

潤滑資料



내연기관 (內燃機關)의 윤활유 (I)

韓國潤滑油學會長
서울大學校 工科學教授
工學博士 鄭善謨

1 내연기관의 윤활유의 작용과 성능

내연기관에 윤활유를 사용하는 목적은 주로 마찰의 低減과 연소와 마찰에 의하여 발생된 燃을 外部에 放散, 冷却하는데 있다. 윤활유의 作用과 윤활유의 性狀과, 엔진 性能과 具體的으로 관련시켜보면 다음과 같다.

- (1) 高温에 있어서의 마모와 스커핑(sucffing)의 輕減
- (2) 低温에 있어서 마모와 부식의 輕減
- (3) 윤활유 消費量의 低減 減減減減
- (4) 低温始動性의 向上
- (5) 연소室, 밸브, 베어링, 크랭크케이스 등에의 煤포질트生成의 低減

이와같이 內燃機關油에 많은 性能이 要求되는데 이것들에 대하여 運轉條件 및 添加劑와의 關係도 포함시켜서 그림 1에 도시한다. 디젤엔진油에 관해서는, 주로 가솔린 엔진의 高温運轉과 똑같은 要求가 되는데 다시 燃料중의 黃의 연소에 의하여 생기는 硫酸이 腐蝕마모의 原因으로 된다. 그림 2를 참고로 하라. 以上을 정리하면, 內燃機關油로서 要求되는 性質은 다음과 같다.

- (1) 適切한 粘度를 가지고 있을 것
摺動部에 油膜을 형성하여, 마모를 적게하는 동시에, 가스의 불어빼내기(blow off)를 방지하기 위해서 粘度는 가장 중요한 要素이다.

- (2) 粘度指數 (discocity Index)가 높을 것
粘度는 온도가 변화하면 바뀌진다. 그 變化의 比率를 粘度指數라고 부르고 그림 3에 도시한 바와 같이 粘度指數가 높을수록 粘度의 溫度에 의한 變化가 적고, 低温始動時에서 高温負荷時

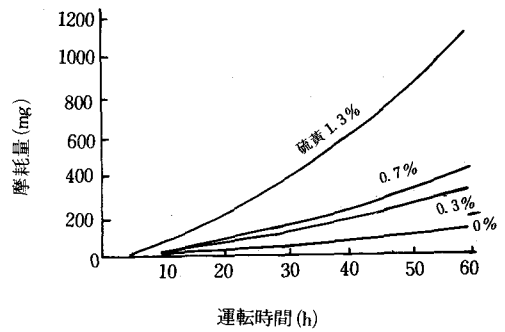


그림 1. 黃分の 디젤엔진摩耗量에 미치는 영향

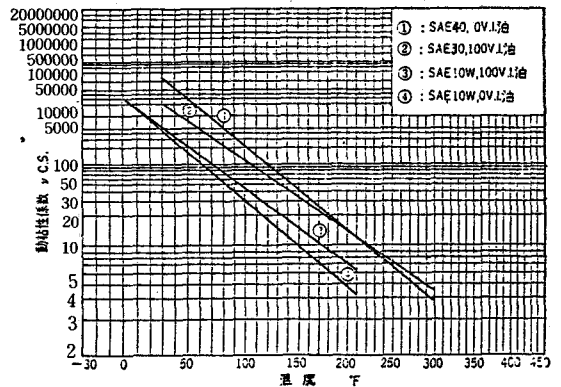


그림 2. 粘度指數 (VI)가 다른 기름의 例)

에도 광범위로 適應된다.

- (3) 酸化安定性이 뛰어난다.
승동부의 冷却은 기름의 중요한 구실이나, 기름 自身의 溫度上昇은 酸化劣化의 原因으로 된다. 또 低温에 있어서도 연소실에서의 窒素酸化

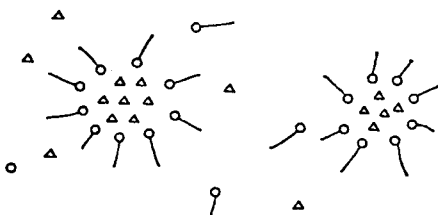
表 1. 가솔린 엔진에 있어서 運轉條件과 必要한 性能 및 添加劑

운전 조건	必要 性能	添加劑 기타
高温 운전	① 酸化安全性 良好 (링 용착, 랫카 生成, 베어링 腐蝕의 防止)	酸化防止劑
	② 마찰 防止性이 좋을 것 (피스톤 링, 실린더 라이너, 動弁系 마모 防止)	摩耗防止劑
	③ 淸淨性이 좋을 것 (링 膠着, 랫카 生成 防止)	淸淨劑 (鹼基性)
	④ 低灰分 (異常燃燒을 일으키기 어렵다.)	높은 粘度指數 낮은 低温粘度 (低粘度基油 + 粘度指數向上劑 流動點降下劑)
	⑤ 粘度가 너무 낮지 않다 (正常운轉 · 오일 消費量 減少)	
低温 始動, 暖機	低温流動性이 좋을 것 (始動性 · 오일 循環性 向上)	
低温 運轉	① 粘度가 너무 높지 않을 것	防鏽劑
	② 腐蝕防止性이 좋을 것 (피스톤 링 실린더 라이너 베어링의 부식 防止)	
	③ 녹방지性이 좋을 것 (動弁系 기타 部分의 防鏽)	分散劑 (無灰淸淨劑 分散性 粘度指數向上劑)
	④ 分散性 適度 (低温슬러지, 에멀전슬러지 防止)	

物들의 結合에 의한 슬러지(sludgo)의 發生등, 일종의 酸化劣化의 原因으로 된다.

(4) 淸淨分散性이 뛰어나게 우수해야 될 것

自然機關은 燃料의 燃소에 의하여 물, 炭酸가스, 黃酸化物, 窒素酸化物, 炭化物 등을 발생 시킨다. 이들이 기름중에 들어가서 기름에 작용하여, 또 油자신의 劣化에 의한 生成長과 混然一體로 되어 슬러지(sludge)와 와니스모양의 重合物로 되어, 엔진 各部에 부착하고 트라블을 일으킬 原因으로 된다. 이 때문에 그림 3에 도시한 바와 같이, 이 不溶解物生成의 要因으로 되는 分子를 極性基와 炭化水素基와로 되는 淸淨劑로서 쌓고, 이들 物질을 油中에 分散시켜



△ 고무質生成의 要因이 되는 分子

○ 炭化水素基 (親油基)
極性基

그림 3. 潤滑油의 淸淨劑의 作用

엔진内部를 깨끗히 유지하는 能力이 要求된다. 이들은 潤滑油의 基油뿐만으로서 그 要求에 응할수가 없으므로, 여러가지 添加劑를 섞음으로서 필요한 性狀을 얻게된다.

이들 添加劑의 사용목적은 다음 3가지로 나누어진다.

- ① 基油가, 본래가지고 있는 性질을 助長시켜서 높인다(예를 들면 粘度指數向上劑)
- ② 基油에 없는 性질을 생기게 한다(예를 들면 極壓劑)
- ③ 基油成分중엔 존재하고 있는 有效物質이 精製過程에서 잃어 버릴 때 그 性質의 性能을 回復하고, 보다 効果있는 것으로 한다. 현재 內燃機關用 潤滑油에 사용하고 있는 주된 添加劑의 內容과 使用目的은 다음 表 2에 표시한바와 같다.

2사이클엔진油는 燃소室에서 燃소시켜 버리기 때문에 燃소찌꺼기가 플러그 등에 부착하여, 플러그브릿지 등을 일으키게 되기 때문에 4사이클엔진油와는 달리, 特히 燃소가스가 적은 것 또 堆積한 가스를 剝離(flaking)하는 性질을 強力히 가지고 있는 것이 필수조건이다.

2 엔진의 運轉유의 分類와 選定

潤滑油는 항상 2개의 摺動面사이에서 連續적으로 존재하고 있지 않으면 안된다. 그리고 마찰

表 2. 添加劑의 作用과 成分

No.	첨가제	목적	화합물	添加量(%)
1	酸化防止劑	기름의 變化를 늦추게 한다.	케노올·아민·지찌오린酸·亜鉛, 黃化틸펜 等	0.2~2
2	淸淨分散劑	연소생성물의 酸의 중화, 슬러지의 凝集을 방지하고, 엔진內를 깨끗이 유지한다.	술포네이드·피네에드·포오스퍼네에드, 琥珀酸 이미드 等	1~30
3	腐蝕防止劑	금속의 酸化触媒作用을 방지한다.	지찌오린酸亜鉛, 黃化틸펜, S-P化合物 等	0.1~1.0
4	油性劑	금속마찰面에 吸着되어, 潤滑油膜을 만든다. 高温에는 弱하다.	膜有機酸·에스텔, 알콜, 油脂等	0.1~5
5	極壓劑	高温, 高荷重마찰面에 마찰계수가 낮은 금속化合物을 만든다	塩素, 黃, 磷등의 化合物, 鉛 비누 等	2~10
6	粘度指數向上劑	온도에 依한 粘度變化를 작게 한다.	폴리에타 아크리레이트, 폴리입프지렌·폴리오레핀 等	0.5~15
7	流動點降下劑	기름의 低温 固化의 原因이 되는 油中の 왁스의 結晶生成을 억제한다.	폴리에타 아크리레이트, 파라핀 왁스와 나프터렌 또는 케노올과의 縮合物	0.1~1.0
8	防鏽劑	酸을 中和하고, 금속面에 吸着膜을 만들고 水蒸氣 및 酸素와의 接觸을 防止한다.	有機酸, 알콜, 에스텔, 술포네이드, 아민, 아민基	1.0~10
9	消泡劑	기름의 表面張力이 降下하여 生成된 거품을 부서지기 쉽게 한다.	실리콘, 알콜 等	0.010~0.1
10	着色劑	기름마다에 着色한다.	芳香族化合物	0.005~0.1

및 燃燒에 依한 熱로써 高温下에서 폭로되고 있는 동시에, 寒冷地와 航空機와 같이 上空에서의 사용이라는 것을 고려한다면, $-30 \sim -40(^{\circ}\text{C})$ 의 低温에 폭로되는 수도 있고해서, 油性이라든가 極壓性과 同時에 粘度의 溫度에 依한 變化가 적은 것이 가장 중요한 性質이라고 말할수 있다.

現在 주로 사용되고 있는 內燃機關用 潤滑油의 점도에 依한 分類를 表 3에 표시한다. 또 外氣溫과, 이것에 適合한 油粘度의 한 예를 그림 4에 도시한다.

表 3. SAE 粘度分類表

SAE 粘度番号	粘 度 cSt			
	-17.8°C		98.9°C	
	min	max	min	max
5W	-	1,300	(3.9)	-
10W	1,300	2,600	(3.9)	-
20W	2,600	10,500	(3.9)	-
20	-	-	5.7	9.6
30	-	-	9.6	12.9
40	-	-	12.9	16.8
50	-	-	16.8	22.7

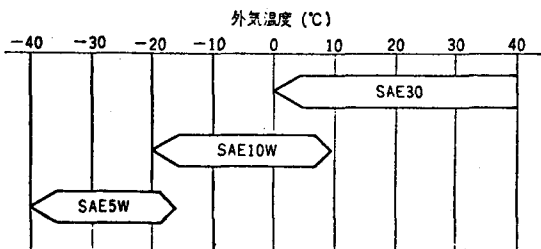


그림 4. 外氣溫과 권장점도의 例

이것은 低温時에 점도가 너무 높으면 엔진의 起動이 어렵게 되기도 하고, 엔진 各部에 기름의 순환이 나쁘게되는 것과 또 高温時에 粘度가 너무 낮으면, 2개의 擱動되는 面 사이에 연속적으로 油膜이 형성되는 것이 곤란하게 되기도 하고 하여 기름 消費가 크게 되기도 하는 것 등에서 결정된다. 엔진의 起動性과 潤滑油와의 關

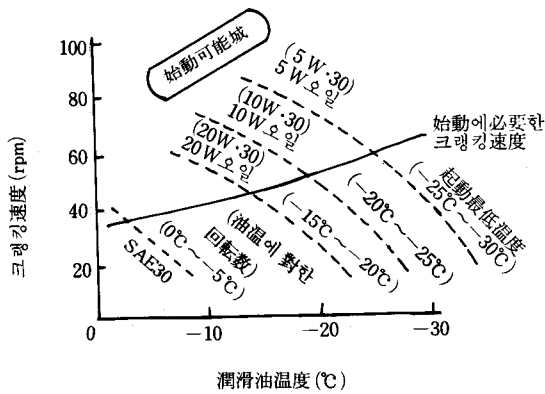


그림 5. 윤활유 온도와 始動성과의 관계

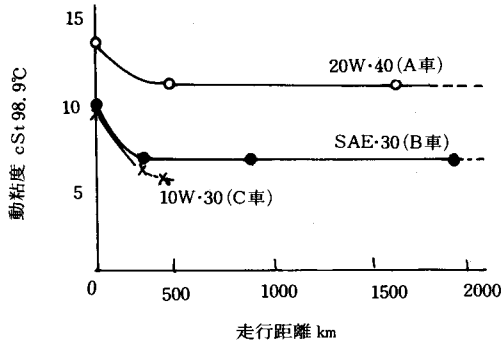


그림 6. 自動車의 경우 윤활유의 粘度低下의 예

계는 스타터 배터리 등의 電氣系의 容量 이라든지, 엔진의 마찰의 大小로 다르게 되는데, 一般的으로는 그림 5와 같이 된다.

이 그림들로서도 아는 바와 같이, 우리나라와 같이 좁은 國內에 한하여 보더라도 地域에 따라서는 SAE #30로서 좋은 경우도 있고 10W가 아니라도 冬期의 起動이 곤란한 地域도 있다. 그러나, 起動後는 기름은 高温으로 되고, 10W 정도에서는 粘度가 너무 낮다는 위험성도 있고해서 10W-30과 같은 10W에 같은 低温性狀과 #30에 가까운 高温性能을 가진, 소위 멀티 그레이드 유(multi-grade oil)의 必要性이 생기게 되는 것이다. 市販의 윤활油는, 일반적으로 粘度分類가 기름의 性能分類와 같은 인상을 주기도 하나, 싱글그레이드이라든지, 멀티그레이드라는 分類는 기름의 粘度分類이고, 본래는 기름의 性能을 나타내는 것은 아니다.

그리고, 윤활油는 사용하고 있는 사이에 멀티 그레이드油에서는 粘度指數向上劑가 剪斷破壞함

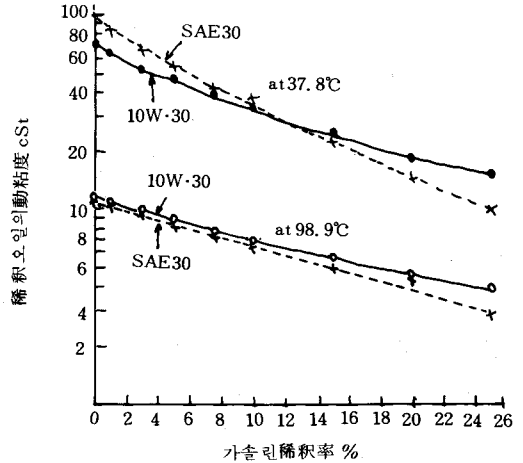


그림 7. 윤활油의 가솔린률과 動粘上稀釋

으로써, 高温粘度가 낮아져서, 또, 연소실로부터의 연료의 侵入에 의한 粘度低下이다. 이 경향의 한 예를 그림 6에 도시한다. 멀티그레이드油에서는 점도저수향상제의 파괴와 연료에 의한 희석(稀釋, delution), 싱글그레이드油에서는, 주로 연료에 의한 稀釋과 高分子의 파괴에 의한 粘度低下가 빠른 時期에 발생하는 것을 알 수가 있다. 연료가 侵入하는 경로는, 연소실에서 피스톤링과 피스톤의 틈새를 통과하는 것이 가장 많고, 주로 低温下에 있어서 크랭킹 할때와 暖機가 完了할때까지의 기간에 들어간다. 즉 연료의 氣化가 不完全하고, 液狀 그대로 연소실내에 연료가 吸入할 경우에 侵入한다. 침입한 연료는, 高速高負荷, 즉 高油温이 되면, 플로파이 가스로서 揮散하나 油量의 1% 정도의 量은 남는다. 가솔린 稀釋率과 윤활油의 動粘度의 관계를 그림 7에 도시한다.

기름의 性能分類에 대해서는 表 4에 API 서 어비스 分類를 表示한다. 가솔린엔진에서 보면, SE까지는 개발의 역사적배경도 있고, SA→SE가 보다 高性能化의 방향을 指向하여 왔는데, 向後의 기름은 SD 또는 SE級에 다시 公害대책 등의 특수목적을 가미한 것으로 된다. 예를 들면 排氣公害對策으로 사용한다. 白金, 바라쥬음계의 촉매에 대하여 金屬元素와 S, P 등에 의한 被毒防止의 관점으로 부터, 低灰油가 指向되며, 현재 市販되고 있는 것도 있으나, 被毒防止를 너무 強調하면, 一時, 거의 문제가 되지 않았던 動弁系의 마모등의 문제를 일으킬 危險性도 있다. 이 때문에 지지오린 酸亜鉛(ZDTP)으로서 P의 첨가량을 어느기준(0.1wt% 정도) 이상으로

表 4. 엔진油의 API-서어비스 分類

新分類	舊分類	기름의 품질 (規格과의 對應)	要求되는 엔진 試驗	
			가솔린엔진	디젤엔진
	ML	無添加油	없다	없다
	MM	酸化防止첨가제(1930 以後使用)	L-38 (酸化베어링腐蝕) SQ·IV (눌어붙음)	없다
	MS (1964)	1964年 自動車메이커規格合格 高·低温의 淸淨分散性·酸化 安定度·銷防止性 耐마모性을 要求	L-38 (酸化·베어링腐蝕) Seq·II a- II a (銷·酸化) Seq·IV (눌어붙음) Seq·V (슬러지와니스)	L-1 (1% S) (淸淨性)
	MS (1968)	1968年 自動車 메이커規格合格 SC보다 高度의 性能	L-38 (酸化베어링腐蝕) Seq·II b- III b (녹·酸化) Seq·IV (눌어붙음) Seq·Vb (슬러지 와니스) Falcon (녹)	L-1 [1% S] 또는 I-H (淸淨性)
	MS (1972)	1972年 自動車 메이커規格合格 SD보다 高度의 性能, 特히 高温酸化安定性 및 高温淸淨 性	L-38 (酸化·베어링 부식) Seq·II b (녹) Seq·III c (酸化) Seq·Vc (슬러지·와니스)	없다
	-	1975年 車에 있어서 SE+耐 마모性能	?	없다
	-	1975年 以後 排氣公害대책이 취해진 경우의 가솔린엔진에適 합한 品質 要求性能은 SE레벨普通(?)	?	?
	DG	MiL-L-2104A合格 1940~ 1950年代에 널리 사용	L-38 (酸化·베어링腐蝕)	L-1 (0.35% S) (淸淨性)
	DM	US Army 2-104B Supple- ment 1合格 (1949年 이후 使用)	L-38 (酸化베어링 부식) seq II a 또는 II b (녹) LTDT (슬러치)	1-H (淸淨性)
	DS	MiL-L-4519B, Series 3合 格 1955年 이후 使用	L-38 (酸化베어링 腐蝕)	1-D (淸淨性) 1-G (淸淨性)
	-	CD에서 (?) 또 Mack Tru- ck社의 過給엔진에도 適合한 品質	? (L-38) (酸化베어링부식)	? [1-D (淸淨性) 1-G (淸淨性) Mark T- I (淸淨性)

하는 사고방식이라든지, 低灰化의 指向을 취하면서, 마모를 방지하면서, 排氣淸化에 대해서도 악영향을 끼치지 않은 개발에 힘을 기울이고 있고, 이것이 美國에서 제안되고 있다. 소위 S G油이다. 이밖에 交換距離延長油로서 SF 油가 검토되고 있다. 排氣淸化와 윤활유의 관련은 觸媒被毒의 點뿐아니라, 油温의 上昇이라는 點에 있어서도 關係를 가지고 있다. 즉, 엔진室內의 温度上昇등에 의하여 윤활유의 온도도 올라가고

酸化·重合하여 점도가 異常的이라 할만큼 올라가서, 소위 오일썩크닝을 일으킬 염려가 있으며, 이것은 단지 油温이 높게될 뿐 아니라 말려 들어간 空氣量 등 酸化의 進行을 촉진시키는 要素가 더하여 발생한다. 따라서 油量이 規定量을 下廻하든지, 메탈의 摩耗가루가 酸化觸媒로 되는 등의 惡條件이 겹치면, 120[°C] 정도에서도 돌연히 발생하는 수가 있다. 다만, 최근의 윤활유에서는 耐高温酸化性이 改良되었기 때문

表 5. 自動車用 가솔린엔진油의 評價項目

	Seq II b, II c	Seq III b, III c	Seq IV	Seq V b, V c
評價項目	低温條件에서의 녹·와니스 및 슬러지의 沈澱 및 腐蝕마모	高温條件下에서의 베어링腐蝕와니스 및 슬러지沈澱, 마모 및 高油粘調化特性	高速高温條件下에 있어서 타베트 스커핑(Scuffing) 및 摩耗	中速, 低温條件下에 있어서 링膠着, 와니스 및 슬러지의 沈澱, P CV밸브閉塞 및 오일 스크링閉塞

表 6. 潤滑油劣化의 原因과 엔진에 미치는 영향

No.	劣化의原因	生成物	엔진油의性狀變化	엔진에 미치는 영향	
				第 1 단계	第 2 단계
1	燃燒生成物의混入	●無機酸(黃酸) ●水 ●塩類	●알카리価減少 ●酸価增加 ●水分增加	●부식마모의促進 ●윤활의 阻害	●마모增大 ●눌어붙음
2	不溶解物質의발생	●슬러지 ●겨름·有機酸	●溶劑不溶分增加(펜탄溶解分 증가) ●粘度增加	●엔진汚損增加 ●윤활의 阻害 ●오일필터閉塞	●링膠着 ●마모增大 ●눌어붙음
3	燃料油에 의한稀釋	●燃料油, 가솔린, 輕油燈油	●引火點低下 ●粘度低下	●油膜유지력低下	●마모增大 ●눌어붙음
4	潤滑油自體의劣化	●有機酸 ●슬러지	●溶劑不溶分增加(레진分增加) ●粘度增加 ●酸化增加	●엔진汚損增加 ●부식防止性低下	●링膠着 ●마모增大
5	첨가劑의 소모(淸淨分散劑)	●金屬酸化物	●알카리価減少 ●금속含有物增加(펜탄不溶解分增加)	●엔진汚損增加 ●부식防止性低下	●링膠着 ●마모의 增大
6	마모가루의混入	●금속가루	●금속含有物 增加(펜탄不溶解分增加)	●油의 劣化 促進	●마모增大
7	먼지等의 異物의 混入	●固形物	●灰分增加(펜탄不溶解分增加) ●溶劑不溶分增加(펜탄不溶解分 증가)	●마모增大	

에 오일속크닝이 市場에서 발생하는 일은 드문 일이다. 와니스슬러지는, 潤滑油의 걸모양을 나쁘게 하기 때문에, 실제의 油性低下이상으로 엄격한 評價를 받을 수가 많다. 슬러지 와니스로 발생하는 트라블은, 摺動部의 눌어 붙음 등이 있으나, 이것은 슬러지 등이 摺動部로 묻어 들어가기 때문이 아니고, 기름의 통로가 막혀서 기름의 순환을 나쁘게 하던지 와니스가 케이스의 表面에 부착하여, 熱의 放散을 나쁘게 하기 때문에 일어난다.

또 슬러지로서 添加劑가 소모해 버렸다는 것은, 그 만큼 油性도 떨어졌다고 생각되는 것이다.

이들 여러가지 문제점이 있는 내연기관용 潤滑유를 선정하기 위한 評價試驗方法으로서는 表 5에 표시한 바와 같은 問題點別로 정해진 ASTM, 시퀀스테스트法으로 代表된다. 일반적으로 사용하는 내연기관을 사용하여 시퀀스테스트法을 多少 수정한 試驗法에 의하여 그 엔진에 가장 적합한 시험법을 채택하고 있는 것이 現狀이다. 이상과 같이 潤滑유 性能等級은 尙後, SD내지 SE의 全般的性能을 가지고 있고 또 특수목적에 맞는 潤滑유를 선정한다는 觀點에서 各種評價項目 중 어떤 것에 重點을 두는가라는 것을 明確히해서 선정할 필요가 있는 것이다.國內에서 사용되고 있는 潤滑유의 等級은 SE 및

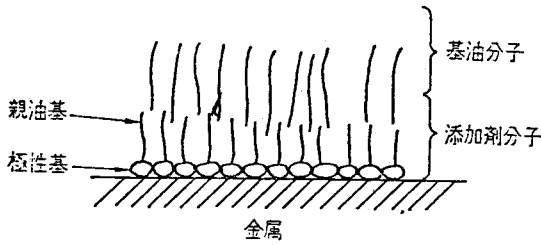


그림 8. 녹防止作用機構

SD에서 일부 SC도 사용되고 있고 美國에서는 주로 SE가 사용되고 있는 형편이다.

그리고 工場充電池에서는 특히 수출카에 대해서 생각하면 상당히 長期間에 걸친 在庫期間(운반기간을 포함)이 있고, 통상적인 市場油에 비하여, 特히 防鏽性이 要求되는 경우가 있다. 防鏽성은 그림 8에서 圖示한 바와 같이 極性基와 親性基로 된 防鏽添加劑가 極性基와 親性基를 吸着하고, 親性基가 基油分子와 親和하여 水分子가 金屬표면에 부착하지 않도록 하여 防

鏽效果를 발휘한다. 이 防鏽劑를 첨가시켜서 船舶에 依한 海上운반기간에 녹이 슬은 것을 방지하는 方法을 취하는 수도 있다.

3 潤滑油의 劣化와 交換基準

潤滑油의 劣化原因을 크게 나누면 다음 3가 지로 요약된다.

① 기름自體의 酸化에 의한 劣化, 變質

② 添加劑의 소모

③ 外部로 부터의 異質物混入에 의한 劣化

즉, 모래먼지, 금속가루 등의 混入, 연소과정 에 있어서 燃燒生物의 混入 等 이것을 다시 表 6에 자세히 정리해 본다.

一般的으로 潤滑油는 사용하는 酸化重合하여 粘度는 上昇하고, 淸淨分散劑등이 소모하여 알 칼리價가 減少하고 灰分등이 增加한다.

그림 9는 潤滑油 劣化의 프로세스를 도시한 것이다.

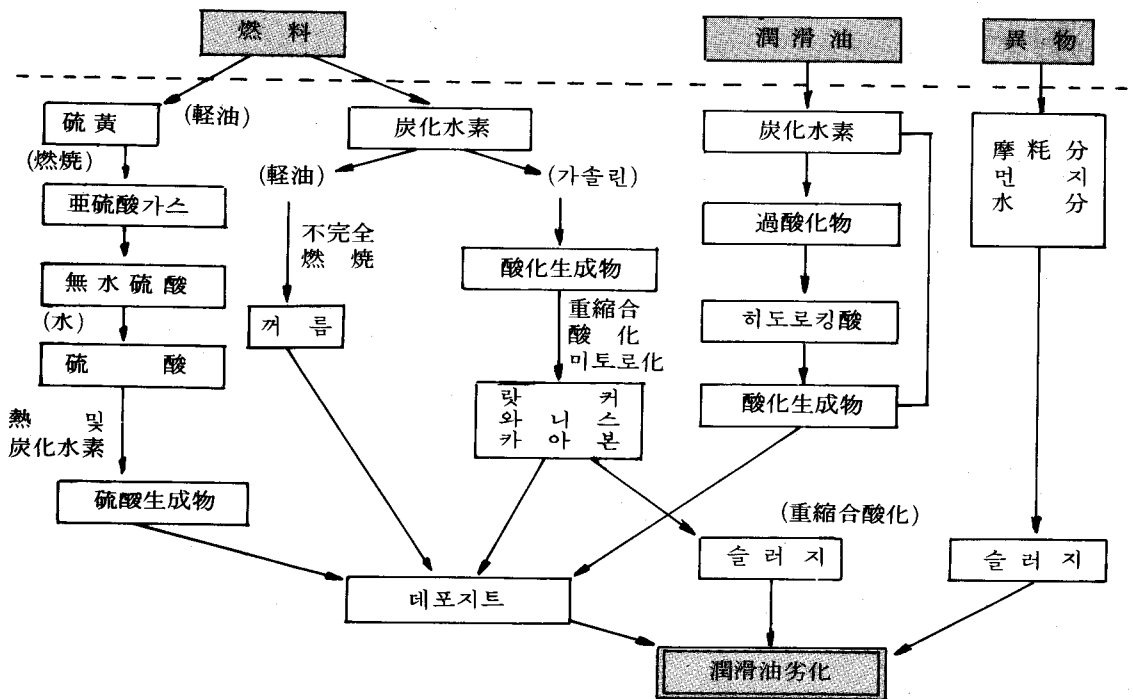


그림 9. 潤滑油劣化의 過程圖.

- 계속 -