

內燃機關用 슬라이드 베어링 合金材의 캐비테이션 浸蝕舉動에 관한 研究

(A study on the behaviour of cavitation erosion at alloy
metals of slide bearing for internal combustion engine)

임 우조·안 석환(부산 수산 대학교)
이 진열*(한국해양대학교)

1. 序 論

액체를 취급하는 機械.裝置는 流速 및 회전속도 등이 빠르게 되면 유체충격과 靜壓의 低下에 따른 局部的 沸騰으로 인해 캐비테이션(cavitation)現象이 발생한다. 이러한 캐비테이션현상에 따른 소음과 진동을 초래하고, 또한 氣泡의 崩壞에 따른 衝擊壓으로 캐비테이션-浸蝕(cavitation-erosion)이 발생하여 기계.장치의 구성재료에 損傷이 일어남으로써 이들 機械의 效率를 저하시킴과 아울러 壽命을 短縮시킬 수 있다. 더욱이, 腐蝕性的인 액체에 사용되는 機械.裝置의 금속재료에는 캐비테이션-浸蝕과 동시에 電氣化學的인 腐蝕이 일어나게 되며, 금속재료에 浸蝕-腐蝕(erosion-corrosion)이 중첩하여 발생하는 경우는 浸蝕과 腐蝕이 상호간에 加速하는 上昇效果 때문에 기계.장치의 수명에 치명적인 영향을 미친다.

이와 같은 캐비테이션 現象의 발생은 粘度가 높고 電氣化學的으로 안정된 潤滑油 中에서는 둔화되지만 최근 各種 內燃機關의 출력과 회전속도가 증가되는 추세에 따라 潤滑油 中에서의 캐비테이션 浸蝕損傷이 報告되고 있다.¹⁻³⁾ 특히, 自動車用 內燃機關, 船舶用 디젤 機關, 發電機用 터어빈 그리고 高壓 壓縮機의 베어링 등에서 캐비테이션 浸蝕損傷이 問題가 되고 있으므로,⁴⁻⁶⁾ 內燃機關用 슬라이드 베어링材의 캐비테이션 浸蝕舉動에 관한 研究가 要求되고 있다.

이러한 要求에 따라 Blount와 James等^{7,8)}은 베어링材에서의 浸蝕損傷을 發生場所에 따라 研究한 바는 있다. 그러나 슬라이드 베어링 合金材(alloy metals of slide bearing)에서 캐비테이션 浸蝕이 發生하는 過程과 材料, 油의 特性 等の 舉動은 明確하게 밝혀져 있지 않다.

따라서 本 研究에서는 超音波 振動裝置에 의한 各種 油中에서 베어링 合金 1種, 7種 및 鉛-땀 4種⁹⁾에 대한 캐비테이션-浸蝕實驗을 실시하여, 浸蝕損傷舉動 및 特性 等を 究明하고자 하였다.

2. 試料 및 實驗方法

2-1. 試驗材料 및 試驗片

本 實驗에 사용한 試驗材料는 內燃機關用 슬라이드 베어링材인 Sn基 베어링 합금 1種(W.M 1), Pb基 베어링 합금 7種(W.M 7) 및 Cu-Pb基 베어링 합금 4種(K.M 4) 등으로 하였으며, 이들 각 試驗材料의 化學的 成分 및 特性은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical composition and properties of bearing metals

Wt(%) / metals	Sn	Pb	Cu	Sb	Ni	Hardness	Density(mg/cm ³)
Sn Base(W.M 1)	90	-	4	6	-	31 Hv	7368
Pb Base(W.M 7)	12	73	1	14	-	20 Hv	9534
Cu-Pb Base(K.M 4)	0.5	25	73.5	-	1	71 Hv	9338

Fig.1은 低速 밀링으로 製作한 시험편의 形狀을 보이고 있으며, 有效露出表面은

사포로 精密研磨한 후 아세톤으로 脫脂하고, 나머지 部分은 電氣絶緣을 위하여 에폭시 樹脂로 2回 塗裝絶緣하였다.

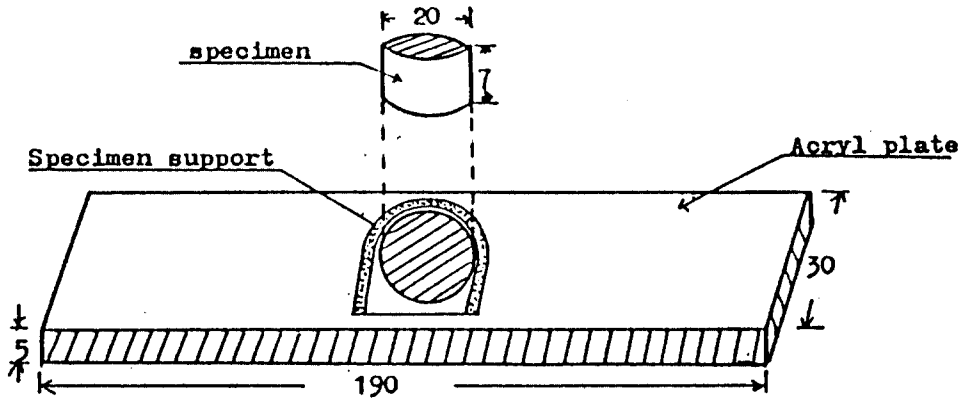


Fig. 1 Shape of specimen for cavitation erosion test(mm).

2 - 2. 實驗裝置

Fig.2의 캐비테이션 發生試驗機는 自作한 對向二面形式의 振動加速裝置의 概略圖로서 超音波 振動을 이용하였다.

또한 振動子 혼(horn)의 共振周波數은 20KHz 정도로 振動시켰으며, 油環境槽는 電氣化學的인 간섭현상을 제거하기 위해 플라스틱으로 製作하였고, 일정한 實驗時間下에 試驗片의 무게減少量을 測定하기 위하여 自動停止 타이머(timer)에 의해 試驗時間을 調整하였다.

2 - 3. 實驗方法

環境條件으로는 船舶用 潤滑油인 시스템油(system oil), 터어빈油(turbine oil), 기어油(gear oil) 및 시스템油(system oil) 70%(Wt)에 디젤油(diesel oil) 30%(Wt)을 혼합한 油等으로 하였으며, 캐비테이션 浸蝕實驗에 사용된 각종 油의 特性은 Table 2와 같다.

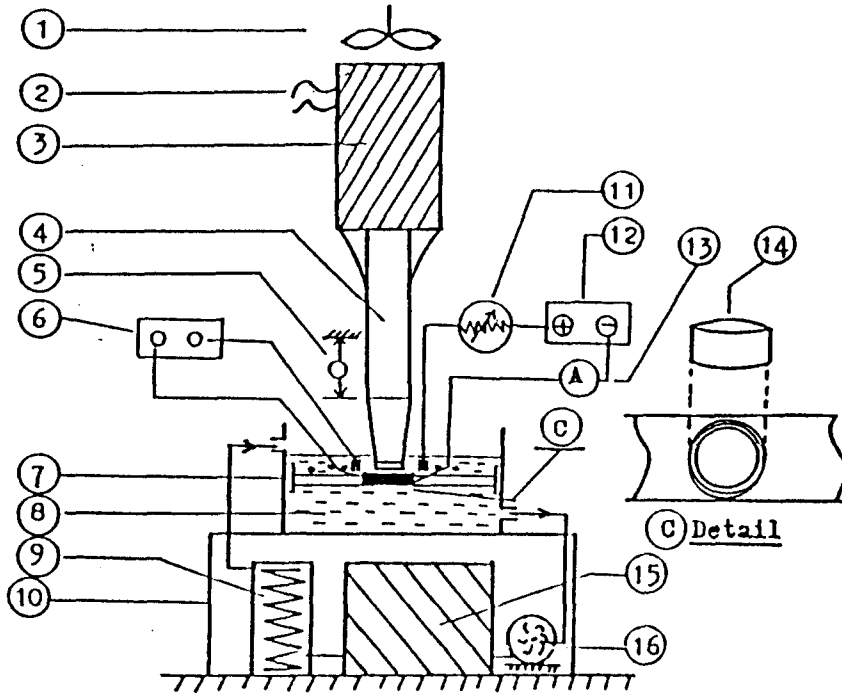
Table 2. The properties of environmental oils used as cavitation erosion tests for slide bearing metals.

Name of oil used	S.G.(15°C Kg/l)	RW.#1(15°C)	P.P(°C)	F.P(°C)
System oil(S.O)	0.916	109	-18	260
Turbine oil(T.O)	0.876	65.5	-15	234
Gear oil(G.O)	0.878	144.1	-29	222
Diesel oil(D.O)	0.837	35.4	-10	52

또한 浸蝕의 세기(intensity)는 間隔을 變化시켜서 調整하였으며, 試驗片의 무게

減少量을 測定하기 위하여 試驗片의 油粉을 綿으로 除去하고, 아세톤으로 脫脂, 증류수에 洗滌. 乾燥한 後 무게 減少量을 測定하였다.

그리고 油溶液의 濃度 및 溫度上昇을 방지하기 위하여, 每分當 2.8 리터의 量으로 循環하고, 恒溫裝置에 의해 各 溫度條件에 따라 거의 일정한 溫度를 유지하였다.



- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Cooling fan | 9. Temp. regulator |
| 2. Power supply | 10. Stand bed |
| 3. Transducer | 11. Rheostats |
| 4. Horn skirt | 12. DC power supply |
| 5. Dial gauge | 13. Ampere meter |
| 6. Potentiometer | 14. Specimen |
| 7. Specimen supporter | 15. Power control box |
| 8. Soluble liquid | 16. Circulating pump |

Fig.2 Schematic diagram of cavitation erosion test apparatus.

3. 結果 및 考察

3 - 1. 베어링 合金材에 따른 油膜두께가 캐비테이션-浸蝕損傷에 미치는 영향

Fig.3은 시스템 油(system oil)의 環境中에서 各種 베어링 合金材를 油膜두께인 間隔(h)의 變化에 따른 캐비테이션 침식손상에 의한 무게 減少率를 정리하여 나타낸

것이다.

이에 의하면 油膜의 두께인 間隔이 증가함에 따라 캐비테이션-浸蝕에 의한 무게 減少率은 증가하다가 약 0.7 ~ 0.8mm에서 부터 다시 감소하는 傾向을 나타내고 있으나, 본 實驗中 間隔이 가장 적은 0.1mm에서는 0.2mm에서 보다 무게 減少率이 증가하는 樣相이다.

그리고 베어링 合金材 7種(W.M 7)의 무게 減少率이 전반적으로 크게 나타 난다. 이와같이 間隔의 增減에 의해 무게 減少率이 다르게 나타나는 이유는 試驗片에 衝擊 壓을 발생하는 캐비테이션 氣泡의 數에 따라 무게 減少率에 미치는 영향이 가장 큰 원인으로 생각된다. 즉 h가 적어지면 二面間에 발생한 氣泡가 分散되기 어렵게 됨으로써 氣泡가 일종의 緩衝作用을 하기 때문에 오히려 무게 減少率이 적어지고, h가 대단히 적은 0.1mm로 되면 油의 流出入에 의한 剪斷에 의해 상당히 큰 應力이 試驗片 表面部에 作用하기 때문에 再次 무게 減少率이 약간 增加하는 樣相을 보인다.^{10,11)} 그리고 W.M 7의 무게 減少率이 크게 나타나는 이유는 Table 2에 의하면 W.M 7의 材料가 다른 베어링 合金材에서 보다 延性이므로 剪斷에 의한 損傷量이 증가하기 때문이라 생각된다.

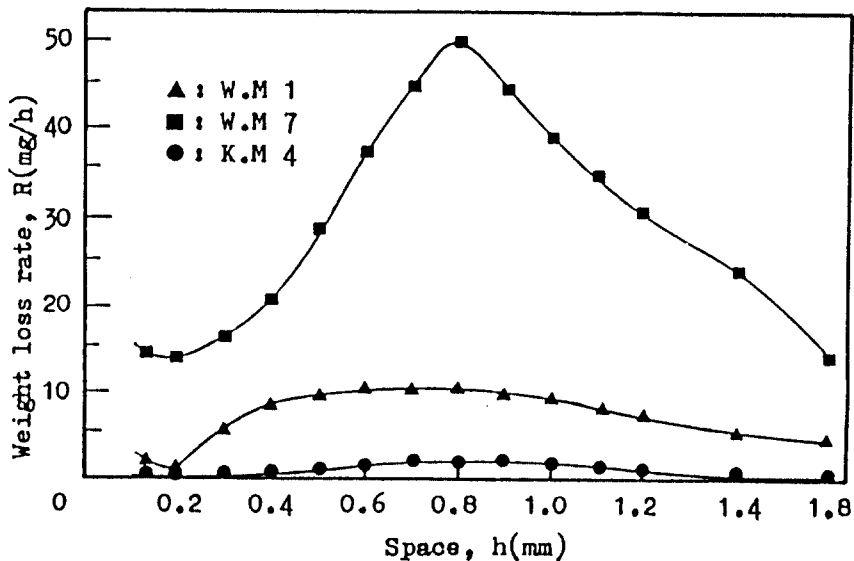


Fig. 3 Weight loss rate versus space under system oil environments for various materials.

3 - 2. 潤滑油의 환경에 따른 油膜두께가 캐비테이션-浸蝕損傷에 미치는 영향

Fig.4는 各種 潤滑油의 環境條件下에서 Pb基 베어링 合金 7 種을 間隔(h)의 變化에 따른 캐비테이션 침식손상에 의한 무게 減少率을 정리하여 나타낸 것이다.

이에 의하면 最高 浸蝕率은 시스템油(system oil) > 기어油(gear oil) > 混合油(mixed oil) > 터어빈 油(turbine oil)의 環境順으로 나타나고, 最高 浸蝕率이 나타나는 油膜의 두께인 間隔이 큰 順으로 區分하면 기어 油 > 시스템 油 > 터어빈 油 > 混合油의 環境順으로 間隔이 增加하는 傾向을 나타내고 있다.

이러한 傾向은 Table 2에 의하면 粘度가 높게 됨에 따라 浸蝕의 세기가 強하고, 氣泡의 崩壞時 衝擊壓이 크기 때문에 最高 浸蝕率이 나타나지만 시스템 油보다 기어 油에서 浸蝕의 세기는 強하고, 衝擊壓도 크지만 氣泡의 崩壞時 기포의 數가 적기 때문에 무게 減少率은 기어油보다 시스템油에서 더 增加하는 것으로 思料된다. 또한 油의 粘度가 낮은 混合油와 터어빈 油에서는 氣泡의 分散이 容易하고, 氣泡의 形成이 容易하기 때문에 적은 間隔에서 最高 浸蝕率이 나타난다고 생각된다.¹²⁾

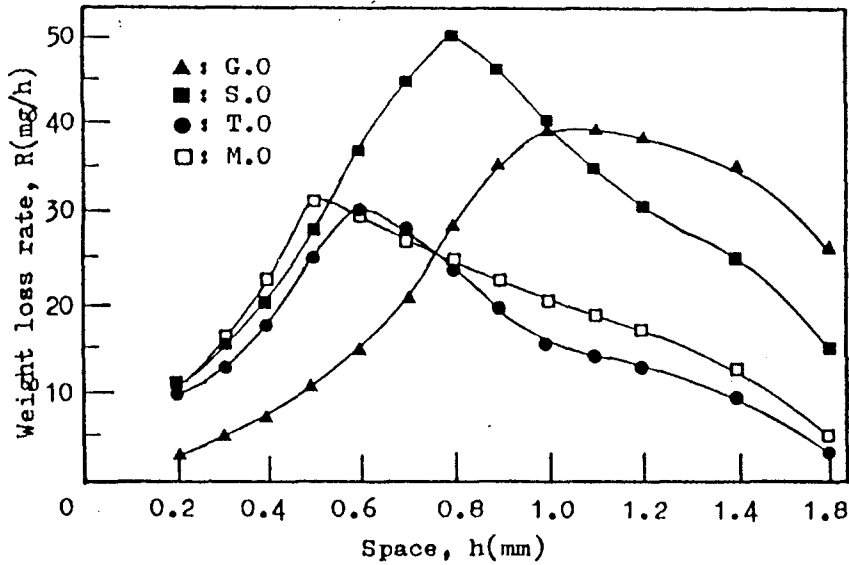


Fig. 4 Weight loss rate versus space under various oil environments for W.M 7.

4. 結 論

超音波 振動裝置에 의한 各種 油 環境中에서 內燃機關用 베어링 合金材의 캐비테이션-浸蝕舉動을 연구한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 油膜의 두께인 間隔이 증가함에 따라 캐비테이션-浸蝕에 의한 무게 減少率은 증가하다가 약 0.7 ~ 0.8mm에서 부터 다시 減少한다.
2. 油 環境中에서의 캐비테이션-浸蝕에 의한 最高 浸蝕率은 S.O > G.O > T.O > M.O의 順으로 나타나고, 最高 浸蝕率이 나타나는 油膜의 두께인 間隔이 큰 順으로 區分하면 기어 油 > 시스템 油 > 터어빈 油 > 混合油의 環境順으로 나타난다.

参考文献

- 1) 西本榮司(1982), 機械の研究, 第 34 卷, 第 1 號, pp 207-209.
- 2) W.Kleinbreuer(1986), Fluidtechnischen Kolloquium, Marz, pp 24-25.
- 3) 山口 惇(1982), “潤滑”, 第 27 卷, 第 9 號, pp 635-637.
- 4) 吉野達治(1987), エロージョン・コロージョン(流體による材料の侵食), 裳華房, pp 109-120.
- 5) 日本潤滑學會(1985), 潤滑故障例とその対策, 養賢堂, pp 16.
- 6) S.H Frederick and H.Capper(1981), Materials for Marine Machinery, Marine Media Management, .Ltd, pp 211-212.
- 7) G.N Blount and R.D James(1983), Proc 9th Leeds-Lyon Symp. on Tribology, 1982. IME, pp 297.
- 8) R.D James and G.N Blount(1983), 2nd Int. Conf. on Cavitation, IME Paper C-216, pp 229.
- 9) 大同メタル工業(株)(1987), すべり軸受の選び方と取扱い, pp 3-4.
- 10) 岩井善良・岡田庸敬(1988), すべり軸受の キャビテーション・エロション, 潤滑, 第 33 卷, 第 1 號, 日本潤滑學會, pp 4-5.
- 11) 伊藤博信・山本隆司(1989), 湿式クラッチ用 フェーシソグ材の摩擦特性に及ぼす潤滑油 粘度の影響, トライボロスト, 第 34 卷, 第 9 號, 日本潤滑學會, pp 664-668.
- 12) 庵井善良・岡田庸敬(1988) 高含水作動液中における キャビテーション・エロション, 潤滑, 第 33 卷, 第 12 號, pp 907-908.