는 경우에도 금속과 금속의 직접접촉을 방지함과 동시에 윤활성을 좋게하고 마찰 저항을 줄이게 된다. FRICTION MODIFIER는 고온측에서 효과가 현저하다. 즉 점도가 내려가서 유막이 얇게 될 때 그 효과를 발휘한다.

유막이 두꺼워서 금속과 금속의 직접접촉이 일어나지 않는 경우에는 거의 효과가 없다. 연료절약에는 윤활유의 MULTI-GRADE 화와, 이 FR-

CTION MODIFIER를 병용하는 것이 가장 효과가 클 것으로 생각된다.

현재 FRICTION MODIFIER는 가격이 비싸서 선박용 윤활유에는 아직 사용되지 않으나 선박 엔진에 있어서 연료절약 경향이 고조됨에 따라 FRICTION MODIFIER 사용의 필요성도 커질 것으로 생각된다.

3) 미래형 윤활유

연료절약과 함께 윤활유의 수명 연장화도 또한 이 시대의 강력한 요구 사항이다. 갱유기간, 연장, 보유, 보충기간의 연장과 아울러 엔진 보수기간의 연장을 실현하는 것이 미래형 윤활유의 목표이다. 이 목표를 달성하기 위해서는

- 윤활유 소모가 적을것
- 점도 변화가 적을것
- 염기가 저하가 적을것
- 청정능력 저하가 적을것 등이 요구된다.

이와같은 요구에 대해서 우선 기유로서는 합성계의 탄화수소가 대단히 우수하다고 알려져 있다. 가격이 광유계 기유에 비해서 5-10배 비싸기 때문에 현재로서는 선박 윤활유에 전혀 사용되고 있지않으나 합성유는 광유에 비해서 열안정성이 우수하고 또한 점도지수가 높다. 또 비점 범위가 좁기 때문에 경질분이 작고 고온에서 휘발성이 작다. 이 때문에 엔진내에서 윤활유 소모량이 작게 된다. 때때로 엔진유에는 앞에서 설명한 것처럼 연소실로부터 그으름을 다량 함유한 불완전 연소 생성물이 혼입된다. 이들을 처리하기 위해 첨가제가 배합되고 있으나 엔진유의 수명연장화를 위해서는 기유외에 이 첨가제의 성능 유지 연장도 불가피하다. 현재로서는 이 첨가제 성능유지 연장을 위한 기술이 완전히 확립되어 있지 않다고 한다. 이 분야의 기술확립이 금후의 과제이며 이것에 의해서 선박용 윤활유의 수명연장화, 즉 미래형 윤활유 완성이 가능하게 될 것이다.

결 론

최근 관심의 초점이 되고 있는 연료절약형 엔진개발에서 선박용 추진기관으로서의 디젤엔진

의 우위성이 점점 자리를 확고히 굳이고 있다. 연료유, 중, 저질화에 대해서도 점차적으로 기술혁신 보고서가 발표되고 있으며, 윤활유 제조 업계에 있어서도 윤활유 품질개량 방향이 명확해지고 있다. 각종 윤활유 원자재의 품질개량과 함께 첨가제 배합기술의 진보, 성능평가 방법의 정밀도 향상이 진척되고 있으며 이와같은 윤활유 품질개량에 의해서 엔진에 부과되는 가혹성을 다소라도 경감할 수 있으리라 생각된다. 본고는 일본 丸善石油(株) 南谷弘, 嶺之晴씨 등이 발표한 “연료유 중질화 대책으로서의 윤활유” 논문을 참고하여 썼음을 밝혀둔다. 연료유 중, 저질화 문제가 선진공업 몇개국의 문제가 아니라 가까운 장래에 우리의 당면 과제임을 감안하여 본고가 독자제위의 업무에 다소나마 도움이 되었으면 하고 바란다.

REFERENCE

- 1) G. Mcconnel, and W. S. Nathan, Wear 43 (1962)
- 2) D. W. Golothan, THE Moter SHIP, “Marine Propulsion and Future Fuels Conference”(1979)
- 3) G. M. Barrett, THE Ageing of Diesel

Lubricating Oils, 22 (1960)

- 4) D. W. Golothan, SHELL INTERNATIONAL PETROLEUM Co, LTD., preprint 137 (1977)
- 5) F. J. Thomas, Modern Marine Diesel Engine Lubricant and Their Development and International Lubricant symposiumm (1979)
- 6) 野崎 小林, 日石レビュー, 22, (1980)
- 7) 野附勇典:ペトロラック, 6. (1979)
- 8) G. H. Hold, G. W. Hourst: Effect of Fuel Charactaristics on Marine Dieser Engine Operation, JSLE in TOKYO No. 5 (1980)
- 9) D. W. Golothan:Trans, I. M. E. 84 (1972)
- 10) ESSO, Automotive Engine Oil Seminar, At YUKONG GD (1986)
- 11) 矢野久:清淨分散劑, 三菱石油技術資料 No.53 (1974)
- 12) O. Pinkus et, al, “Strategy for Engergy Conservation through Tribology” ASME (1977)
- 13) 中村英雄:自動車用潤滑油よ省エネルギー, 自動車技術, vol,34. No.10 (1980)