

技術資料

## 境界摩擦에 對한 새로운 潤滑法

河 二 永\*

生産設備의 維持 및 補修管理는 意外로 잘 돌보지 않고 故障이 자주 일어나며 이 中에서도 체인 (Chain) 이 골치거리라고 指摘된다. 卽 체인은 機械나 프란트의 問題個所이다. 프란트 엔지니어로서는 체인은 消耗品이고 操業이 繼續되고 있는 도중에 엔진가는 運轉에 支障을 줄 程度로 甚하게 損傷되며 交換시키는 것이 普通의 사이칼로 看做되고 있다. 機械나 프란트의 構成部品中 체인은 棼 것보다도 아주 劣化되기 쉽고 따라서 이 劣化가 生産性 低下의 한 要因이 되고 있다.

그러나 이 事實은 增進시키고 있고, 왜 체인의 交替時期, 그 壽命이 짧은가 하는 것을 眞正하게 考慮되지는 못하고 있다. 왜 棼 部分보다 짧은 것일까? 理由는 매우 簡單하고 保全의 方法이 適切하지 못함게 있다. 運轉時 체인의 潤滑部의 摩擦狀態가 모두 境界摩擦이고 오일에 依한 彈性 流體潤滑은 期待할 수가 없다. 이러한 境界摩擦의 체인에 對해 一律적으로 오일 때로는 그리스에 依한 潤滑을 行하고 있는데 問題가 있다고 할수 있다.

## § 1. 境界摩擦에 對한 潤滑效果

이 境界摩擦에 對한 潤滑效果에 對해 美國에서는 Alfred Sonntag에 依해 興味있는 比較테스트가 이루어져 있어 여기에 紹介한다.

그림 1의 Timken 試驗의 試驗링을 100 rpm으로 廻轉시키면서 試驗부록에 示된 棼 荷重을 棼 分마다 下記 사이칼로 變化시켜 試驗링과 부록사이의 摺動部에 各種의 潤滑劑를 棼해 棼해의 摩擦力의 變化를 記錄하여 潤滑效果를 觀察한다.

가) 荷重變化의 사이칼

0 lb → 100 lb → 200 lb → 300 lb → 400 lb → 500 lb  
( 여기까지 豫備運轉 ) → 0 lb → 100 lb → 200 lb → 300 lb → 400 lb → 500 lb → 600 lb →

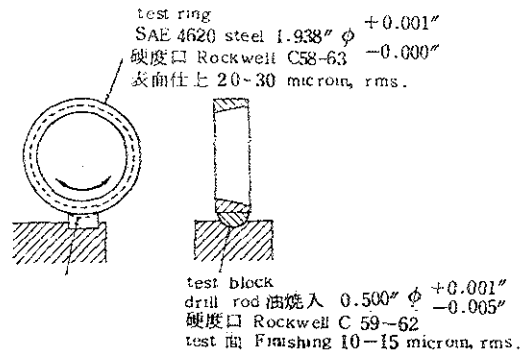


그림 1. Timken Tester

0 lb

나) 使用한 潤滑劑

- ㉠ JAE 90 鑛油에 5% EP劑 (亞鉛-磷-硫黃-鹽素)를 添加한 것.
- ㉡ 濕式  $MoS_2$  潤滑油 (鑛油 속에 高濃度의  $MoS_2$ 를 添加한 耐磨耗用의 油일)
- ㉢ 乾式  $MoS_2$  潤滑劑

測定結果는 表 1과 같다. 첫째 (第一上部)것은 試驗링의 荷重 變動을 나타내고 둘째것은 ㉠ 셋째것은 ㉡ 넷째것은 ㉢ 때의 各各의 荷重變動에 따른 摩擦力의 變化를 表示한다. ㉠의 EP油일 ㉡의 濕式  $MoS_2$ 油일은 다같이 荷重이 커지매 따라 摩擦係數는 增大하나 ㉢의 乾式  $MoS_2$ 의 境界는 荷重의 增大에 따라 逆으로 摩擦係數가 減少하고 있는데 注目하기 바란다. 또 荷重의 增大에 따라 摩擦力의 格差가 더욱 커지고 例로서 最大荷重 600 lb에서 EP油일은 80 lb, 濕式  $MoS_2$ 油일은 60 lb인데 比해서 乾式  $MoS_2$ 는 겨우 20 lb의 摩擦力밖에 發生하지 않는다는 棼을 볼수 있다.

이와같이 체인과 같이 境界摩擦을 하는 潤滑에는 棼 어떤 潤滑油보다도 乾式  $MoS_2$ 의 被膜潤滑이 優秀한 效果를 發揮한다.

\* 本 王學會 副會長 大原通商(株)代表理事

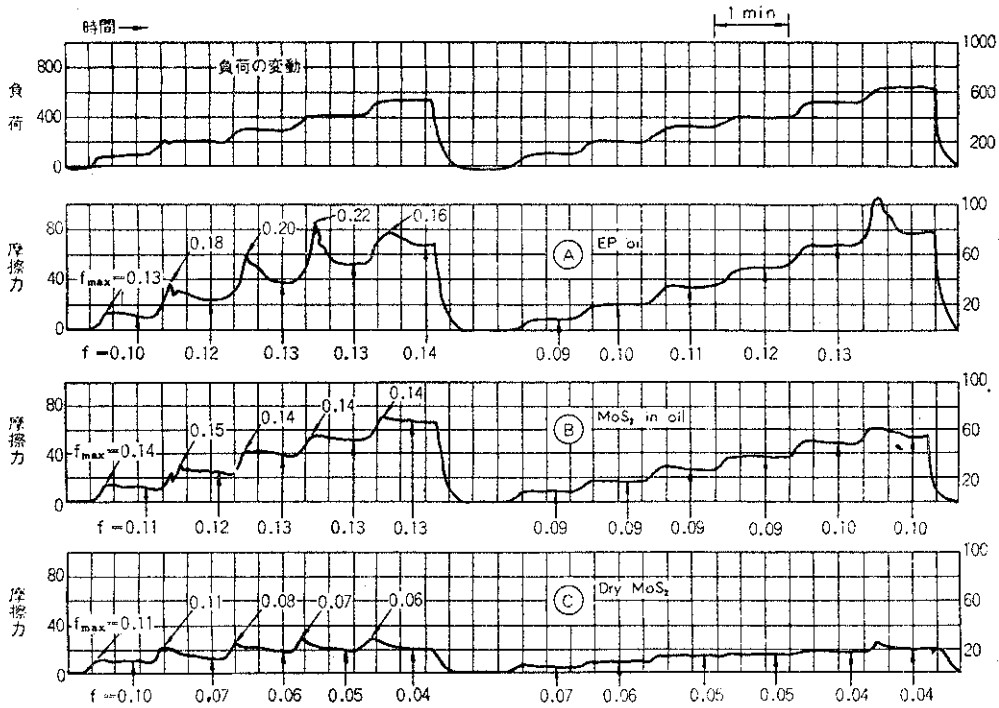


表 1 負荷의 變動에 따른 摩擦力의 變化

(A) EP오일 (B) 濕式 MoS<sub>2</sub> 오일 (C) 乾式 MoS<sub>2</sub>

§ 2 . 乾式被膜潤滑劑

二硫化 몰리브덴 (MoS<sub>2</sub>) 의 乾式被膜潤滑劑에는 두가지 타입이 있다. 하나는 본드 방식이고 다른 하나는 鍍金 방식이다. 前者는 有機 또는 無機의 바인더 (接着劑) 의 接着力에 의해 MoS<sub>2</sub> 를 摺動面에 附着시키는 速乾性의 것이 많다. 後者는 EP가 50 °C 前後의 揮發性溶劑에 MoS<sub>2</sub> 粒子를 懸濁시킨 것으로 溶劑의 浸透力으로 MoS<sub>2</sub> 粒子를 必要部位에 導入하여 MoS<sub>2</sub> 自體가 가진 金屬과의 結合力을 利用하여 金屬面에 直接 被膜을 形成 (이것을 鍍金이라고 부른다) 시키는 방식으로 체인이나 와이어나 로우루 베어링 그리고 모든 摺動部位에 가장 適合하다고 認定되고 있다.

§ 3 . 乾式潤滑被膜 (MoS<sub>2</sub> 鍍金) 의 形成

鍍金 방식의 乾式被膜潤滑劑의 代表的인 Dri-Slide 를 例를 들어 乾式潤滑被膜의 形成 메카니즘을 說明한다. Dri-Slide 는 平均 約 0.5 의 MoS<sub>2</sub> 微粒子를 溶劑에 懸濁시킨 것이다. 溶劑는 나프텐系의 炭化水素 (F.P. 54 °C) 로 그 浸透力이 매우

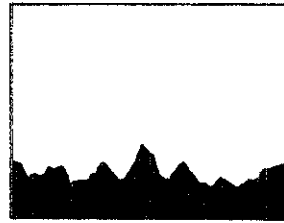


그림 2. 潤滑이 必要한 金屬面을 拡大하면 凸凹이 매우 甚하다.

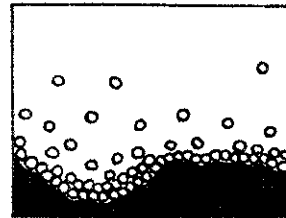


그림 3. MoS<sub>2</sub> 粒子가 金屬面에 凝集한다.

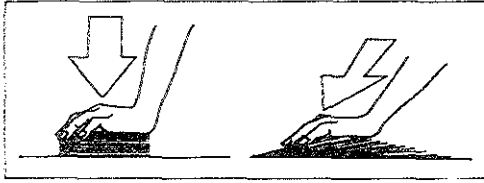


그림 4. MoS<sub>2</sub>는 六角層狀構造로 되어있어 왼쪽과 같이 힘의 直角方向의 힘에는 강하나 오른쪽과 같이 斜傾方向의 힘에는 쉽게 밀린다.



그림 5. 摺動面の 凸部에 MoS<sub>2</sub> 鍍金이 形成, 凹部에 MoS<sub>2</sub> 粒子가 圧縮되어 緻面化가 進行된다.

큰것이고 從來의 것으로는 들어가지 못한 部位까지 複雜한 精密機構속까지도 毛細管現象으로 MoS<sub>2</sub>를 導入할수 있다. 이 溶劑는 MoS<sub>2</sub>를 摺動部에 남긴 채 차차 蒸發한다.

潤滑이 必要한 金屬面을 電子顯微鏡으로 擴大하면 그림 2와 같은 模型으로 表示되고 매우 淺한 凸凹을 이루고 있다. 이 金屬面에 Dri-Slide를 注入하면 MoS<sub>2</sub>가 導入되어 그림 3과 같이 된다.

MoS<sub>2</sub>는 本來 金屬에 附着되는 性質이 있어 이때도 MoS<sub>2</sub>의 粒子가 凸凹表面에 附着하게 되는데, 單純한 點接觸인 故로 그 附着力은 微弱하다. 그러나 機械의 運轉에 따라 MoS<sub>2</sub> 粒子는 金屬面에 壓着되면서 強力하게 附着되고 떨어져 나가지 않게 된다. MoS<sub>2</sub>는 六角層狀構造로 그림 4의 왼쪽과 같이 이 힘의 直角方向의 힘에 對해서는 7,000 kg/cm<sup>2</sup>라는 큰 耐壓力이 있고 그러면서도 그림 4의 오른쪽과 같이 斜傾方向으로 힘을 加하면 트람프가 밀리듯이 밀리게 된다. 卽 機械의 運轉에 따라 비벼대는 作用으로 摺動面의 MoS<sub>2</sub> 粒子는 金屬과 接觸面積이 넓어지면서 強力하게 附着하게 된다. 이와 같이 作用이 繼續되면서 摺動部の 凸部에는 MoS<sub>2</sub>의 被膜이 形成되고 凹部에는 MoS<sub>2</sub> 粒子가 눌려 들어가면서 表面이 고루어지게 된다. 表面의 平滑

이 더욱 進行되면서 그림 6과 같이 摺動部는 MoS<sub>2</sub>의 被膜으로 덮이고 溶劑가 날라가서 乾燥된다. 이와 같이 摺動하는 두 金屬面이 MoS<sub>2</sub>의 被膜을 덮으면 運轉은 매우 미끄럽게 되고 MoS<sub>2</sub>의 化學的 特性으로서 녹도 發生안되고 熱(170℃~400℃)에 對해서도 그 潤滑性은 變하지 않는다.

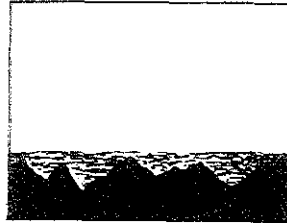


그림 6. 磨面이 됨에 따라 MoS<sub>2</sub> 鍍金이 擴大되어 全摺動面이 MoS<sub>2</sub>로 被覆된다.

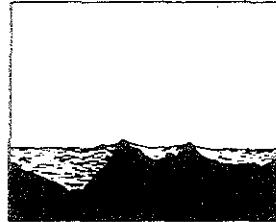


그림 7. 補給을 하지 않고 運轉을 繼續하면 下地의 높은 곳에서 被膜의 破損이 일어난다.

그러나 이와 같이 形成된 MoS<sub>2</sub> 被膜도 補給을 하지 않고 運轉을 繼續하면 그림 7과 같이 高部位의 金屬이 露出하게 되어 潤滑이 나빠진다. 卽 바로 이 時點에 오기 前에 Dri-Slide를 補給해야 하며 補給하면 그림 6과 같이 完全한 被膜이 다시 形成되고 金屬面自體의 磨耗는 防止된다.

#### § 4. 活用되는 곳

이 Dri-Slide는 裝置의 運轉, 保全에 큰 變革을 가져오고 있다. 裝置運轉時는 勿論 裝置設計時부터 從來의 그리스를 使用한다는 前提를 없애야 한다.

그리스는 이제까지 潤滑에 없어서는 안되는 貴重한 것이었다. 그러나 그리스가 갖고 있는 缺點을 들면

1. 높은 溫度에서 劣化한다.
2. 낮은 溫度에서 굳는다.
3. 摩擦係數가 높다.
4. 耐壓性이 낮다.
5. 高溫用으로 粘附가 높다. 卽 浸透性이 낮다.
6. 化學的으로 不安定하다.
7. 耐 磨耗性(活動, 停止時)이 낮다.
8. 濕式인 故로 粉塵를 吸着한다.

## 9. 耐蝕성이 弱하다.

그리스를 使用할때는 위의 弱點을 補完 또는 斷念하는 쪽에서 設計하게 되고 連轉하게 된다.

## Dri-Slide 는

1. 使用溫度範圍가  $-190^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 이다. 따라서 출다공 굳거나 珐瑯工場 塗裝工場의 콘베이어나 染色工場의 띠다, 熱處理工場의 롤라 콘베이어 등에 아무런 問題없이 使用할 수 있다.
2. 摩擦係數가 0.017로 그 어느 潤滑油보다 낮다.
3. 耐壓性은  $7,000 \text{ kg/cm}^2$ 이다. 따라서 高負荷의 搬送裝置 그리고 輕負荷라고 하나 始動 停止時 被膜의 破綻을 가지고 오지 않는다. 日本에서는 組立된 橋梁을 橋脚위에 設 位置에서 밑 면서 제자리에 갖다 놓는 作業에서 FRP 板을 潤滑板으로 使用해오고 있었으나 이 Dri-Slide 로 工期가 10分之1, 費用이 3分之1 (앞으로 더 낮아짐) 로 되고 있다.

※ Alfred Sonntog 의 Timken Tester 의 比較로는

一般오일 = 0.09~0.13

MoS<sub>2</sub> 添加오일 = 0.09~0.10

인데 비해 Dri-Slide 는 = 0.07~0.04  
= 0.07~0.04

이고 負荷가 커지면 1/3로 低下한다. 省에너지의 期待가 크다.

4. 粘度가 높으면 浸透性이 낮아져서 구석구석 까지 들어가지 못한다. Dri-Slide 는 0.5 以下の 粒子이고 溶劑의 表面張力이 매우 낮아 어떤 部位라도 浸透된다.

또한 Dri-Slide 는 이름대로 乾燥被膜이므로 軟化流出같은 그리스스의 缺點도 볼수 없다.

5. MoS<sub>2</sub> 는 化學적으로 大端히 安定한 化合物이다. 따라서 酸이나 알칼리 분위기에서도 變하는 일이 없다. 塗裝라인과 같은 化學라인에서 그리스의 化學的 不安定性에 오는 問題點은 매우 크다는 것은 常識化되어 있다.

6. Dri-Slide 는 乾燥被膜인 故로 空氣中の 먼지나 其他 粉塵을 吸着하지 않는다. 量아 없어질뿐이지 지저분하지 않다. 故로 清掃의 必要가 없다. 日本서 鐵道레일의 포인트에 그리스를 칠할때마다 포인트를 清掃해야 하는데 이때 포인트가 움직여 作業員이 負傷하는 境遇가 많은데 Dri-Slide 로서는 재떨이로 털고 Dri-Slide 만 注入해 주면 되므로, 危險이 없다.

食用工場이나 製藥工場에서도 그리스가 더러워지므로 해석의 隘路는 크며 化學라인에서는 이 그리스의 덩어리가 藥品槽에 落下하거나 製品製品에 落下하여 그 管理가 아주 힘드는 狀況인데 이것도 Dri-Slide 를 使用하므로써 깨끗이 解決되는 것이다.

7. 耐蝕性은 大端히 높다. MoS<sub>2</sub> 가 가지는 特性으로 金屬表面을 完全히 被覆하고 그 自體가 化學적으로 安定하니 潤滑性을 附與하는 防鏽劑라고 할 수 있다.

瀛陔에도 強하여 베트남戰爭에 美海兵들이 M-16 에 이를 使用하였다는 報告도 있고 스킷用 銃에는 75,000 發을 쏘아도 가끔 Dri-Slide 를 塗布하므로써 아무런 トラ블 없이 使用하고 있다는 報告도 있다.

高度經濟成長과 甚한 國際競爭에 對應하고 또 高에너지價의 壓力을 벗어나기 위해 우리나라 業界에서는 여러가지 努力을 傾注하고 있다.

이 Dri-Slide 가 이러한 努力의 分野의 問題를 解決해 주면 多幸이다.