

潤滑資料

# 내연기관 (內燃機關)의 윤활油 (II)



韓國潤滑學會長  
서울大學校 工科大學教授  
工學博士 鄭善謨

內燃機關에 있어서 윤활유의 劣化가 진행하면 엔진内部의 摺動부분(摺動部分)회전부분의 마모의 增大와 부식뿐 아니라, 베어링과 실린더의 눌어붙음(煙燒附着)의 原因으로 된다. 윤활유 變化의 進行은 그림 10에서 보는 바와같이 高油溫일수록 빠르나, 發進, 停止의 반복에 의한 低溫에서의 酸化는 무시할 수 없는 것이다.

窒素酸化物 混入할 경우는 特히 무시할 수가 없다. 윤활유 劣化의 程度를 간편하게 보기 위해서는 윤활유 粘度, 알칼리價 等의 變化와 不溶解物의 量을 조사해야 된다.

이와같은 點에서 본 윤활유의 使用限界例를 表에 표시한다.

그리고 2사이클 엔진에서는, 給油마다에서 연소되고 소모해 버리기 때문에, 4사이클 엔진에서와 같은 劣化對策은 그다지 意味가 없으며 대신에 燃燒에 의한 堆積物의 生成이 적고, 堆積物의 박리性(剝離性, flaking)이 要求되며 淸淨効果와 防蝕性이 重要한 項目으로 된다.

基油에 녹지않는 固形物의 윤활油 속에 있으면,

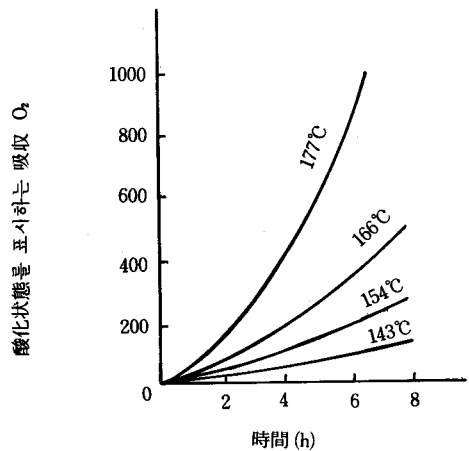


그림 10. 윤활油의 溫度와 酸化增進의 關係

接觸金屬의 부식마모를 심하게 하게하므로, 이 固形物을 淸淨分散劑로 부신시키는 것인데, 윤활유를 交換시키지 않고 補充만으로 使用한다면, 分散한 固形分의 量은 한정없이 증가해 갈 뿐이다. 固形物을 그림 11에 도시한 바와 같이

表 7. SAE30의 경우에 있어서 潤滑油의 使用 限界

시 험 항 목	사 용 가 능 범 위
動粘度 Cat at 98.9[°C]	新油에서 變化量 ±20~±25以內
全알칼리價 KOH(mg/g)	1~2 以上
全 酸價 KOH(mg/g)	新油에서 增加量 2~3 以下
引火點[°C] at PM	180 以上
펜탄不溶解分 Wt[%]	3.0~4.0 以下
펜젠 不溶解分 Wt[%]	1.0~2.0 以
水 分 Vol [%]	0.2 以下

表 8. 自動車에 있어서 엔진오일의 交換時期의 高찰(운할핸드북에 依한다)

條 件		交 換 時 期
車 種	乘 用 車	小形 輕量에 比하여 高壓力 및 高回轉에서 크랭크 케이스 容量이 작고 高油溫으로 되고 劣化가 비교적 빠르다. 5000 標準
	大 型 車	通常인 走行조건에서는 6000~10,000 km
	特 殊 車	건설기계 등은 運轉조건이 惡하고 短時間에서 交換한다.
엔 진	親和 정도	新車, 오우버호울 直後의 親和 운전 사이에는 交換간격을 通常 1/2 以下로 하고
	衰損의 경우	오일消費가 많고, 新油의 補充이 많으나 또 연소가스에 의한 損活
운 전	長거리 운전	하이웨이 走行時, 연속운전거리가 긴 車, 高速으로 장거리 운전하는 車는 交換期間을 延長할 수 있다.
	市街地 운전	發進, 停止 등 頻도가 많은 車는 연료 稀釋水分 등에 의한 오일의 汚染이 많으므로 交換시기를 短縮한다.
道 路	砂 塵	자갈길은 오일과 먼지에 오염되기 쉬우므로, 交換을 빈번히 한다. 즉, 頻繁히 해야 된다. 특히 交通量이 많은 不良의 자갈길에서는 補裝 道路의 경우의 1/2 以下の 간격으로 한다.
	山 高개	올라가는 고개 때문에 低速기어를 많이 사용하는 경우는 交換時期를 짧게 한다.

表 9 기름소비의 기계적要因

1	피스톤의 狀態	링구름, 피스톤스커어의 損耗
2	피스톤링의 狀態	링張力의 減少 링과 링구름의 끼어맞춤의 不良 컴프렛손링의 膠着, 마모, 오일링의  폐쇄(閉塞), 스코링
3	링 内壁의 狀態	損耗, 變形, 스코링
4	밸브의 狀態	밸브가이드, 밸브시스템의 損耗 밸브드레인 에의 過大給油
5	베어링의 狀態	베어링의 損耗, 弛緩에 의한 실린더내벽에의 過大給油
6	기름의 누설	가스켓裝着 不良, 損傷 샤프트시일의 欠陷, 損耗, 오일필터와 파이프의 損會 不良 크랭크케이스의 壓力의 過大 換氣의 過大

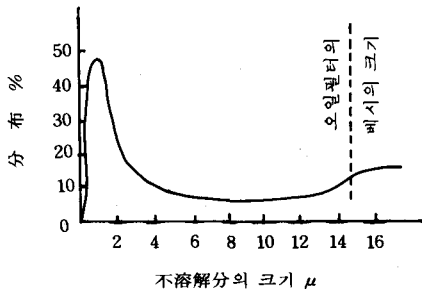


그림 11. 오일의 오염

粒子徑을 가지고 있으나 이 粒子들은 오일 필터로서는 除去되지 않고 엔진内部를 기름과 더불어 自動車에 있어서 潤滑유의 交換時期는 走行前後의 기름의 狀態 및 엔진内部의 狀態 변화에 의한 判斷하는 것이 된다. 사용조건등과 交換時

期의 관계는 表 8 과 같이 된다. SB, SC 級의 SAE30, 10W~30을 사용한 가솔린 自動車에 依한 走行前後의 엔진油의 性狀 변화를 그림 12 에 圖示한다.

現在, 가솔린 自動車로서는, 潤滑유 交換基準 으로서는 走行距離로서 國產車 3000~6000km, 日本 5000~10000km, 美國車는 12000km, 歐洲車 10000km 정도 일 것이다.

走行條件 이라든지 使用環境도 달라서 全世界를 同一레벨로서 比較한다는 것은 어려우나, 資源 절약의 重要性이 강조되고 부르짖고 있음으로, 되도록 交換거리를 延長시키어 고려해야 될 것이다.

資源 절약에 關하여 기름消費의 문제가 있다. 기름消費의 要因에 대해서는 表 9 에 표시한다. 엔진의 回轉數 및 出力이 增大하면, 기름 消

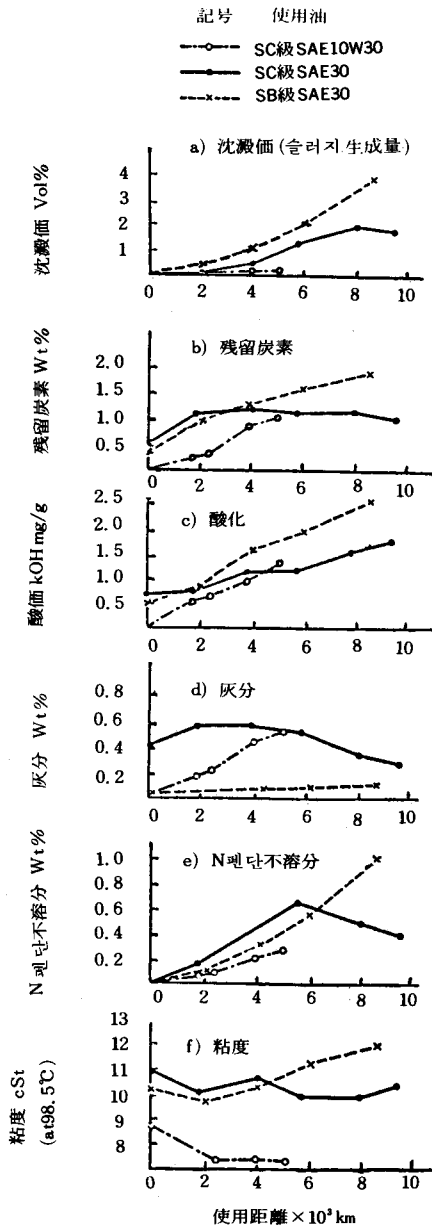


그림 12. 使用에 수반한 오일의 劣化

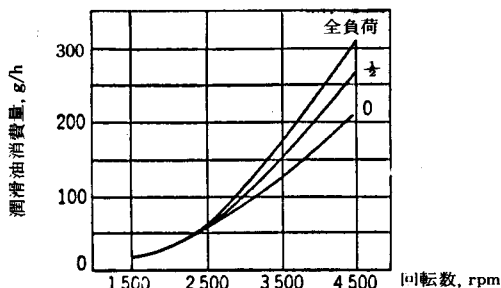


그림 13. 回轉數 및 負荷와 潤滑油 消費量

費가 增大한다는 것은 인정되고 있으며, 油壓油 粘度 및 揮發性도 기름소비에 상당히 영향을 끼친다는 것은 알려진 사실이다. 그림 13을 보라.

## ■ 트라이보로지 (Tribology)의 向後의 動向

### ① 高速, 高負荷에의 아프로오치 (approach)

내연기관의 向後의 動向의 하나는 高速 高負荷에의 移行의 문제가 있다. 현재로서는, 연료비를 비롯하여 경제성, 소음등의 公害, 耐久性에서 고찰하여 高速, 高負荷는 반드시 得策은 아니나, 내연기관等的 動力源이 경제적으로 보았을 때, 小形化, 輕量化, 出力增大化가 인류의 하나의 꿈이며, 向後에서도 그 아프로오치 (接近)는 계속되어 갈것은 의심할 여지가 없다. 여기서 現在 내연기관의 高速, 高負荷化를 방해하는 要因중에서 트라이보로지에 관련 된것을 論하기로 한다. 그림 14는 그 영향에 對하여 표시한 것인데, 이중 最大의 문제는 불균형 荷重, 摺動部클리어런스 (간격) 등에 의한 振動 過大 및 그것에 수반되는 충격하중과 마찰熱에 의한 摺動部の 溫度上昇이다.

그림 15에 高速化에 의한 振動의 增大와 습동부 (摺動部) 간격의 영향에 대하여 그림 16에 충격력의 作用時間과 最大値의 관계를 도시한 것이다.

그림 16은 高速, 高負荷를 실현시키기 위하여 向後 어떤 改良을 하지 않으면 안될것인가의 目標을 나타낸 것이다. 여기서 큰 課題는 다음 4 가지이다.

- ① 設計上の 문제
- ② 재료의 문제
- ③ 潤滑기구의 문제
- ④ 潤滑油의 문제
- ⑤ 冷却機構의 문제

먼저 여기서 潤滑方法과 冷却에 對하여 간단히 설명하기로 한다. 潤滑의 필요개소중, 슬라이딩 베어링은 일종의 粘性펌프로써, 速度에 비례한 油量을 베어링내에 통과시킬 수가 있고, 또 피스톤, 動弁系등도 給油通路에 있어서 油壓을 높임으로서, 潤滑에 필요한 給油量을 증가시키는 것은 어느 정도는 可能하다. 그러나, 로울링 베어링에는 슬라이딩베어링式的 自動펌프 作用이 없을 뿐 아니라, 高速에서는 베어링둘레에 空氣의 벽이 생기고, 바깥으로부터의 給油를 받

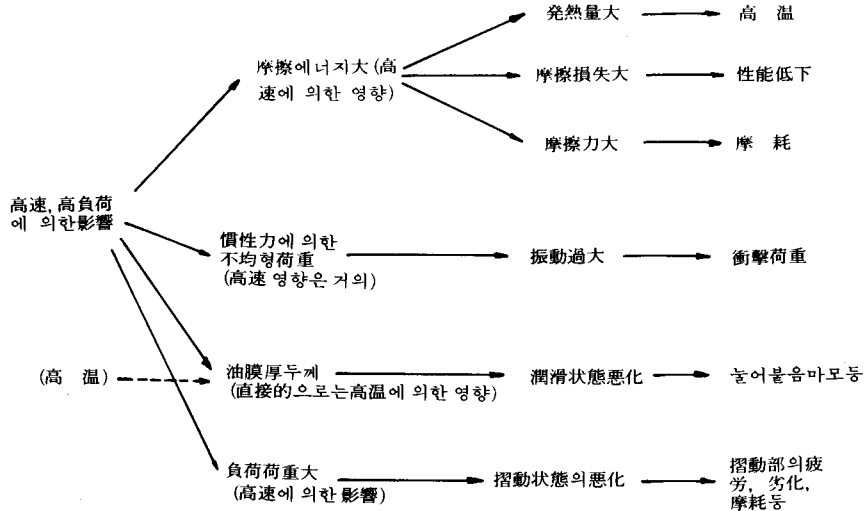


그림 14. 內粘機關의 高速 高負荷를 방해하는 것

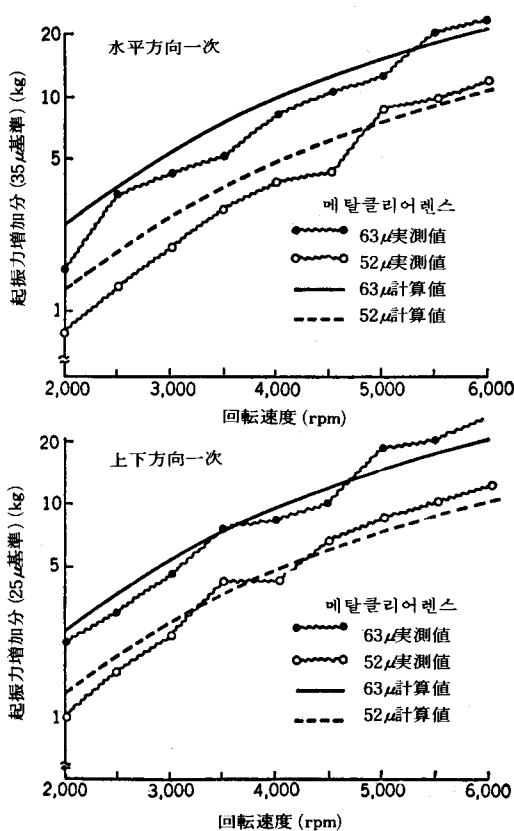


그림 15. 메탈간격의 增加에 依한 起振力の 증가

지 않는다. 이 때문에 고속로울링베어링의 윤회에는 그림 18에서 보는 바와 같은 제트유회 방식이 가끔 사용되고 있다. 이것에 대해서는, 제

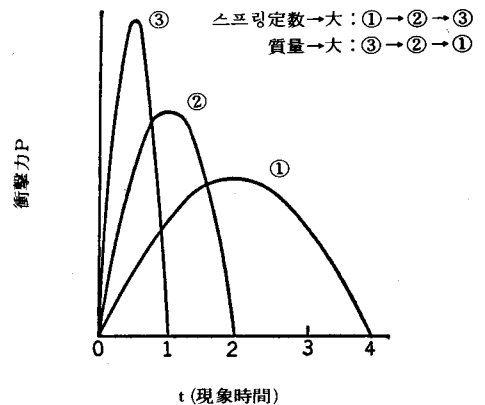


그림 16. 衝擊力の 作用時間과 最大値

트速度, 노즐位置 및 數등이 베어링 性能에 큰 영향을 미친다. 冷却機能에 대해서는, 그림 19에 도시한 바와 같이 潤滑油量을 增加시키는 것으로서, 摺動部 溫度를 低下시키는 것은 一般的方法이고, 現在에서도 사용되고 있는 방법이기도 하나, 더우기 고속, 高負荷에 옮겨가게 갔을때, 그것만으로는 不充分하다는 것은 쉽게 상상할수 있다. 따라서 여기서 생각되는 것은 히이트 파이프(heat pipe)의 利用이다.

히이트 파이프는, 氣體→液體의 狀態 變化를 수반시키는 傳達要素이고, 그 熱傳導率은 구리의 數百배에도 도달한다. 이 히이프 파이프를 高温部에 押入함으로써 용이하게 熱放散이 가능하게 된다. 向後 이와같은 방식이 아주 맹렬하게 될것으로 豫想된다. 그림 20에 히이트 파

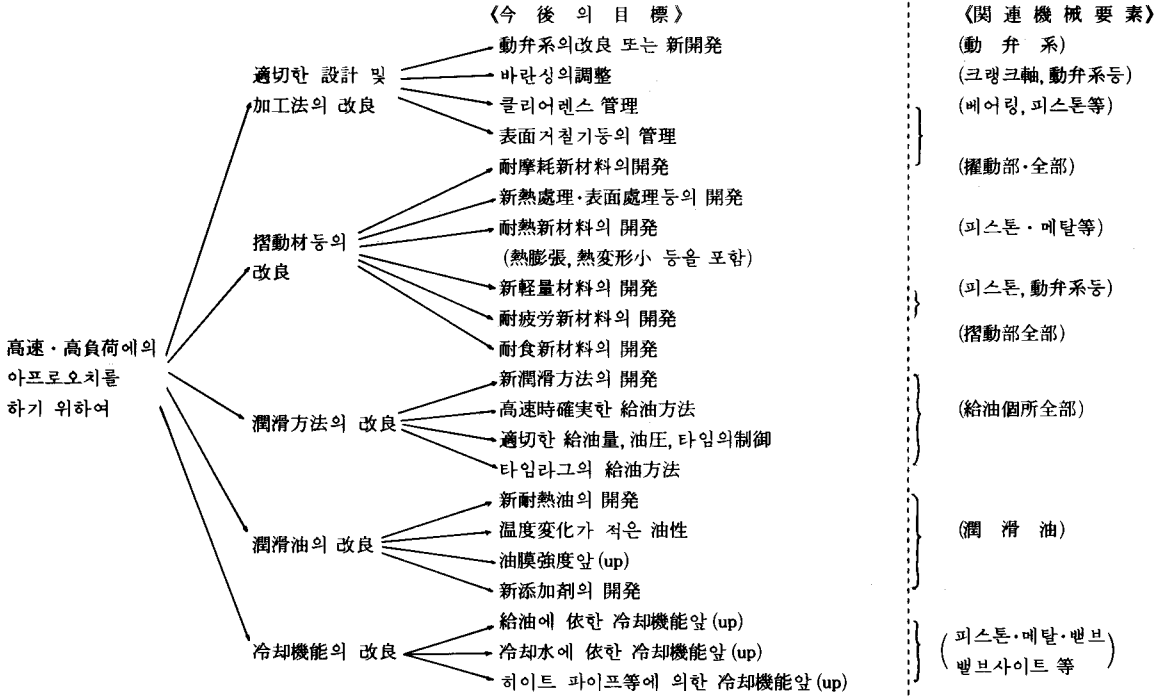


그림 17. 高速・高負荷하기 위한 目標

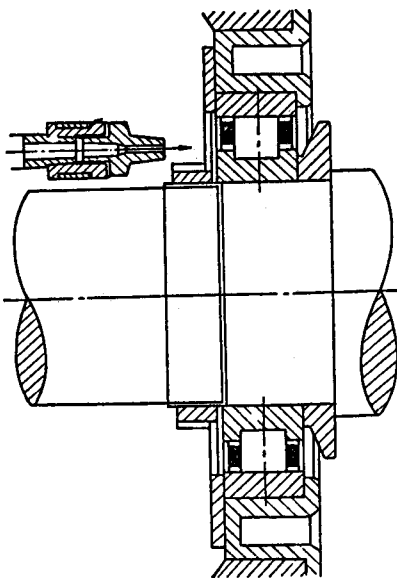


그림 18. 제트潤滑

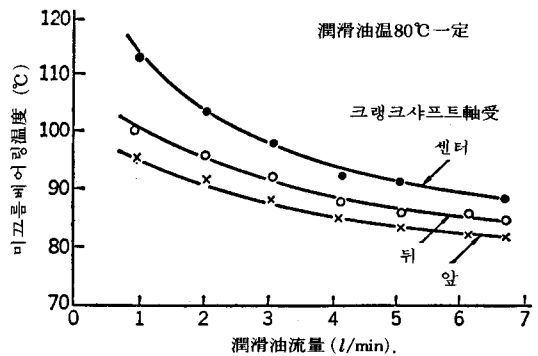


그림 19. 潤滑油流量과 베어링 溫度와의 關係

이프의 作用을 도시한다.

히이트파이프는 때로는 히이트펌프와 混同되는 경우가 가끔 發生한다.

히이트펌프는 우리 주변에서 많은 쿨러와 冷藏庫 등의 냉가계의 通稱이며 이것에 動力을 공급함으로써 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로

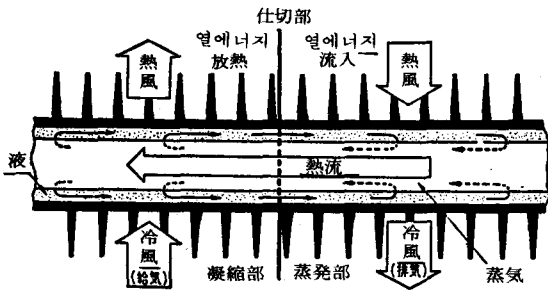


그림20. 히이트 파이프 작용

熱에너지를 뿜어올리는 소위 熱의 펌프作用을 하는 것이다. 한편 히이트파이프는 외부로부터 하등의 動力을 공급하지 않는 超熱傳導體 (super conductor of heat)이다. 즉 하등의 動力을 공급하지는 않으나 熱의 흐름의 方向은 自然現象의 高温에서 低温에 흘러가는 것이다. 그렇다면 하등의 自然現象과 다를바가 없지 않느냐는 것으로 된다. 그러나 흔히 있는 자연현상에 약간의 손질을 하면 놀라운 정도의 作動을 하는 경우가 있다. 히이트파이프도 그 하나가 된다.

작은 溫度差로서 놀라운 정도의 大量的의 熱에너지를 빠르게 수송하는 장치 즉 熱이 초 열전도체 (超熱傳導體)의 장치가 히이트 파이프인 것이다.

히이트파이프의 根源을 생각해보면 美國의 G·M社의 R·S Gaugler씨가 특허를 출원한「Heat Transfer Device」열수송장치(熱輸送裝置)가 히이트 파이프에 관한 文獻 第1호가 될것이다.

이것은 미국特許 No. 2350348, 出願日 1942年 12月21日, 登錄日 1944年 6月 6日로 되어 있다.

특허출원의 明細書에 의하면 「吸熱用 휘인을 外壁에, 全管構造體(소결한 鐵粉)를 内壁에 구비한 密閉파이프의 頂부분을 斷熱容器内部에 노출시켜서, 파이프의 下部를 얼음물에 浸漬시키는 것으로서, 容器内の 空氣를 냉각시켜서 冷蔵庫로서 사용한다」이라는 것이 Gaugler의 아이디어였다. 그러나 당시는 미국에서 實用되지 못하고 묻혀버렸다. 1963年 美國의 原子力委員會(AEC)가 出願한 「Evaporation Condensation Heat Transfer Device (증발응축의 熱輸送장치)」 미국 許可 NO. 3229759, 發明者 G·M·Grover, 出願日 1963年 12月 2日, 登錄日 1966年 1月 18日의 特許明細書중에서 Heat pipe라는 이름이 처음으로 사용되고 있는 것을 볼 수 있다. 여기서 말하는 히이트파이프는, 本質的으로는 Gaugler의 特許와 同一의 傳達素子나 구조적으

로는 파이프 内部의 蒸氣通路의 斷面積을 더 한층 크게 設定하고, 機能的으로는 作動溫度범위를 훨씬 넓힌 것이 다르다. 現實로서는 Grover는 Gaugler씨와는 관계 없이 히이트 파이프를 發明하고 그 實用化에 成功한 셈이된다. Grover씨는 Los-Alamos研究所에서 人工衛星用 히이트 파이프를 發明에 주력하고 있으며 얻어진 研究結果를 기본으로 제작한 물-스테인리스鋼 히이트 파이프를 탑재한 宇宙船 (Atlas-Agenda号)이 처음으로 쏘아 올린 것이 1967年이 었다. 그리고 이때 이 히이트파이프는 계획대로 良好하게 作動한 것이다. 그리고 現在 히이트파이프의 應用分野는 人工衛星을 비롯하여 廢熱回收用熱交換器, 전기장치, 電子素子の 冷却, 음향기기의 冷却, 太陽熱과 地熱의 有効利用, 플라스틱모ULD用 金型의 冷却, 공작기계의 主軸冷却, 모터冷却, 브레이크와 엔진의 냉각, 回轉로울러의 均熱化 등에 廣範圍에 걸쳐서 사용되며 向後 더욱 더욱 進展이 기대되고 있는 것이다.

## ② 新材料, 新潤滑油에의 期待

내연기관의 발달은, 材料技術의 向上에 의하여 이루어진 것이 많고, 새로운 설계를 실시하려고 하면, 우수한 性質의 材料의 개발이 수반되어야 한다. 즉 예를들면 로터엔진의 아벡크시일材 등이다. 또 그것에 의하여 엔진性能이 일단 높게 向上하기도 하여, 設計와 재료기술이 一体로 된것 같은 느낌이 強하다.

항상 다시 高品質의 材料를 염가로 사용할수 있는가 어떤가가 內燃機關발전의 키이포인트로 되고 있다고 말해도 過言은 아닌 것이다.

內燃機關 材料로서, 주철, 주강, 단조, 소결合金, 輕合金, 베어링合金, 플라스틱고무등 거의 모든 工業材料가 사용되고, 各各의 特長을 충분히 살려서 엔진性能壽命등의 向上이 도모되고 있으나, 最近의 傾向으로서는, 信賴性向上, 메인테넌스프리(maintenants free), 또는 輕量化 또는 輕量化와 原價低下, 性能向上등이 強하게 바라고 있다.

이들은, 材料에 대하여 더욱 우수한 剛性, 耐熱性, 耐마모성 등을 요구하고, 同時에 價格低下를 요구하고 있는 것이 된다. 이 중에서 耐마모성에 대해서는 다음 여러가지 特性을 더한층 追求하는 것으로 된다.

- ① 保油性 ② 親和性 ③ 마찰계수小 ④ 熱傳導率大 ⑤ 耐蝕性 ⑥ 耐疲勞性 ⑦ 高温硬

表10. 新材料, 新운활유에 期待하는 諸特性

機械要素	향후求해지는 機能上的問題	新材料에 기대하는特性	機械要素 (오일도포란)	향후求해지는 機能上的問題	新材料에 期待하는 特性
피스톤, 피스톤링 및 실린더	1) 高速, 高負荷, 往復動大 2) 高시일性 (플로우바이오 일上昇防止) 3) 振動, 騒音小 4) 信賴性大	1) 輕量, 強度大, 保油性良 2) 伝熱性良, 熱膨張率小 3) 耐熱性, 耐疲勞性 4) 加工精度良	크랭크샤프트 등의 오일 시일	1) 周速大 2) 高油溫, 低溫 3) 샤프트의 振動에 의 追從性 4) 信賴性	1) 耐摩耗性 2) 耐熱性, 耐寒性 3) 屈曲強度 4) 耐腐蝕性
크랭크샤프트, 메인베어링 및 크랭크핀베어링	1) 高速, 高負荷 2) 高油溫 3) 振動, 騒音小 4) 信賴性大	1) 強度, 剛性大, 낮익힘性 2) 耐熱, 耐疲勞性向上 3) 熱膨張率小 4) 自己淸淨性能	벨브스팀 시일	1) 往復動大 2) 潤滑油量小 3) 高시일性 4) 耐熱性, 信賴性	1) 耐摩耗性 2) 耐熱性, 耐寒性 3) 自己潤滑性 4) 屈曲強度
컨로드, 피스톤링 및 小端部베어링	1) 高負荷, 高溫 2) 荷重變動大 3) 信賴性大	1) 컨로드剛性大 2) 各軸受의 낮익힘性 自己潤滑性 3) 耐摩耗性	메카니컬 시일	1) 周速大 2) 高水溫 3) 信賴性	1) 耐摩耗性 2) 耐熱性 3) 防錆性
吸排밸브, 밸브가이드, 밸브 및 시에트	1) 高溫, 高往復動 2) 潤滑油量小 (오일下降防止) 3) 信賴性	1) 밸브시이트의 自己潤滑性 耐衝擊荷重, 耐酸化性 2) 오일필터엘레멘트의 自己潤滑性, 耐熱性	오일필터 엘레멘트	1) 不溶解物의 增加 2) 信賴性	1) 異物捕獲率의 向上 2) 通油抵抗의 低下 3) 耐劣化油性
캠샤프트 및 다벨트, 부시로드, 其他	1) 高速, 高負荷 2) 荷重變動大 3) 溫度에 依한 干격變動小 4) 信賴性	1) 耐摩耗性, 強度·인성大 2) 熱膨張率小 3) 自己潤滑性 4) 耐疲勞性		1) 高溫 分壓氣 2) 信賴性	1) 耐熱性 2) 耐水性, 耐塵性 3) 인성大 4) 伸縮變化의 少
로카샤프트, 베어링 및 로커아암에	1) 高負荷 2) 潤滑油量小 3) 信賴性	1) 強度, 耐性大, 낮익힘性 2) 自己潤滑性 3) 自己淸淨性	潤滑油	1) 排氣 가스 淨化裝置와의 關連 2) 高溫 3) 長期耐久性, 信賴性	1) 耐酸化·劣化性 2) 摩耗防止性 3) 防錆性, 淸淨性 4) 高精度指數

度유지 ⑧ 熱膨率小

다음 表10에, 내연기관에 向後 要求되는 기능상의 문제 및 그것에 수반하는 新材料, 新운활유에 기대하는 特性에 對하여, 종합하여 마무리한 表이다.

금속재료는 耐摩耗性의 向上을 도모하면, 被切削性이 低下하는 傾向이 있음으로 加工法을 고려한 耐마모성재료의 개발이 기대된다. 이 點에서는 燒結材料, 金屬 溶材 등은 鑄造材料에 比하여, 成分元素의 配合에도 상당한 自由度가 있음으로, 形狀의 檢討와 더불어, 向後 크게 期待되고 있는 것이다.

熱處理, 表面처리의 실시에 있어서는, 公害를 고려한 처리方法의 개발이 기대되고 要求되고 있는 것이다. 그리고 그 처리에, 보다 맞치(match)된 材料의 개발과 더불어 처리時間의 단축, 처리溫度의 低下 등도 期待되고, 그것에 의하여, 처리시간의 단축, 처리온도의 低下 등도 期待되고, 그것에 의하여 被처리材의 變形防止, 가격低下 등도 생각된다.

주철系 材料는 일반적으로 耐마모성은 우수하나, 強度, 韌性에 떨어지므로, 엔진 슬동부(摺動部)에 특히 엄격한 사용조건인 動弁系材料로서 사용하려면, 高速성과 관련된 문제로 되

는 경우가 있다. 따라서, 주철系材料로서는, 向後強度, 靱性を 겸비한 耐마모材料의 개발이 要望되고 있다. 내연기관에 사용되고 있는 有機材料로서는, 고무가 一般的이다. 合成고무의 자동차엔진을 中心으로 한 大量生産의 使用実績은 약 25年이라 볼 수 있으며, 이 중에서 育成해 온 材料로서는 주로 NBR 이고 耐油性의 良好한 고무材料로서는, 오일시일을 비롯하여, 燃料호오스, 다이어프람等に 널리 사용되고 있다. 오일시일에 요구 되는 性狀은, 初期는 시일性 向上이라는 점에서 形狀面에 힘을 기울이고, 다음에는 高温耐久性의 관점에서 고무材料의 개발에 힘을 쏟았다. 現材도 NBR가 中心이 되고 있는 것은 변함이 없으나 아크릴고무, 실리콘고무, 弗素고무등의 實用化도 상당히 安定된 상태에 있는 것이다. 다만 이들 新高무材料들도 耐熱性은 良好하더라도 耐寒性이 떨어지든지, 耐油性의 문제가 있든지, 또 기계적성질이 떨어지든지 하는 것 같이, 모든 면에서 良好한 性狀을 가지고 있다고는 할 수 없다. 최근, 實用단계에 들어간 프로로실리콘고무등도 大量生産의 대상으로 되기 어렵고, NBR에 다음가는 耐油性, 汎用고무라고 생각되고 있는 히도린고무도 成形用, 腐蝕用, 公害등의 點에서 적극적으로는 잡아 올려 놓고 있지는 않다. 따라서, 當面오일시일은 NBR를 주체로하여, 아크릴, 히도린, 실리진, 프로로 실리진, 弗素등의 고무材料를 특수한 장소, 用途에 대하여 사용하는데 分別있게 잘 쓰여 나가게 될 것이다. 즉 新材料에 기대하기 보다는 冷却등을 고려하여 NBR를 使用可能한 상태로 하는 편이, 安全하고 확실한 方法이라 말할수 있다. 그 편이 캠

샤프트 駆動用의 타이밍벨트(timing belt)는 그로로프렌 고무가 主流이고, 耐熱性向上이라는 點에서, 히도린고무등도 기대된다.

다음에 潤滑유에 對하여 고찰하면, 新潤滑油에 기대되는 方向은 크게 나누어 2가지로 생각된다. 그 하나는 自動車를 비롯하여 排氣가스 規制에 關連하여 排氣가스 淨化장치에 劣影響을 끼치지 않을 것과, 또 하나는, 低温에서 高温까지 넓은 범위에 걸쳐서 長期에 使用할수 있는 耐久性이 있어야 된다는 것이다. 前者는 觸媒 被毒과 燃소실內 堆積物의 증가에 의한 要求속 炭價의 増大를 防止하는 관점에서 급속히 첨가제가 적은 소위 低灰油가 指向되고 있다.

이 方向은 一般的으로는 耐마모性의 點에서 볼때는 바람직 하지는 않고, 단지 급속히 첨가제를 減少시키는 것은 아니고, 分散性과의 相性을 포함하여 低灰이고 耐마모성이 良好한 潤滑유의 개발이 기대되고 있는 것이다.

後者는 合成潤滑油로서 여러가지 개발되어가고 있다. 鑛油系 및 合成油系의 각종 潤滑油의 性狀를 表11에 표시한다.

AOO는 粘度指數가 높고, 熱, 酸化安定性도 良好하고, 또 流動點은 특히 낮고, 鑛油系에 比하여, 첨가제效果가 크다는 長點을 가지고 있다. 潤滑油로서는, 특히 필요한 耐마모性도 各種潤滑유 中에서, 가장 우수한 것의 하나로 되어 있는 것이다. 엔진의 起動性이 良好하고, 마모, 밧테리 소모가 적고, 오일의 수명이 길다고 한다. 流動性이 낮으므로 寒冷地尙의 오일로서는

表11. 광유系 및 合成油系의 性狀

合 成 油	점도 센티스톱크 (98.9℃)	粘度指數 Vie	流 動 點 (℃)	揮 發 性	熱安 定性	酸 化 安定性	加 水 分 解 安 定 性	難燃性	耐 荷 重 性	耐 射 線 性	添 加 劑 效 果	鑛 油 의 용 례 性	경기-플 리스틱고 무용례성
鑛 油	2~40	50~130	-45~-10	2	2	2	4	1	3	3	2~3	4	2~3
폴 리 오 레 핀	2~5,000	50~180	-80~40	2	3	3	4	1	3	3	4	4	3
폴 리 그 리 코 울	2~4,000	90~280	-65~5	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2
지 에 스테 르	2~6	110~190	<-80~-40	2~3	2	3	2	2	4	2	4	4	2
폴 리 올 에 스테 르	2~10	60~190	<-80~-15	3	3	3	2	2	4	2	4	4	2
인 산 에 스페 르 (芳香族)	3~10	30~60	<-50~-15	2~3	2	2~3	1~2	3	4	1	3	3	1
硅 酸 에 스테 르	1~9	110~300	<-60	2	3	2	1	2	2	1	2	2	2
실 리 진	1~10,000	100~500	<-90~10	3	3	3	3	2	1	1	1	1	3
폴 리 페 에 텔	2~100	-100~-10	-15~20	3	4	4	4	2	2	4	2	3	2
크 로 로 플 + 카 아 본	1~500	-200~-100	<-75~65	2	4	4	3	4	3	1	1	1	3

(評價) 1:不良, 2:可, 3:良好, 4.非良好

(渡嘉敷通秀, 潤滑通信, No. 8 12 (1975))



表12. AOO의 性狀

物 性 項 目	LIPOLUBE 20S	LIPOLUBE 40	LIPOLUBE 200	LIPOLUBE 1000
動粘度 ( )				
37.8℃	17. 87	3 39.39	205. 3	1013
98.9℃	3. 90	6. 43	20. 57	86. 51
粘 度 指 數 (VIE)	124	125	127	176
流 動 點 (℃)	-70. 0	-60. 0	-42. 5	-30. 0
引 火 點 (℃)	224	230	264	296
比 重 (15. 55℃/15. 55℃)	0. 8818	0. 828	0. 830	0. 853
酸 化 安 定 性 (添 加 劑 少 量)	良	良	良	良
熱 安 定 性 (添 加 劑 少 量)	良	良	良	良

가장 적합하다고 한다.

이 새로운 윤활유에 대한 期待는, 종래와 같  
위 良好한 基油와 高性能을 가지고 있는 各  
種 첨가제의 開發이 동시에 進行되어야 비로소 實  
現되는 것이나, 메인テナンス의 簡素化 및 資源  
절약化의 面에서도, 윤활유의 性能向上과 耐久  
性向上이 期待된다.

**3] 메인テナンス프리이 (Maintenance free)  
에의 조건**

메인テナンス프리이(maintenance free)가 指  
向하는 具體的目標은, 결국가서는 意圖한 期間  
內에서 安定된 品質 確保에 있다고 말해도 過言  
이 아니다. 제품의 品質은 크게 나누어 다음과  
같이 분류할 수가 있을 것이다.

- ① 目標品質
- ② 설계품질 (設計品質)
- ③ 제조품질 (製造品質)
- ④ 사용품질 (使用品質)

일반적으로는 目標品質 > 設計品質 > 製造品質  
> 使用品質의 順序로 品質이 低下하기 쉽다. 그  
리고 메인テナンス(補修)라는 것은, 사용자 단계  
에 있어서 品質보증에 대한 處置라고 생각해도  
좋다. 그 메인テナンス도 고장이 발생한 후의 메  
인テナンス(事後保證)이 아니고 고장발생前에 메  
인テナンス(予防保全)을 함으로서 能力(abirity)  
를 向上시키고 궁극에 있어서는, 상당히 長期  
의 意圖된 기간에는 전연히 메인テナンス를 하지  
않더라도 使用品質을 보장할 수 있는 體制, 즉  
메인テナンス프리이를 目標로 해야 될것이다. 그  
렇기 위해서는, 機器의 信賴性을 定量的으로 予  
測할 필요가 있는 것이다. 設計品質에 대해서

는 製造品質은 어느 정도의 레벨에 있는가또 使  
用者(user)가 사용하는 使用環境條件을 충분히  
把握하여, 最終의 使用품질이 어느 정도로 되어  
있는 가를 인식하고 나서, 테스트結果와 잘 대  
조해 보고, 予測을 하는 것이 중요한 것이다.  
메인テナンス프리이를 뒷받침하는 要素로서 그림  
에 보는 바와 같은 것이 있다. 이 중에서 가장  
중요한 項目은 다음 3 가지 이다.

- ① 신뢰성공학 (信賴性工學)
- ② 評價基準
- ③ 生産管理

이 중에서 最近 注目을 보이고 있는 것이 信賴  
性工學이다. 信賴性의 定義는 系 J·機器, 部品  
등의 機能의 時間的 安定性을 나타내는 정도 또  
는 性質이라고 말할 수 있다. 종래 마모등에 관  
한 信賴性은 단지 耐久性이라는 概念으로 代表

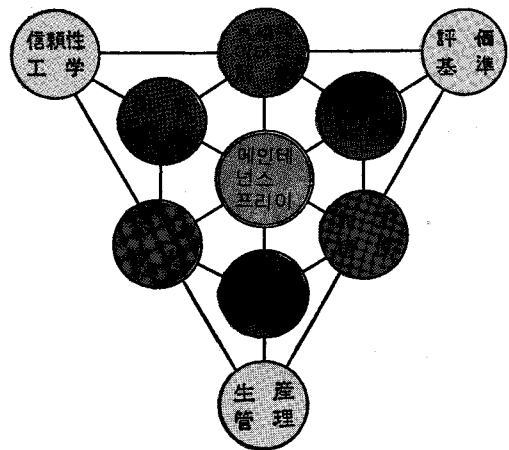


그림 메인テナンス 프리이를 받치는 要素

되고 있는 것 같이 漠然한 형상으로 밖에 인식되고 있지 않았다. 그러나 그 耐久性의 裏面에는 메이커獨自의 評價基準에 집약된 노하우의인, 주로 경험적色彩가 강한 技術的 뒷받침이 있고, 이 評價基準에 따르기만 하면 엔진의 仕様, 또는 使用環境條件의 대목인변화가 없는 限, 상당한 信賴性이 확보되어 있다.

그러나, 요즈음같이 全害規制와 같은 종래의 評價基準에 없는 조건이 가미되어 오면, 信賴性 테스트 결과 뿐만아니라, 피일드데이터(field data): 其他 여러가지 정보의 收集, 정보의 活用이 보다 중요하게 된다. 그렇다고 하기는 하나, 새로히 개발한 제품을 市場에 내놓는 경우에 既存의 데이터가 반드시 參考로 되지 않는 경우가 많다.

이와 같은 경우에는 그 제품을 市場에 팔라고 내놓는 경우에, 어느 정도의 信賴性이 있는 것인가를 予測하는 것은, 그 企業이 가지고 있는, 過去의 경험, 지식 등의 固有技術의 레벨에 依한 경우가 많다. 그 點에서 최근·電子 部品 등의 信賴性評價에 사용되고 있는 것이, FTA 와

FMEA 등의 解析法이고, 툴라이보로지에 對해서도 適用可能하다. 이 手法은 本質的으로 是定性的的手法이기는 하나, 初期의 設計단계에서 부터 그 部品 또는 製品의 잠재적고장(潛在的 故障)을 摘出하여, 어디에 弱點이 있는가를 인식하고 고장해석을 계통적(systematic)으로 할 수 있는 메리트가 있다. 그림에 로울링 베어링의 FMEA의 例를 도시한다. 이 書式은 解析에 의하여 適切한 形狀이기만 하면 좋고, 테스트데이터, 過去의 경험등을 總合的인 견지에서 검토를 하고, 그 結果, 어떤 項目으로 부터 重點的으로 대책을 수립하는 必要性이 있는가의 方向이 얻어진다.

결국, 安定된 品質을 확보하려면, 품질관리活動과 더불어 아주 지지부진하드라도 着實히 市場情報등을 收集하여 피이드백(feedback) 하는 것이 가장 基本的인 것이며, 漠然한 개념인 耐久性에서 脱皮하여 定量的인 신뢰성을 확보하는 것이 메이넨스프리의 길에 연결되게 되는 일이 되는 것이다.

대상 부품	고장모드	推定原因	엔진에 주는 영향	영향의 重大度	發生頻度	檢知度	備考
I 로울링 베어링	1-1 過熱	1) 클리어런스小 2) 潤滑油不足 3) ..... ∴	1) 운전不能 2) 壽命低下 3) ..... ∴	1	A	A	
	1-2 燒損	1) 클리어런스小 2) 먼지 3) ..... ∴	1) 振動 2) 운전不能 3) ..... ∴	1	B	A	
	1-3 剝離	1) 應力大 2) 材料欠陷 3) ..... ∴	1) 振動 2) 소음 3) ..... ∴				

(※) 註 影響의 重大度, 發生頻度, 檢知度 등의 欄에는, 各各의 分類코오드를 定性的으로 作成하고, 過去의 경험, 知識에 依하여 맞추어진다.

예를 들면 影響의 重大度에서는

- I ⇒ 시스템의 機能유지에 對하여 치명적
- II ⇒ 시스템의 기능유지에 對하여 상당히 重大
- ∴
- V ⇒ 거의 影響을 받지 않는다.

等과 같이 分類한다.

그림 베어링에 對한 FAMA 書式의 例