

연
활
연
구



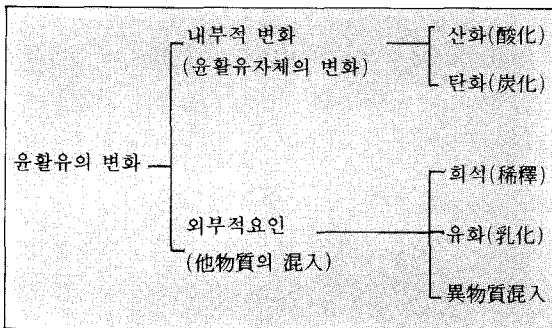
潤滑油의 劣化와 再生 (上)

서울대학교 명예교수
鄭 善 謨

1. 윤활유의 열화원인(劣化原因)

양질(良質)의 윤활유라 할지라도 사용함에 따라 차차로 변질하여 그 성질이 떨어져 가게 마련인데 이와 같은 현상을 윤활유의 열화(劣化)라고 부르게 된다. 윤활유는 사용하기 시작하면 주로 2가지 형태의 변화를 받게 된다. 그 하나는 윤활유 자신이 일으키는 내부적(內部的) 변화 즉, 화학적(化學的) 변화이고, 다른 하나는 外部的要因에 의하여 생기는 변화로서 윤활유의 오손(汚損)을 뜻한다. 즉, 윤활유의 사용중 변질변화하는 원인을 종합하면 다음 표1과 같다.

表1 윤활유의 변질원인



윤활유의 內部的 化學變質은 酸化현상으로 나타나는데, 산화되면 色相이 나빠지고 粘度가 증가한다. 그리고 어느 종류의 금속에 대하여는 기름의 부식성이 強하고 不溶性의 수지상물질(樹脂狀物質)을 增大시킨다. 광유(鑛油)가 산화되면 케톤, 알데히드 및 알콜과 같은 油溶性의 酸化合物이 먼저 생성되고 다음에 이것이 유기(有

機酸)으로 바뀌어지며, 최후에 기름에 녹지 않는 수지상물질을 生成한다.

윤활유의 산화속도는 온도 및 촉매(觸媒) 공기와의 접촉, 윤활유의 분류 및 산화방지제(酸化防止劑)의 종류등에 의하여 변화한다. 일반적으로 윤활유의 劣化중 가장 큰 원인은 공기중의 酸素에 의한 산화작용이다. 이밖에 물의 작용, 윤활유와 접촉하는 금속과의 作用 및 日光의 작용, 공기중의 먼지와 금속의 녹의 作用 등에 의한 것들이 있다.

내연기관(內燃機關)의 경우에는 그 엔진에 사용되는 연료의 불완전연소에 의하여 생기는 물질의 混入이 엔진 內의 윤활유의 변질에 크게 영향을 끼치게 된다. 공기중의 酸素에 의하여 酸化가 일어나면 산성물질을 생기게 하는 이외에 분자의 중합(重合)에 의하여 슬러지(sludge) 등의 固形物이 생기게 된다. 이 산화작용은 高溫에 있어서 금속과 접촉하는 경우에는 특히 심하게 일어나기 쉽다.

또 윤활유에 물이 混入하면 그 물의 작용에 의하여 加水分解를 일으켜서 그 결과 부식성유기산을 생성하기도 하고, 고무모양의 물질을 생기게도 하여 劣化現象이 나타나게 한다. 이것은 그리스(grease)등에 특히 일어나는 현상이고 산(酸), 염(鹽), 알칼리 등을 함유하는 물은 많은 害를 주게 된다.

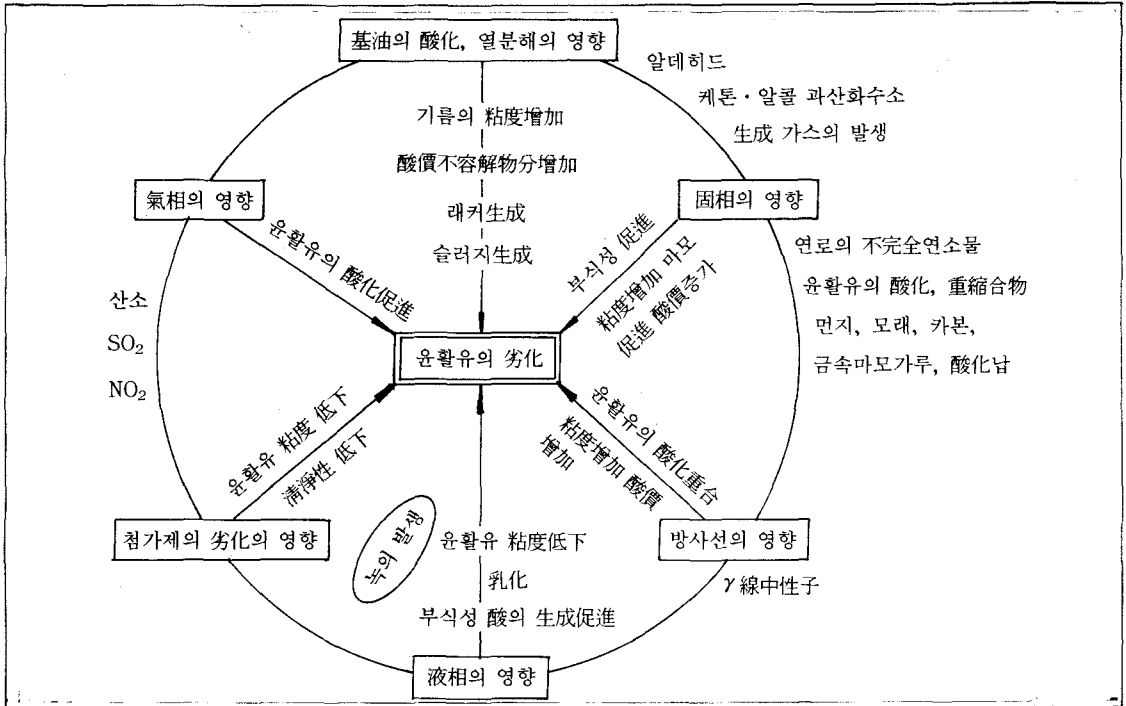
또 윤활유는 직사일광(直射日光)에 닿으면 분화현상(分化現象)이 나타나기 쉽고, 空氣중의 먼지 또는 부식성 가스가 浸入하기 때문에 윤활유가 分化하기도 하여, 윤활유속에 금속의 녹이 들

어가든지 하게 되고 윤활유의 분해(分解)에 의하여 생긴 탄소침적(炭素沈積)의混入으로 인해서

도 윤활유는 열화한다.

윤활유의劣化에 미치는 内部的 및 外部的 要因을 종합하여 생각하면 表2와 같다.

表2 潤滑油의 劣化에 미치는 要因



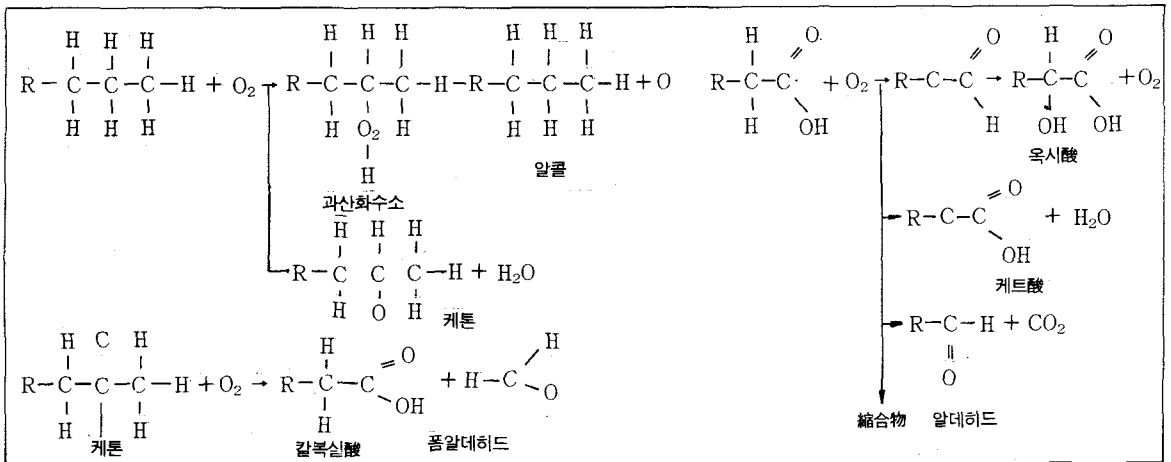
[1] 산화(酸化)

(1) 산화기구(酸化機構)

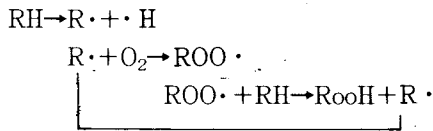
산화기구에 대해서는 탄화수소(炭化水素)의 제1차 生成物은 과산화물(過酸化物, peroxide)이라는 理論을 근거로 한 過酸化物에 의하여 예를

들면 飽和炭化水素인 파라핀系油에 의한 酸化過程을 표시하면 表2와 같다. 윤활유의 산화는 일반적으로 free radical 連鎖反應機構와 過酸化水素의 分解機構의 2단계로 進行되고 있다.

表3 파라핀系油의 酸化過程

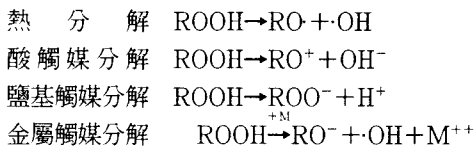


① free radical連鎖反應機構：炭化水素 RH는 熱과 光線의 작용으로 分解하고 ·H를 분리하여 自由基(free radical)R·를 생기게 한다. 自由基 R·는 活性이 매우 크기 때문에 바로 酸素와 化合하여 過酸化基 ROO·를 생기게 하고, 이것이 다른 炭化水素分子와 反應하여 과산화수소 ROOH와 R·를 생기게 해서 連鎖的으로 反應이 반복되어 酸化가 進行한다.



② 과산화수소의 分解機構：위의 反應機構로 부터 생긴 과산화수소는 매우 不安定한 物質이고, 다음과 같은 各 條件에 의하여 복잡한 分解를 하여, 그 1차 生成物은 自由基 連鎖機構의 連鎖傳播에 작용하여 酸化를 촉진시키는 결과로 된다.

이 경우에 특히 熱分解 및 金屬의 觸媒分解가 중요한 因子라고 생각된다.



潤滑油의 酸化는 이와 같은 과정을 지나서 알코올, 케톤, 알데히드, 有機酸 등을 생기게 하는데, 이 酸化反應 과정을 圖示하면 그림1과 같이 된다.

즉, A구간은 誘導期間이라 하며, 이 구간에는

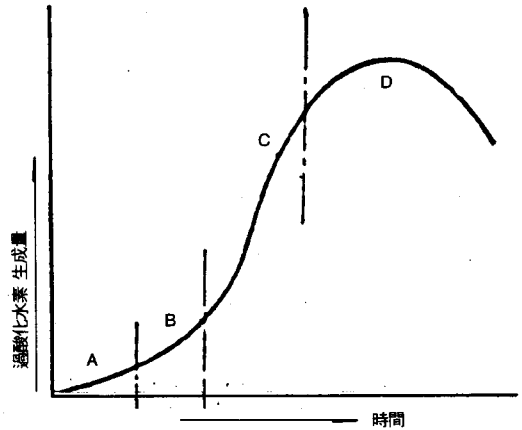


그림1 炭化水素의 酸化過程

酸素는 거의 흡수되지 않고 과산화수소가 천천히 蓄積된다. B구간은 과산화수소의 濃度가 증대되고 천천히 酸化速度가 빨라지며, 과산화수소의 生成과 分解가 균형이 유지되어 酸化反應은 正常狀態로 된다.

D구간에서는 反應物質이 적게 되어 과산화수소의 生成速度가 늦게 된다. 우리들이 실제로 潤滑油를 취급하는 경우에 문제가 되는 것은 A 및 B구간이고, C구간과 같이 酸化曲線이 올라가면 潤滑油를 교환하여야 한다.

潤滑油의 酸化는 이와 같은 機構로써 변화하여 가지만 酸化生成物을 종합하면 表7·3에서 보는 바와 같이 알데히드, 케톤, 알코올, 카르복실酸, 옥시酸, 에스테르, 락톤, 水分 및 各種 重縮合物 등을 生成한다.

表4은 炭化水素의 酸化生成物의 一覽表이다.

表4 炭化水素의 酸化生成物

酸化生成物	一般式 또는 生成의 例	分析表現法	備 考
과산화수소	1. R-O-O-H 2. R-O-O-R' 알킬過酸化物의 例	過酸化物價	알킬基 C _n H _{2n+1} 을 R, R'로 표시한다.
알 데 히 드	C _n H _{2n+1} CHO 또는 ROCHO	카르복실價	(例)포름알데히드 HCHO(H-C=O) 즉, 알데히드基-C=O를 포함한다.

케톤	$C_nH_{2n}O$	카르복실價	(例)아세톤 CCH_3OCH_3 $\begin{matrix} CH_3 \\ > \\ CH_3 \end{matrix} C=O$ 즉, 카르보닐기-C=O-를 포함한다.
알코올	일차 알코올 $R-CH_2OH$	水酸基價	(例)에틸알코올 CH_3-CH_2-OH 즉, 鎖의 末端에 水酸基-OH를 붙인 것
	이차 알코올 $R-CH(OH)-R'$		(例)이소프로필알코올 $CH_3-CH(OH)-CH_3$ 즉, 鎖의 中間에 水酸基-OH를 붙인 것
카르복실酸	$C_nH_{2n}O_2$ 또는 $R-COOH$	酸價	(例)醋酸 CH_3COOH 즉, 카르복시기- $C \begin{matrix} OH \\ // \\ O \end{matrix}$ 를 포함한다.
옥시酸	一名 히드록시酸 또는 옥시카르복실酸		(例)글리콜酸 $CH_2OH-COOH$ 즉, -COOH와 -OH를 병합한 것이다.
에스테르	(例) $R-COO-R'$	酸化價	(例)(1) CH_2NO_3 (2) $CH_3COO-CH_3$
락톤	(生成例)할로겐지방酸을 알칼리와 같이 가품한다.		(例)부틸-락톤 $CH_2CH_2CH_2CO$ $\underbrace{\hspace{2cm}}_O$
重合, 縮合物			
炭酸가스 一酸化炭素水		슬러지, 아스팔트	

[2] 酸化에 관계하는 여러 因子

① 潤滑油의 基와 酸化

粘度指數가 다른 市販의 無添加潤滑油를 選定하여 酸化安定試驗器로써 規定條件에 의해 酸化를 시키고 일정시간 후에 試料油의 粘度化 및 全酸價 增加量의 變化를 圖示하면 그림2와 그림3에서 보는 것처럼 된다. 2개의 그림으로부터 粘度指數가 큰 潤滑油일수록 粘度比 및 全酸價의 增加量이 적어서 酸化하기 어려운 것을 알 수 있다. 또 기름의 파라디니티를 표시하는 아닐린點과 기름을 위의 酸化安定試驗器로써 24시간 酸化시킨 試料油의 劣化生成量(펜탄 不溶解分-벤젠 不溶解分)과의 關係를 구하면 그림4와 같다.

新油의 아닐린點이 높을수록, 즉 파라디니크로 될수록 同一條件 밑에서 生成되는 劣化物은 적어지고, 그림2와 그림3과 一致하게 된다. 그림4에서 潤滑油新油의 아닐린點에 의한 劣化傾向의 變曲點은 대체로 75°C 부근이라고 볼 수 있

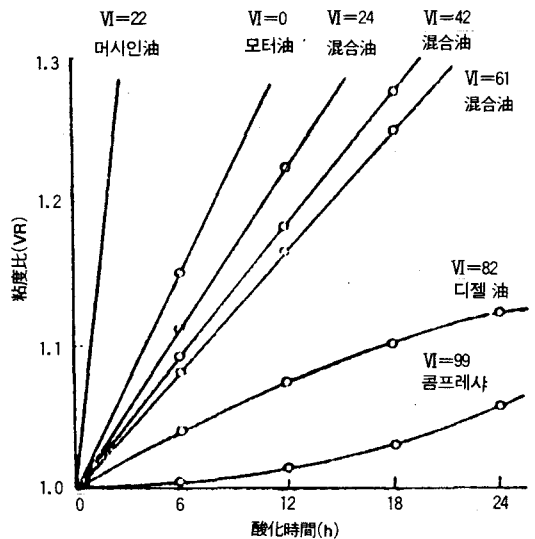


그림2 粘度比와 全酸價 增加量의 關係

고, 이보다 낮은 아닐린點을 가진 潤滑油新油는 使用中 酸化에 의한 性狀의 變化가 갑자기 증가

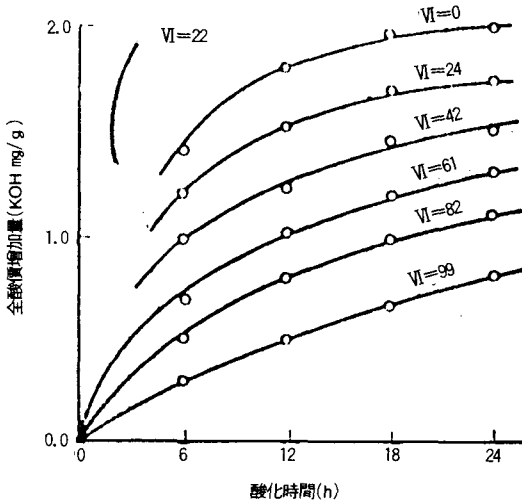


그림3 潤滑油의 基와 酸化安定度와의 關係 (全酸價增加量)

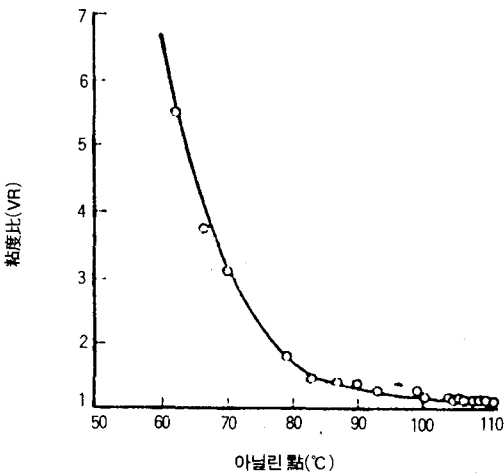


그림4 潤滑油新油의 아닐린點과 酸化試驗 24시간 후에 있어서의 粘度比와의 關係

하는 것을 알 수 있다.

② 潤滑油의 溫度와 酸化

潤滑油를 가열하면 炭化水素分子가 熱分解를 일으켜서 酸化機構에서 이미 論述한 바와 같이 각종의 복잡한 機構로써 酸化가 進展해 가는 것이다.

지금 그 한 예로써 酸化傾向이 큰 아스팔트基

油에 대하여, 油溫과 酸化時間과 酸化吸收量과의 關係를 總합하면 그림 5에서 보는 바와 같이 되고, 비교적 낮은 溫度 밑에서 酸化時間의 長短에 불구하고 酸化吸收量은 거의 문제되지 않을 정도로 작지만 油溫이 130°C 이상으로 되면 급격한 酸化가 일어나게 된다.

酸化時間에서 생각하면 加熱時間이 20분 이내까지는 급격한 酸化가 생기고 그 이후부터는 아주 緩慢한 변화에 머물고 있다.

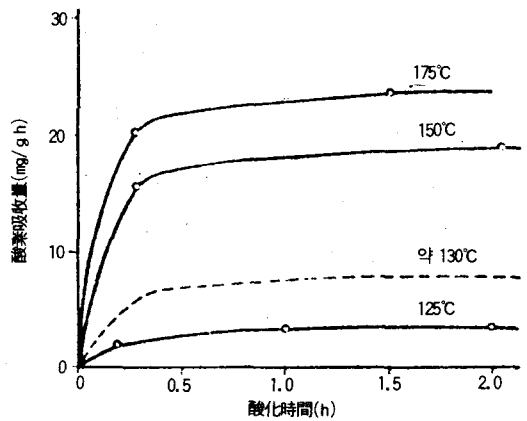


그림5 潤滑油의 溫度와 酸化와의 關係

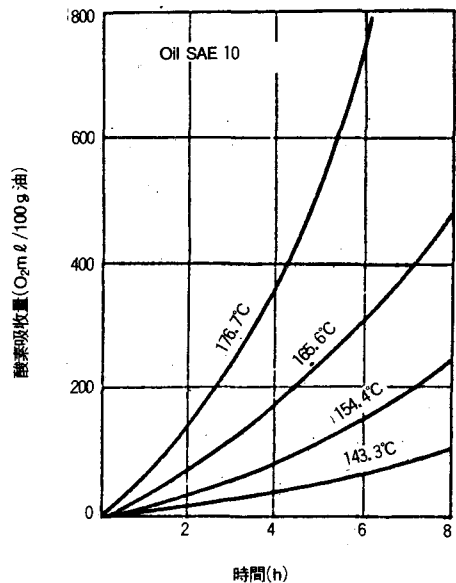


그림6 酸化에 미치는 溫度의 影響(C.W. George)

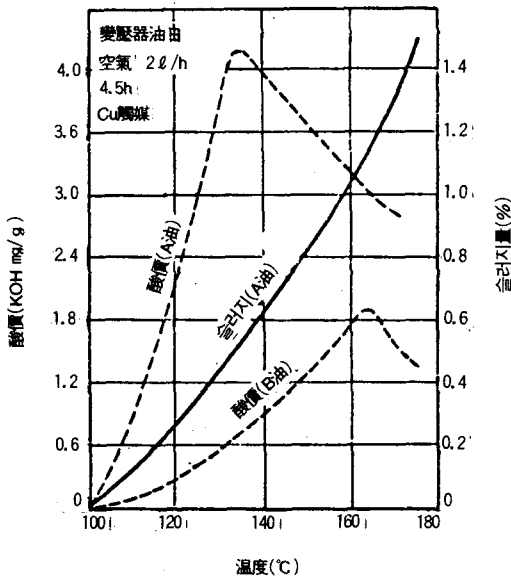


그림7 酸化에 미치는 溫度의 영향(L. Massey)

그림7은 SAE10모빌油에 행한 酸化試驗 결과이다. 溫度가 上昇할수록 酸素吸收量이 많아지고 酸化反應速度가 증가하는 것을 알 수 있다. 그림7은 그 종류의 潤滑油에 대한 溫度와 酸化와의 관계를 圖示한 것이고, 슬러지 生成量은 溫度와 더불어 증가하나, 酸價는 溫度에 의하여 最大値를 표시하고, 기름의 종류에 따라 酸價의 最大値를 표시하는 溫度는 상당히 다르다는 것을 알 수 있다.

③ 酸과 觸媒와의 관계

潤滑油의 酸化는 일종의 化學反應이므로, 觸媒의 존재에 의하여 反應速度는 증가한다. 潤滑油의 酸化에 있어서의 觸媒로는 기름 속에 混入된 金屬磨耗粉, 摩擦金屬面, 먼지, 水分, 燃燒生成物, 劣化生成物 등이 있다. 대부분의 金屬은 潤滑油의 劣化에 대한 觸媒로 작용하는데, 구리, 鐵, 납은 觸媒作用이 크고, 朱錫은 陰觸媒로 작용한다는 學說이 있으며, 알루미늄과 亞鉛에 대해서는 뚜렷한 學說이 없는 것 같다.

그림8은 同一表面積을 가진 각종 金屬板을 沈漬하여 酸化安全試驗器에 넣어 酸化시켜 시간의 경과에 의한 粘度比 및 全酸價增加量의 變化를 圖示한 것이다. 그 결과 3종류의 觸媒金屬 중에

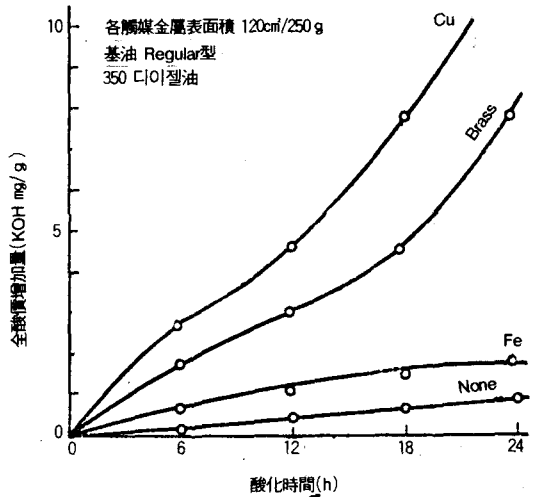
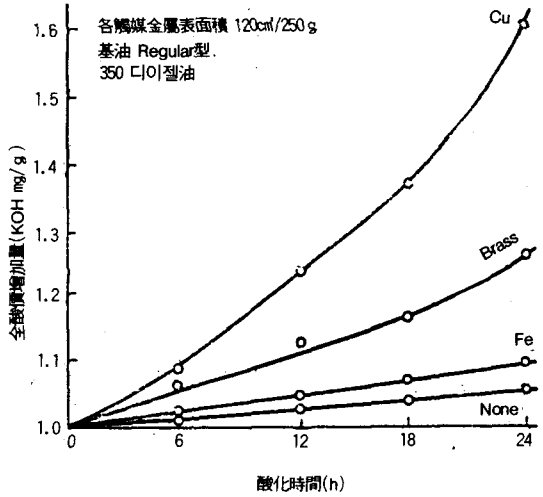


그림8 同一表面積의 觸媒金屬이 酸化에 미치는 영향

서 구리가 가장 큰 영향을 끼치고 朱錫, 鐵이 다음 순서로 된다. 그러나 모두 無觸媒 때에 비하여 酸化가 촉진되고 性質이 惡화된 것을 알 수 있다. 그림 7도 酸化試驗에 의한 기름의 酸化와 觸媒金屬 및 그 量의 관계를 圖示한 것이며, 鐵 및 구리는 觸媒作用이 크고 一定量의 酸素가 기름 속에 吸收되는 시간은 짧다.

실제로 엔진에 사용되는 潤滑油는 單一金屬에 의한 觸媒作用을 받는 것은 드물고, 보통 여러 종류의 金屬에 접하여 混合觸媒作用을 받는다.

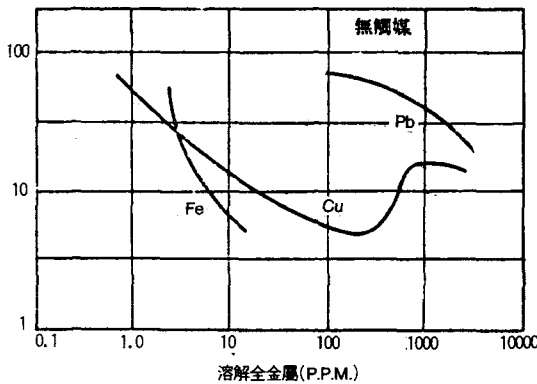


그림9 酸化와 酸素吸收時間과의 관계

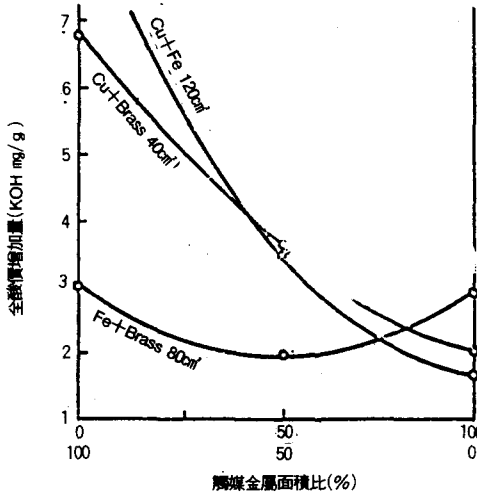
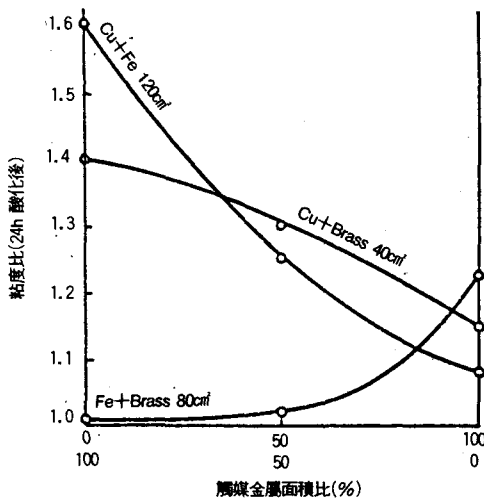


그림10 觸媒金屬의 組合에 의한 助觸媒效果의 實驗結果(24h 酸化試料에 대하여 測定)

그림7은 3종류의 金屬을 조합된 混合觸媒에 의한 實驗結果를 圖示한 것이다. 그 결과를 單一金屬의 경우와 비교해 보면, 觸媒金屬의 組合에 의하여 助觸媒 또는 觸媒促進의 作用은 보이지 않으며, 오히려 相互減殺作用이 있다는 것이 나타나기도 한다.

④ 潤滑油의 混合과 酸化

使用油를 교환하는 경우 循環系統內에 劣化油를 담은 채 新油와 交換하든지 劣化油를 新油와 混合하여 사용하든지 하면, 劣化油에 含有한 각종 不純物이 觸媒作用을 일으켜서 기름의 酸化에 의한 劣化速度가 빠르게 된다. 그림11은 그 한 예로서 新油와 劣化油를 混合사용했을 경우의 결과를 圖示한 것이다. 그림11에서 보는 바와 같이 劣化油가 混入하면 기름의 壽命은 算術平均値보다 低下하는 경향이 있다. 따라서 潤滑油를 새로이 바꿀 때는 劣化된 기름을 循環系統內에 남긴다는 것은 經濟的으로 불리하게 되므로 劣化油의 再生洗淨을 실시해서 新油를 補給하는 것이 理想的이라 할 수 있다. 또 新油끼리 混合 사용하더라도 그 수명을 短縮하는 경우가 많은데, 이것은 混에 의해 安定性이 低下하기 때문이다.

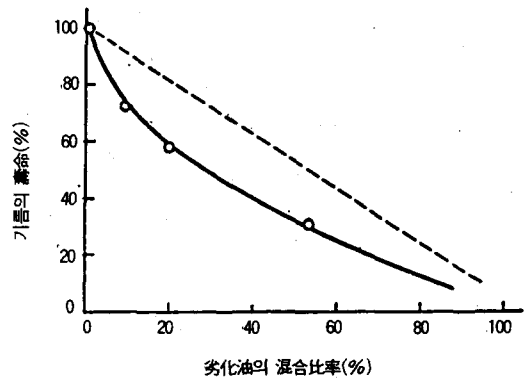


그림11 劣化油의 混入이 기름의 壽命에 미치는 영향

⑤ 潤滑油의 含有黃分과 酸化

潤滑油 중에 어느 정도의 黃分化合物이 포함되어면 酸化防止作用이 강하게 된다는 것은 일반적으로 인정되고 있으나, 그 作用과 效果는 매우 복잡하

고 黃分化合物의 종류 및 基油의 종류에 대해서는 한 마디로 말할 수 없다. 그림12는 基油에 同一 黃分化合物(메르캅탄成分)을 각종 比率로서 添加하여 185°C에서 酸素吸入量 20 l/h, 酸化時間 4h의 酸素吸收量의 변화를 圖示한 것이고, 이것을 정리하면 기름 속의 黃分化合物이 黃分으로서 0.3~0.4% 부근에서 酸素吸收량이 最小, 즉 酸化가 가장 억제되는 것을 알 수 있다. 이 現象을 이용하여 酸化防止劑로서 널리 사용되고 있는 각종 黃分化合物의 添加량에도 자연히 最適量이 있다는 것을 알 수 있다.

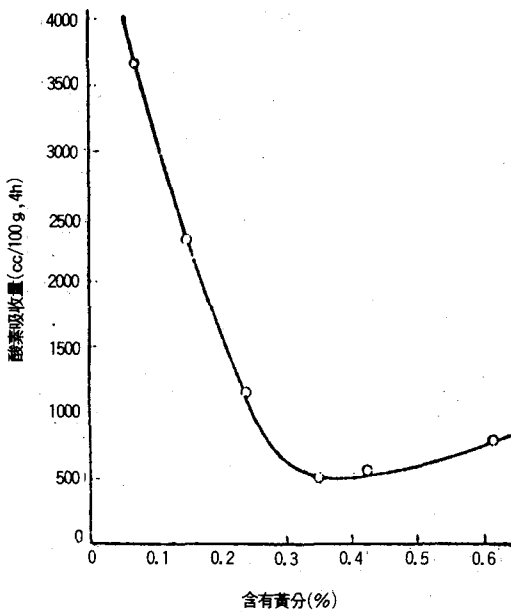


그림12 有機黃分含有量과 酸化의 관계

⑥ 潤滑油 중의 混入水分과 酸化

使用潤滑油 중에 海水 또는 清水 등의 水分이 포함되는 경우에는 마치 酸化助觸媒를 첨가한 것 같이 급격히 酸化가 일어난다.

그림13은 含有水分이 酸化促進에 미치는 영향을 實驗한 결과를 정리한 것이다. 특히 觸媒金屬의 밑에서 水分의 존재가 기름의 酸化에 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다. 水分의 존재가 기름의 酸化를 촉진시키는 機構에 대해서는 명확하지는 않으나, 水分이 존재하면 觸媒金屬面에 부

착하는 폴리머의 追放에 효과가 있다는 것과 酸化反應에 의하여 CO₂, CO, H₂ 등 가스 生成의 抑制에 의하여 酸化가 촉진되는 것으로 생각된다.

水分은 潤滑油의 冷却系統에서 새어 들어가는 수도 있고, 燃燒生成物의 水分이 기름속에 混入하는 수도 있다. 潤滑油가 高温으로 되면 微量의 水分은 증발하여 소실되나, 일반적으로 蒸溜하여 기름을 乳化시키고 酸化를 촉진시키는 결과가 된다. 그림14는 터어빈油의 酸化安定度試驗에 있어서 實驗결과를 圖示한 것이다.

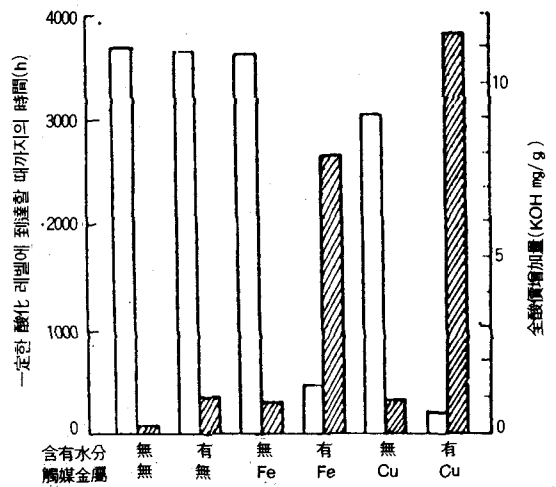


그림13 含有水分이 酸化에 미치는 영향

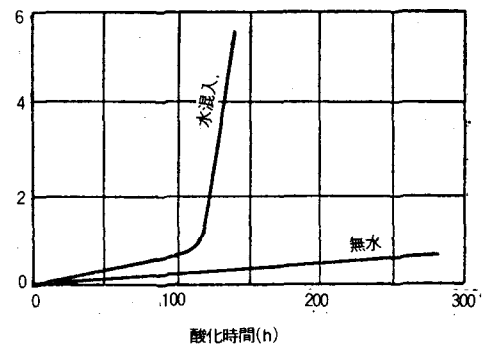


그림14 水分과 酸價와의 관계

⑦ 먼지의 侵入과 酸化와의 관계

潤滑油중에 먼지가 混入하면 酸化를 촉진한다. 먼지 중에는 水分, 砂粒, 金屬粉, 油脂類 등

여러가지 成分이 포함되고, 이것들이 酸化에 대한 觸媒作用을 한다. 또 먼지는 기름의 循環을 방해하고, 給油狀態를 원활하지 못하게 하거나 固形物이 摩擦面에 侵入하여 潤滑作用을 해치고 摩擦을 증대시키며, 摩擦溫度를 높이고 기름의 酸化를 촉진시키게 된다. 그림15는 먼지의 混入量과 기름의 酸化의 관계를 圖示한 것이다.

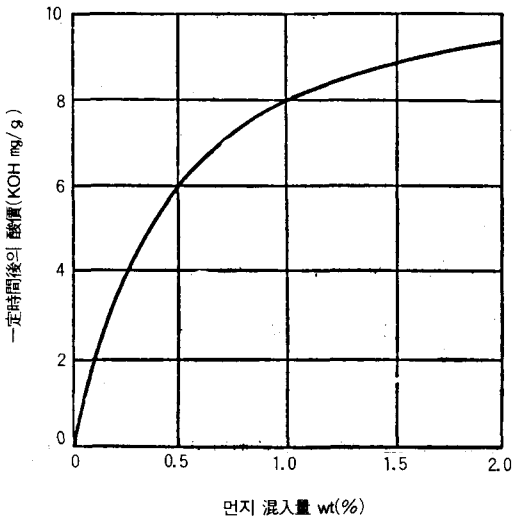


그림15 酸化에 미치는 먼지의 영향

⑧ 潤滑油의 含有슬러지와 酸化 炭化

어떤 潤滑油라도 사용 중 슬러지가 생기는데, 이것을 완전히 없게 할 수는 없다. 기름 속의 슬러지에는 래커, 固形 슬러지, 乳化슬러지 등이 있으나, 그 成分과 構造 등은 여러가지가 있고, 폴리머 物質, 過酸化物質, 不飽和成分 등으로 되는 分子量的 아스팔트로, 각종 不純物 및 水分이 凝結한 것으로 생각된다.

그림7.16은 프리미엄(premium)型 潤滑油를 試料로 하고, 이것에 1%의 固形 슬러지를 첨가한 경우의 酸化에 미치는 영향을 실험한 결과를 圖示한 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 1% 정도의 슬러지를 含有하는 것으로서 기름의 酸化速度는 2배로 빨라지게 된다. 그 理由는 다음과 같다.

i) 슬러지 중의 不飽和炭化水素分에 의한

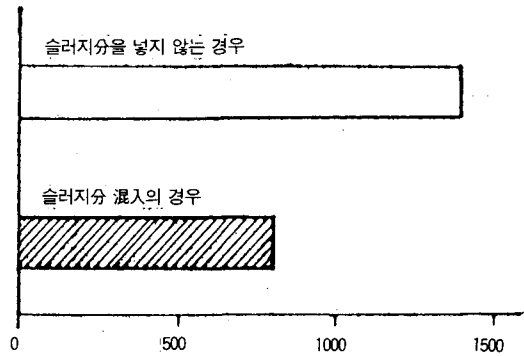


그림16 潤滑油에 1%의 슬러지를 混入한 경우의 酸化에 미치는 영향

- free radical 連鎖反應에 의하여 酸化가 촉진된다.
- ii) 含有不純物의 觸媒作用에 의하여 酸化가 촉진된다.
- iii) 含有水分의 助觸媒作用에 의하여 酸化가 촉진된다.

(2) 炭化

炭化現象은 潤滑油가 특히 高溫에 접하는 부분, 예를들면 柴油 엔진의 실린더內 潤滑등에 사용되는 기름에 일어나는 현상이다. 이 燃燒내에 있어서 기름이 炭化한다는 현상은, 潤滑油가 加熱分解하여 氣化된 氣가 酸素와 결합할때 熱의 傳導速度보다 酸素와의 反應速度가 늦으면 熱때문에 기름이 乾溜되어 炭化되고, 多量의 炭素殘存物이 생기게 되는 것이다. 또, 극히 粘稠한 기름의 경우, 그 氣化速度가 受熱速度보다 늦으면 炭化作用이 더 한층 進진해 가는 것이다.

따라서 柴油 엔진 및 空氣壓縮機 등의 실린더 內部的 潤滑油에는 특히 炭化傾向이 적은 것을 選定해야만 된다. 氣化速度가 큰 것, 즉 일반적으로 速度가 낮을수록 炭化傾向이 감소하는 경향이 있다. 또 발생한 炭素殘存物에 대해서도 기름의 造成上的 차이가 영향을 끼치게 된다.

鑛油에 대해서는 파라핀系油에서의 殘存物은 비교적 硬質이고 약간 粘着性이 크나, 나프텐系油에서 발생한 殘存物은 軟質纖毛狀을 하고, 엔

진 내에 堆積되어도 清掃는 아주 곤란하게 된다. 또 실린더에서의 吹拔(blow down)에 의하여 潤滑油 중에 炭化物이 증가하는 경우 기름의 炭化傾向의 大小를 살펴보면, 콘렛슨 殘留炭素試驗器에서 얻은 결과를 唯一의 표적으로 삼고 취급하여 왔으나, 대체적인 짐작은 할 수 있지만, 만일 다른 종류의 기름에 대하여 計測한 殘留炭分量이 同一하다 하더라도 이것을 엔진에 사용하였을 경우 同一한 炭化傾向을 표시한다고는 말할 수 없다.

발크(Bahlke) 등은 潤滑油를 1mmHg의 壓力 밑에서 減壓蒸溜하여, 기름의 90% 溜出溫度(°F)를 그 기름의 炭化指數라 부르고, 이것으로써 콘렛슨시험 결과보다도 한층 더 정확하게 실제의 엔진 내에 있어서 炭化指數와 엔진의 運轉試驗에 있어서 燃燒室內에 堆積된 炭素殘存物의 量의 測定結果와의 관계를 그림17에 도시한다.

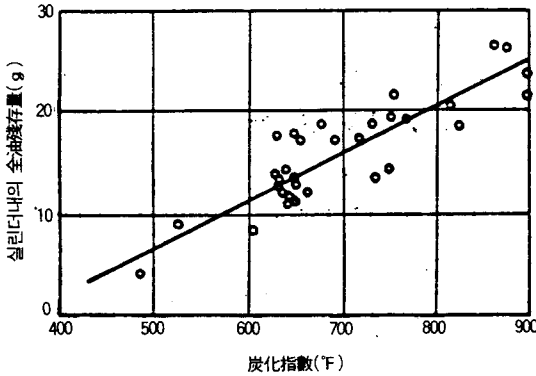


그림17 炭化指數와 炭素殘存物의 量과의 관계

炭化指數에서 推定되는 炭素殘存物의 量은 실제의 엔진 내의 炭化傾向에 관하여는 비교적 信賴할 수 있는 判斷을 내릴 수 있을 것이다.

(3) 稀釋

潤滑油중에 燃料油 및 비교적 多量의 水分이 混入하였을 경우에 일어나는 현상이고, 특히 다음과 같은 경우에 생기기 쉽다.

① 使用燃料油의 品質이 不良하여 噴射狀態가 나쁘고 따라서 不良燃燒로 되며, 그 일부가 潤滑油 중에 漏入하였을 경우

② 油加熱溫度의 不適, 噴射壓力이 너무 낮고, 噴射裝置의 不良등에 의하여 噴射狀態의 不良에서 오는 燃料油의 漏入

③ 엔진의 整備不良에 의한 燃料油 또는 水分이 潤滑油중에 混入할 경우

(4) 乳化(emulsion)

潤滑油가 水分과 混合하여 乳化液을 만드는 현상은, 기름속에 존재하는 微細한 슬러지粒子가 가진 極盛(일종의 凝集力)에 의하여 물과 기름과의 界面張力이 低下하고, W/O型 에멀션이 생성되어 차차로 強固한 保護膜이 형성되는 결과에서 일어나는 것이다. 이와 같이 하여 생긴 膠質의 浮化微粒子는 보통 $10^{-5} \sim 10^{-6}mm$ 정도의 크기이고, 이것이 集合되어서 浮化液을 형성하는 것으로 생각된다.

潤滑油가 乳化하는 傾向으로는 다음 경우가 고려된다.

① 기름의 酸化가 상당히 진행되었을 경우

② 기름이 劣化하여 슬러지가 증가함으로써 高粘度油로 되었을 경우

③ 運轉條件이 가혹하고 炭化水素分의 變質이 많을 경우

④ 水分과의 접촉이 많을 경우

2. 使用潤滑油의 劣化

[1] 蒸氣 터어빈의 경우

蒸氣 터어빈에 사용되는 기름 속에 각종 不純物의 混入과 潤滑油 자체가 蒸氣와 접촉함으로써 熱과 水分과의 작용을 받고, 다시 高荷重 밑에서는 강제로 加壓潤滑을 행한 결과 不溶解物質을 생성하여 潤滑油가 劣化된다.

이 過程들을 圖解하면 그림18과 같이 된다.

[2] 디젤엔진 시스템油의 경우

디젤엔진 시스템油에 있어서 劣化原因을 종합하면 다음과 같다.

① 먼지, 모래, 金屬磨耗粉, 녹 등 不純物의 混入

② 燃料油의 混入에 의한 稀釋

③ 不完全燃燒에 의한 남은 物質의 混入

④ 水分, 濕分의 混入에 의한 乳化物質의 生成

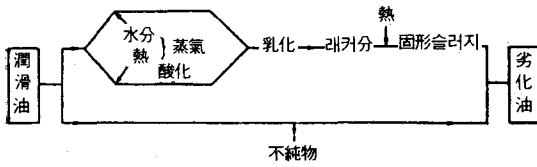


그림18 蒸氣 터빈에 사용되는 潤滑油의 變質過程

- ⑤ 潤滑油의 炭化作用
 - ⑥ 潤滑油의 炭化作用
 - ⑦ 高荷重 밑에서 潤滑을 行하기 때문에 不容解物質의 生成
- 이상의 原因에 의한 變質過程을 종합하여 圖示하면 그림19와 같다.

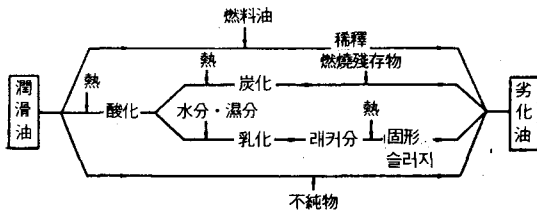


그림19 디젤 엔진 시스템油의 變質過程

3. 使用潤滑油의 劣化判定法

[1] 劣化程度判定에의 留意事項

使用潤滑油의 劣化程度를 조사하려면 특히 다음 事項들에 유의하여야 된다.

- i) 新油의 性狀을 명확하게 把握해 놓는다.
- ii) 使用油의 대표적인 試料를 採取하여 조사해 놓는다.

이 때, 엔진 부속의 潤滑油 펌프의 停止 직후에 適當한 장소에서 採取해야 되고 主機關서는 약 500시간마다, 補助機關에서는 약 100~200시간마다 採取한다.

[2] 潤滑油의 劣化判定法

使用油의 劣化程度를 判定하는 方法으로는, 陸上의 試驗室에 의뢰하는 경우와 運轉現場에서 劣化判定하는 경우의 2가지 方法으로 나누어 생각한다.

(1) 陸上의 試驗室에 의뢰하는 경우

運轉現象에서 陸上의 試驗室에 分析을 의뢰하는 경우에는 採取試料量은 약 1ℓ 정도로 하고, 運送의 도중에서 漏油에 의한 장애를 방지하기 위하여 마개를 꼭 막을 수 있는 깨끗한 빈 桶으로 충분히 포장하여 보내어 의뢰한다. 이때, 送付試料에 다음과 같은 資料를 同封하여 의뢰하는 것이 바람직하다.

- ① 會社名, 船舶名
- ② 使用 엔진名
- ③ 試料油名, 延使用時間數, 補給油量
- ④ 試料採取年月日, 採取方法
- ⑤ 使用添加劑名, 添加比率
- ⑥ 使用燃料油名, 性狀, 數量
- ⑦ 船舶內 再生의 概略
- ⑧ 엔진에 발생한 主要事故
- ⑨ 分析依賴項目
- ⑩ 기타 特記事項

(2) 運轉現場에서 劣化判定하는 경우

① 間接的 劣化判定法

엔진 運轉日誌를 중심으로 使用油의 劣化를 간접적으로 判定하는 方法으로 2가지 方法이 있다. 그 하나는 潤滑油의 延使用時間 稀釋하여 劣化의 정도를 조사하는 方法으로서, 특별히 現場에서 再生하지 않는 경우에는 主機關에 대해서는 蒸氣 터빈에서 3000시간 정도, 디젤 엔진에서 2000시간 정도, 補助機關에 대해서는 蒸氣 터빈에서 1000시간 정도, 디젤 엔진에서는 700시간 정도를 각각 일단의 目標로 삼고 있다. 그러나 사용중의 補給油量, 엔진의 型式 및 大小, 運轉狀態, 엔진의 調整, 管理의 정도, 潤滑油系統의 淸淨 程度, 潤滑油의 組成, 添加劑의 有無, 船舶內再生의 效果 등에 의해서도 상당히 다르게 되므로, 항상 어느 정도의 誤差가 있는 것은 各오해야 된다.

두번째 方法은 日誌 中의 潤滑油冷却器에 있어서 潤滑油入口 및 出口의 溫度差를 조사하는 方法이다. 冷却用 海水溫度 및 水量을 一定하게 하면, 潤滑油의 劣化가 진행하여 冷却器의 潤滑油側 傳熱面이 汚損한 경우에는 그 出入口의 溫度

차가 차차로 감소하여 간다. 冷却器의 形式 및 性能, 冷却用 海水溫度 및 流量 등에 의하여 균 일하지는 않으나, 어느 溫度差 이하로 되었을 경 우는 일단 조사해 볼 필요가 있다.

② 直接的 劣化判定法

運轉現場에 있어서 제한된 器具, 時間 그리고 努力으로서 使用油의 劣化性狀을 試驗하려면, 각각 다음과 같은 方法으로 행한다.

① 냄새를 맡아서 강한 臭氣가 날수록 燃料油의 混入과 不純物의 含有量이 많다고 판단한다.

② 손가락 사이에 기름을 넣어 보아 經驗的으로 粘度의 大小, 不純物의 多少를 조사한다.

③ 試驗管 속에 適量의 기름을 넣어서 그 先端部를 110℃ 정도로 가열하여, 含有水分의 존재를 水簸 소리를 듣고 판단한다.

④ 투명한 2장의 玻璃板에 기름을 끼어 透視하여, 水分의 존재, 슬러지 발생의 有無를 조사한다.

⑤ 試驗管에 기름과 물을 等量만큼 넣어, 격렬히 攪拌하여 放置하여 놓고, 기름이 완전히 분리할 때까지의 시간을 측정하여 抗淨化性을 조사한다. 이때 新油와 비교하면 한층 더 명확하게 된다.

⑥ 少量의 기름을 清水로 씻고, 水分을 제거하여 리트머스 종이 가 붉게 변하면 酸性이다.

⑦ 試驗管에 기름과 濃黃酸을 等量만큼 넣어 잘 흔든 다음, 잠시 후에 黑色의 沈澱物이 되는 量 및 管壁溫度의 上昇 정도에서 不純物의 混入比率 및 劣化의 정도를 알 수 있다.

⑧ 스폿 試驗을 한다. 즉, 적당한 容器속에 少量의 試料를 취하여 이것을 60~70℃로 加熱하고 지름 2~3mm의 金屬막대를 사용하여 그 한 방울을 기름중이 위에 떨어뜨리고, 약 15분 후에 浸透한 油膜의 크기를 측정하여 膜의 폭이 2mm이하로 되면 使用限度가 넘은 것으로 판단한다. 또 중심의 汚染部 주변이 얇게 흩어지는 상태에서 淸淨分散性의 強度가 판별된다.

⑨ 現場에 簡易式 粘度計, 中和價試驗器, 比重計, 比色計 등의 計器類가 있을 경우에는 全面的으로 활용한다.

4. 使用潤滑油의 劣化防止法

使用潤滑油의 劣化를 매우 작게 하여 防止하고 長期間 經濟的으로 良好한 潤滑狀態를 유지하며 壽命을 연장시키려면 潤滑油의 酸化를 촉진시키는 原因을 제거함과 동시에 항상 循環潤滑油의 淸淨에 노력하여 기름속의 不純物, 酸化生成物을 제거하고 적절한 新油補給을 해야된다. 따라서 潤滑油의 劣化防止策으로서는 다음 사항들이 고려된다.

① 高温을 피한다. 潤滑油가 高温部에 접촉하는 시간을 짧게 하고 油溫을 높게 하지 않아야되므로, 油壓을 올려서 기름의 循環給油를 많게 하고 또 기름의 冷却器에 의하여 油溫의 上昇을 방지한다. 그리고 使用油의 엔진 出口溫度를 60℃ 이하로 유지하여야 된다.

② 파라핀系油를 사용한다. 無添加油의 경우에는 比重을 작게 하고 粘度指數가 큰 기름을 선택하여 사용한다.

③ 기름의 混合使用은 되도록 피한다.

④ 空氣(酸素)와의 접촉을 피한다. 그리고 기름의 循環經路는 되도록 密閉狀態로 하여, 發泡(foaming)를 방지한다.

⑤ 不純物의 浸入을 방지한다. 즉, 먼지, 金屬磨耗粉, 녹 등의 不純物이 기름의 循環系統中에 浸入하여 觸媒作用을 하지 못하도록 빨리 제거한다.

⑥ 水分의 混入을 방지한다. 기름의 循環系統 특히 冷却器 등에 물이 새어들어가지 않도록 한다.

⑦ 酸化防止劑 때에 따라서는 淸淨分散劑 添加油를 사용한다.

⑧ 1년에 1회 정도는 플라싱(flushing)을 실시하여 潤滑油 循環系統을 淸淨하게 유지한다.

⑨ 엔진의 使用油量은 規定油量을 유지한다.

⑩ 엔진의 管理整備에 노력하고 水分, 燃料油, 燃燒殘存物 및 각종 不純物의 漏入을 방지한다.

⑪ 淨油裝置의 整備에 주의한다. 즉, 油濾過器의 濾過機能을 항상 良好 상태로 유지하고 遠心淸淨器 藥劑淸淨裝置의 精確한 조작

을 勵行한다.

⑫ 船舶內 또는 現場再生法을 실시한다.

5. 潤滑油의 使用限度

潤滑油를 사용함과 더불어 차차로 劣化하고, 劣化가 어느 한도를 넘어 계속 진행되면 潤滑作用이 아주 低下할 뿐 아니라 사고의 원인이 되므로, 再生處理 또는 新油와 교환하여야 될 것이다. 大型船舶에 있어서 消費된 潤滑油를 차례로 同質의 潤滑油로서 補給할 뿐 아니라, 항상 신중하게 船舶內 淸淨處理를 실시함으로써 기름의 劣化進行을 방지하고, 使用可能의 범위를 유지하도록 계속 노력하고 있다. 그러나 潤滑油의 使用管理, 淸淨法이 부적당한 경우에는 交換이 필요하다. 小型船舶과 漁船 및 自動車 등의 엔진에 사용되는 潤滑油는 一定使用期間 후에는 교환하는 경우가 많다.

潤滑油의 劣化와 슬러지量, 粘度變化, 酸化上昇 등은 서로 관련성이 있다고 알려져 있고, 粘度가 新油에 비하여 低下하고 있는 경우는 燃料 등의 低粘度油의 混入을 뜻하는 것이며, 粘度의 上昇은 酸化生成物의 蓄積을 뜻하는 경우가 많다.

그림20은 사고가 있던 100件的 自動車用 엔진의 크랭크케이스內 劣化潤滑油의 粘度變化 狀況을 圖示한 것이다. 이것에 의하면 自動車用 엔진 油에서는 燃料의 混入에 의하여 粘度低下가 10% 이상으로 된다는 것을 의미한다. 使用條件이 크게 영향을 끼치므로 粘度의 變化만으로는 潤滑油의 使用限度를 豫測할 수 없으나, 대체로 $\pm 20\%$ 의 粘度變化에 도달하였을 경우에 交換하는 것이 完전하다.

다음에 中和價의 增加에 의하여 使用限度를 결정하기도 한다. 그림21은 自動車用 엔진의 크랭크케이스內 潤滑油의 酸化變化를 圖示한 것이고, 일반적으로 中和價가 엔진油에 대해서는 2.0이상, 터빈油에 대해서 1.0이상으로 되면 使用限度에 도달한 것으로 생각하고 交換한다.

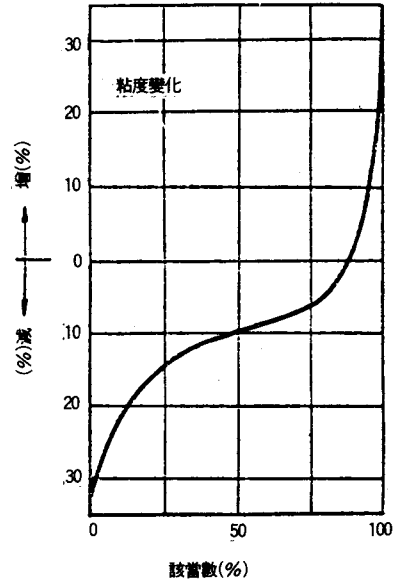


그림20 自動車用 엔진의 크랭크케이스內 潤滑油의 粘度變化(Wilson)

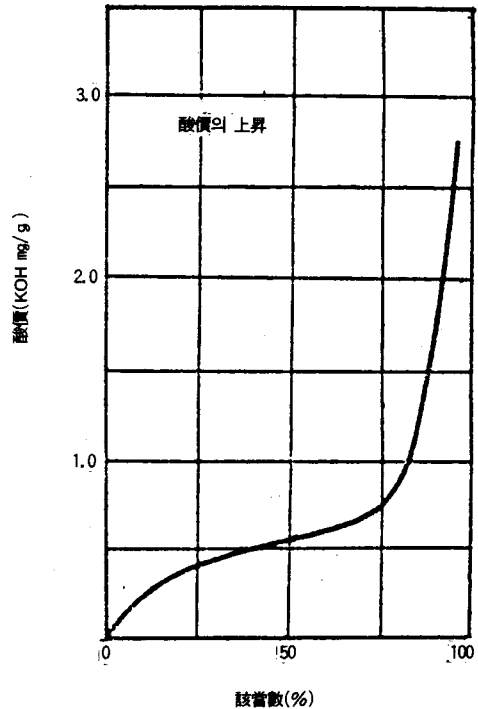


그림21 自動車用 엔진의 크랭크케이스內 潤滑油의 酸化變化