

潤滑이 主原因이 된 事故의 分析과 對策

主任檢査員 金 聖 福

1. 序 言

올바른 潤滑油가 올바른 使用法으로 사용되고 있는 경우에는 當然히 潤滑 그것으로 機關損傷에 직접 原因이 된 것은 없다. 그러나 潤滑유 種類의 選定上, 또한 潤滑方式의 設計를 包含한 使用法 및 取扱上의 잘못은 더욱 기관손상 事故의 原因이 되며 그러한 件數도 意外로 많다. 그러나 事故가 발생한 直後에 그러한 原因이 油種類의 選定, 潤滑油取扱 等の 잘못으로 부터 연유되는지, 혹은 기계적, 재질적인 欠陷에서 연유되는지를 明確하게 判定하는 것이 어려운 問題로 있다. 本稿에서는 디젤기관에서 潤滑不良으로 因한 事故와, 다음과 혼동하기 쉬운 原因에서 起因된 事故에 關하여 解析을 하고, 各各의 防止策에 對해서 檢査하기로 한다.

디젤기관의 潤滑때문에 관련되는 事故로써는 1) 鑄鐵 라이너의 過大摩耗, 2) 크롬塗金 라이너의 腐蝕 및 벗겨짐, 3) 링(RING)折損과 膠着, 4) 크라운(CROWN) 内部堆積物, 5) 軸受의 腐蝕과 燒損等이 가장 큰 問題로 생각되므로 여기에서 檢査하고자 한다.

2. 실린더 라이너(CYLINDER LINER)의 過大摩耗

最近에 와서는 高알카리 실린더油의 出現으로 重質燃油 使用에도, 대략 라이너 마모율이 大部分 從來의 A중유 사용때의 마모율을 下廻하며 1000時間 運轉에 마모율이 0.50mm를 초과하는 것도 있다. 一般적으로 마모율이 初期 摺合期間(約 2000~3000時間)을 經過하여도 거의 一定値에 도달하는 것이 普通이며, 초기의 마모 段階를 경과하여도 마모율이 減少하지 않고 摺

合 期間中의 높은 마모율을 그대로 持續하는 것도 있다. 그 原因으로서는 물론 機關의 特徵, 取扱上의 問題(제일 重要한 것은 燃燒管理)에 對하여 檢査하고, 潤滑이라는 面에서 다음 모든 사항을 考慮하고자 한다.

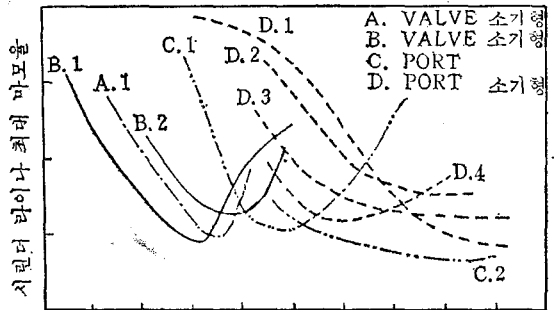


Fig.1 실린더 주유량과 라이너 마모의 관계

a. 適正給油量……실린더油의 給油量은 마모율과 密接한 關係를 갖고 있으며, 各各의 機關形式에 따라 最適給油量이 存在한다. 다음 集計資料의 一部를 例擧하면, Fig.1에서는 各중형식의 기관에 따라서 最適給油量이 있는 것을 나타낸다.

실린더 給유량이 最適値보다 많거나 적어도 마모율은 增大하며 機關形式에 의해서도 注油量에 對하여 마모율의 變化程度가 다르다.

b. 油種類의 選定……低廉한 重油를 사용하는 크로스헤드(CROSS HEAD)型 기관에 關해서는 油種類 選定上의 잘못이 거의 없다. 油種類를 選定할때 가장 잘못이 되기쉬운 것은 트렁크(TRUNK)型 기관에 對해서 硫黃含有量이 높은 重油를 사용하는 경우가 있는데, 一般적으로 燃油중의 硫黃含有量을 因子라하고 油種類가 결정되고 있는데, 이는 機關形式, 給油法(個別給油, 飛沫給油)等에 따라 個個의 기관에 對하여 油供給者와 檢査하는 것이 바람직 하다. 또한 최근 機關은 高出力이므로 실린더內 최고압력은 점차

로上昇하는 傾向이 있는데, 마모율은 최고압력의 상승과 함께 거의 直線의으로 상승한다는 것이 判明되어 있다. 그 結果 高알카리 실린더油를 사용하고 있을때 化學的 마모는 거의 防止할 수 있으나, 마모의 대부분이 機械的 마모라고 믿어도 된다.

c. 注油器에서의 문제.....실린더 偏摩耗의 原因이라면 各 注油點마다 給유량이 不平均된 것이며, 一例로써 從來型의 주유기의 吐出量에 關係해서 어떤 實驗結果를 Fig.2에 나타냈는데, 同

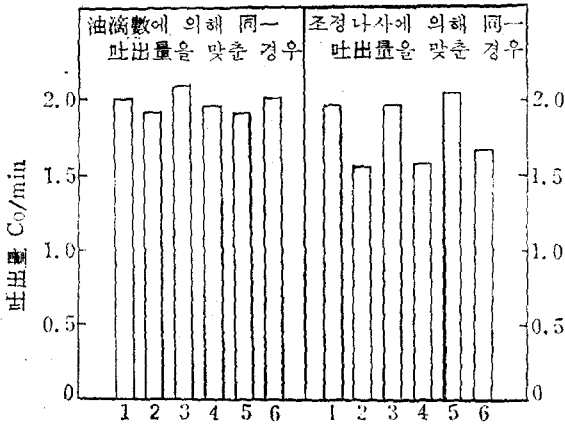


Fig. 2 吐油器 펌프 番號

一調整用的 나사數, 또는 油滴數로써 調整했어도 吐出量 自體에 많은 差가 있음을 알게 된다.

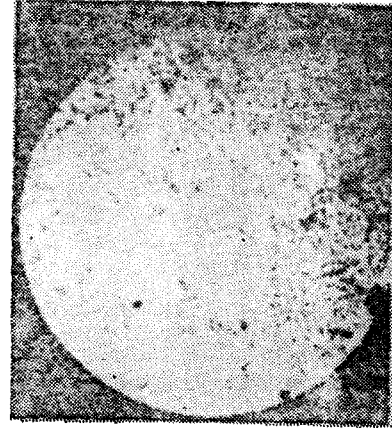
모종(某種)의 실린더油를 사용하는 가운데 注油器를 포함한 실린더 給유계통의 閉鎖問題가 때로는 發生하여 심한 스크래핑(SCRAPING)을 일으키는 예도 있다.

3. 크롬塗金라이너의 부식과 벗겨짐

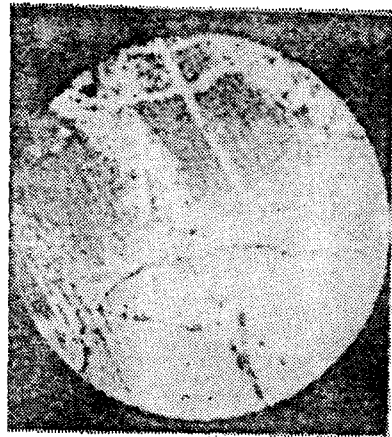
최근 마모율의 감소 및 피스톤 拔出間隔의 延長을 目的으로 크롬塗金 라이너를 大型機關에 사용하는 傾向을 볼 수 있다. 소위 크롬塗金라이너의 문제점이라면, a) 크롬塗金の 벗겨짐 b) 밀키-스팟트(MILKY-SPOT)의 發生이 있는데, 이것의 原因과 對策에 대해서 종종 연구가 되어지고 있다. 벗겨짐(剝離)의 原因으로는 塗金이 鑄鐵面에 대해서 接着한 狀態의 良否, 또한 塗金되어 있는 핀-홀(PIN HOLE)을 通하여 硫酸性物質이 鑄鐵을 選擇의으로 腐蝕시킨 結果, 벗겨짐이 생긴것 이라고 믿어지는데 대체로

윤활유에 依해서만이 이것을 防止한다는 것은 不可能하다.

밀키-스팟트 發生 過程을 나타내고져 Fig.3



(A)



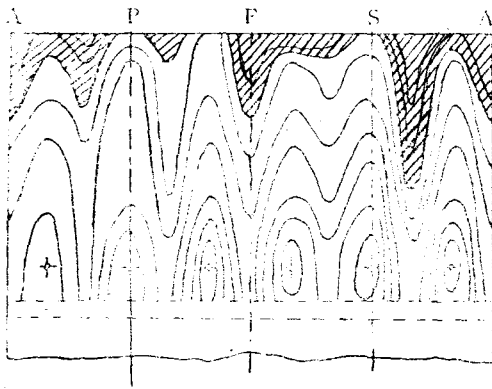
(B)

Fig. 3 라이너 표면의 현미경 사진

에서 크롬塗金라이너 表面의 顯微鏡사진을 보여 주고 있다. A에서는 이미 完全한 부식이 일어난 표면의 凹溝(CHANNEL)이 消滅하고 있는 것이 보여진다. B는 밀키스팟트와 양호한 표면과의 中間을 나타내지만 그 箇所에 대해서도 이미 부식이 發生하고 있는것이 보여진다.

부식과 라이너表面의 油分布와의 關係를 求하기 爲해서 筆者로서는 數種類의 기관을 사용하고 라이너 표면의 酸度分布狀態와 밀키스팟트 位置의 解析을 했는데 Fig.4에서 一例를 나타낸 것 처럼 라이너 表面의 油分布는 모두 하나같이 되지않고 酸度分布上的 谷과 같이 나타난다. 이 谷의 位置와 밀키스팟트의 發生개소가 一致되어

(A) 라이너 表面 酸度分布(斜線部에 腐蝕발생이豫想됨) *



(B) Milky-spot 發生位置(2회 航海後計測)

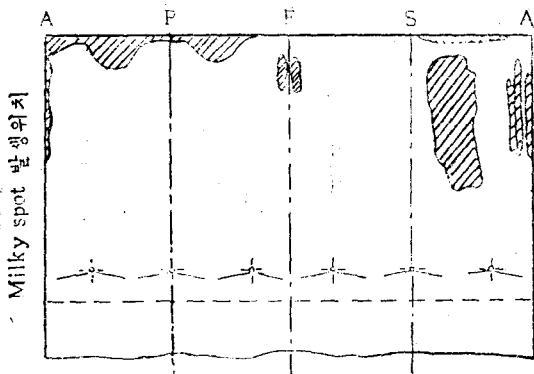


Fig. 4 라이너 表面酸度分布와 Milky-spot

있는 것은 밀키스팟트가 부식에 의해서 발생한 것에 있다는 바를 나타낸 것이 Fig. 4(B)이다.

現在 밀키스팟트의 對策으로서는 各機關 메이커에서 연구중에 있고 어느程度의 具體案과 試用이 行하여 지고 있다. 一般的으로는 主油량의 增加가 밀키스팟트의 解決에 唯一한 手段이라고 생각되어지고 있지만 同型機種의 主油량에 비해 2倍의 主油량을 維持해도 밀키스팟트의 發生을 防止하지 못하는 例도 있다. 一方으로 給油過多에 따라서 障害도 있고 機構의 面도 함께 塗金技術, 그리고 실린더油의 擴散에 對해서 研究 等を 通하여 總合的인 對策을 강구할 必要가 있다.

4. 피스톤-링 折損과 膠着

링(RING) 절손의 원인으로서는 실린더마모

進行度에 依한 것과 膠着의 問題가 있지만, Fig. 5에서 나타낸것 처럼 라이너 마모량이 어느

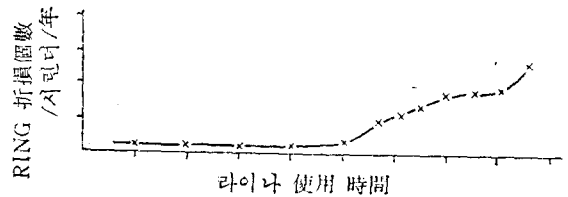


Fig. 5 라이너 사용시간과 折損RING數

정도를 넘어서면 링 折損個數가 급격히 增加되는 것이 判明되었다. 이것은 라이너의 마모와 함께 링이 반복해서 받는 應力의 증대와 부로우-바이(BLOW-BY)가 發生하여 실린더의 작동이 불완전하게 되므로 그결과 절손을 일으킨다고 생각된다. 라이너 마모량이 어느정도를 초과하게 되면 그 기관에 대하여 給油량을 조금씩 增加시키도록 한다. 피스톤-링의 膠着 問題는 上記 절손의 問題와 관련하지만 기관형식에 따라 절손 링의 發生개소가 限定되는 傾向이 있다. 이것은 링의 熱 및 壓力負荷, 피스톤 크라운(PISTON CROWN)의 열변화에 따른 變形 등에서 각 기관의 特征이 있기 때문이라고 생각된다. 링 주변의 堆積物의 問題는 高알카리 실린더油를 사용하고 있을때 대부분 해결되나 실린더油의 熱安定性, 酸化安定性 및 사용 알카리 添加劑의 종류에 依해서도 差가 생긴다. 앞에서 기술한 대로 연소관리와 最適給油量에 주의할 必要가 있으나 給油過多는 오히려 실린더油의 影響으로 因해서 퇴적物의 增加가 일어난다는 것도 잊어서는 아니된다.

5. “피스톤 크라운” 內의 퇴적物

油냉각 形式에서 피스톤 냉각側에 炭素狀 퇴적物의 부착이 크게 問題가 되어 “크라운” 소손 원인의 첫번째로 들수있다. 同一 形式의 기관에서 同一油種(실린더 및 배어링 油), 동일운전상태에서도 그 퇴적物의 附着量은 1,000 시간 운전 에 10gr 以下의 것부터 400gr을 넘는 것도 있다. 이 원인으로서는 냉각측 금속면에 밀착했던 油의 境界층이 가열되어 炭化했기 때문이라고 보아지며 그로인하여 “크라운”의 온도가 크게

올라가는데 그런 경향이 심하다. 蓄積이 생기면 熱傳導效率은 저하하여 “크라운” 온도는 상승하며 그로인해 퇴적을 빠른시간에 加速度的으로 증대 시키는 경향이 있다. 종래의 경험에서 퇴적층의 두께가 어느 정도에 달하고, 어떤 종류의 평형 상태에 들어가서 그 이상 증가하지 않는데, 그 원인은 아래 기술하는 대책의 내용으로 부더 推定될 것이다.

a. 충분한 연소관리를 行하여 “크라운”의 열負荷를 감소시킨다.

b. “시스-템” 油의 淨化를 충분히 行하고 油中夾雜物을 穢수록 감소시킨다.

燃油混入의 경우는 퇴적物量이 異常적으로 상승하는데 이 경우의 對策은 없다.

c. 艙각측에서 기름이 연속 加熱되는것을 막기위해 油流를 層流의 상태에서 亂流상태로 한다. 이것은 冷却油壓力을 가능한 상승시켜 조임(THROTTLE)으로써 가능해 진다.

d. 역시 이 문제가 解決이 않되는 경우에는 淸淨劑油를 사용하면 良好한 結果를 얻는 例도 있다.

6. 軸受의 腐蝕과 燒損

軸受의 사고는 최종적으로는 반드시 燒付, 벗겨짐이 일어나기에 많은 연구자에 의하여 燒付, 벗겨짐에 이르기 까지의 原因의 解明이 되고 있다.

어느 統計에 의하면 軸受의 燒損원인을 다음과 같이 分類하여 두었다.

- 먼지등에 의한것 : 46.9%
- 軸中心의 不良으로 인한것 : 14.3%
- 組立不良으로 인한것 : 11.8%
- 過負荷에 인한것 : 9.6%
- 潤滑유 不足으로 인한것 : 8.5%
- 부식으로 인한것 : 5.2%
- 不明 : 3.7%

여기에서는 潤滑유의 不足과 부식에 起因하는 軸受의 事故만을 取하여 기술하기로 한다.

a. 軸受부식

高硫黃分을 含有한 燃油를 使用함으로써 최근

“트렁크”型 및 “크로스헤드”型의 “시스-템” 油에 強酸性物質의 혼입 사례가 많아졌다. 強酸性物質은 그 單體로서는 부식을 發展시키는것이 대체로 없지만 水分이 존재하여 強酸値가 0.05 mg·KOH/g 이상이 되면 주로 停泊中 “크랭크” 축 및 軸受메탈에 부식을 일으킨다.

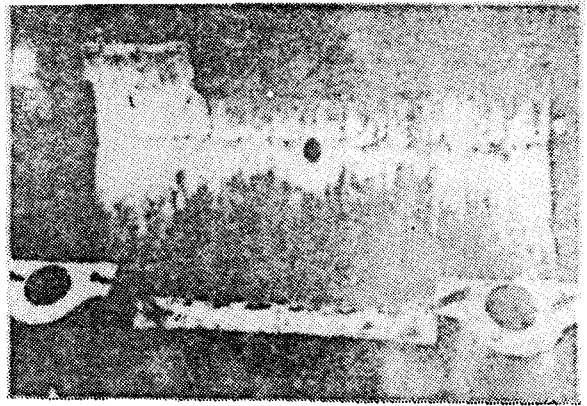


Fig. 6 強酸腐蝕에 起因된 軸受損傷

Fig. 6에서는 강산부식으로 起因하여 손상된 軸受메탈의 一例를 보여주고 있다. 船用기관에 對하여 저질중유의 사용은 경제적 理由에서 피할수 없는 실정에 있는데 이로인해 이와같은 사고는 今後 점점 증가할 것으로 생각되어 진다.

이의 對策으로써 “크로스헤드”型기관에 관해서는 상부 연소실에서 연소生成物의 “크랭크케이스”로 투입되는 것을 가능한 적게하는 구조를 채용하는데 있지만, 어느 정도의 혼입은 피할수 없다. 또한, “트렁크”型기관에 관해서는 그 연소 生成物의 혼입度는 상당히 심하다.

최근 이같은 종류의 強酸性物質이 “크랭크케이스” 油中에 침입했을 경우 이것을 적극적으로 中和하여 弱알카리성의 “크랭크케이스”油가 개발되어 “트렁크”型, “크로스헤드”型 두型이 널리 사용되고 있다. 이 弱알카리性 “크랭크케이스” 油는 離水性, 熱安定性에 종래의 “크랭크케이스” 油에 匹敵 하게끔 되어있고, 종래 이같은 기름종류의 欠點으로 있는 被淨化性을 兼備하고 있다.

b. 潤滑유 不足으로 인한것

Fig. 7에서는 “크랭크케이스”의 油量이 부족하여 “펌프”가 空기를 흡입하므로 소손된 軸受의



Fig. 7 潤滑油不足으로 소손된 軸受

상태를 나타낸다. 軸受“메탈”이 용해되어 회전 방향으로 流出되어 있는것이 보인다. 이 상태가 심해지면 “크랭크”와 軸受의 溶着을 일으킨다.

이 같은 종류의 사고는 ①油壓, 油量의 부족 ②油粘度的 부족 ③油의 發泡 ④油溫의 조절不良 ⑤油膜強度의 不足 ⑥水分혼입의 결과에서 발생한다.

上記 ①, ④는 취급상의 원인이며 윤활상 注意할것은 燃油混入으로 인한 점도 저하, 發泡 및 수분 혼입이 있다.

더구나 發泡는 어떤 종류의 防錆劑나 “구리스” 등이 微量혼입되어도 심하게 發生 하는것이 있다.

7. 結 言

이상 記述한것 처럼 油種類의 선택 및 적용성을 따르게하면 윤활로 인한 사고가 일어나지 않는다.

보통 윤활관리상 취급하는 면에서 필요 이상으로 繁雜한 노력을 하는것은 잘못된 것이며, 또한 노력을 반드시 필요로 하는 油種類는 製品으로서는 失格이다.

“디-젤”기관 軸受의 베어링(BEARING)油 (또는 시스-템油)는 船令과 同一기간 사용되는 것이 이상적이며 실린더油 경우는 低廉重油를 사용해서 적어도 入渠부터 다음 入渠까지 無開放運轉 하는것이 最低條件으로 본다. 고급 윤활유를 사용하는 한 윤활상의 사고는 생각되지 않고 취급에 용이하게 하도록 하는 것이다.

