

舶用 베어링 合金材의 浸蝕-腐蝕抑制에 미치는 陰極防蝕의 效果

임우조 · 이진열*

부산수산대학교 기계공학과

*한국해양대학교 선박운항시스템공학과

Effect of Cathodic Protection on Erosion-Corrosion Control in Alloy Metals of Marine Bearing

Uh-Joh Lim and Jin-Yeol Lee*

National Fisheries University of Pusan

*Korea Maritime University

Abstract—When marine lubricating oil began to be emulsified and oxidized through ingressive water that have leaked from cooling pump seal systems, cooler, purifier system and piping system, the cavitation erosion-corrosion in alloy metals of bearings remains to the various troublesome problem at effective engine performance. Therefore, applied the cathodic protection to the control test of cavitation erosion-corrosion, and appointed the marine system oil containing 3% sea water as test environments, with different conductivity. Also, used the piezoelectric vibrator with 20 KHz, 24 μ m as the cavity generation apparatus, and examined the weight loss, potential value, current density etc. in specimens with those condition. According to this testing data, investigated influence of cathodic protection on the control characteristics of cavitation erosion-corrosion, and will serve those as an elementary design data of marine bearing.

1. 서 론

최근 산업의 발전과 더불어 船舶, 鐵道車輛 및 自動車 等の 運送機械들은 보다 高出力 및 高速化 되는 경향에 있다. 이와 같이 出力이 높게 되고, 回轉速度가 빠르게 되면 潤滑油와 冷却水 系統에서 流體衝擊과 靜壓의 低下에 따른 局部的 沸騰으로 인해 캐비테이션 현상이 가속되는 데, 이러한 損傷은 動力裝置의 효율 저하 및 장애를 일으키는 요인이 된다.

더욱이, 이들 動力裝置가 가혹한 海上條件에서 작동하게 되면, 潤滑油는 쉽게 劣化되어 腐蝕性이 촉진되는 데, 특히 베어링 合金材에는 캐비테이션-침식과 동시에 電氣化學的인 腐蝕이 일어난다. 그리고 浸蝕과 腐蝕은 상호간에 加速하는 上昇效果 때문에, 효율저하로 인한 에너지의 소비량이 증가함은 물론이고 動力裝置 部材의 壽命에 치명적인 악영향을 미친다[1]. 이와 같은 캐비테이션 浸蝕-腐蝕은 電氣化

學的으로 안정된 非電解質의 潤滑油中에서는 機械的 浸蝕作用만 있지만, 舶用機關의 冷却器, 密封系, 淸淨系統, 軸系 등에서와 같이 漏水混入에 따라 潤滑油의 劣化가 촉진되는 곳의 베어링 合金材에 대해 報告되고 있다[2-4] 특히 해수가 혼입될 수 있는 舶用 디젤 기관, 發電機用 터빈 또는 空氣 壓縮機의 베어링 合金材 등에서도 캐비테이션 浸蝕-腐蝕이 큰 문제가 되고 있으므로[5-7] 캐비테이션 浸蝕-腐蝕 特性에 대한 연구가 절실히 要望되고 있다.

이러한 요구에 따라 Blount와 James等[8,9]이 浸蝕損傷을 해수중에서 연구한 바는 있다. 그러나 海洋에서 航海中인 舶用 潤滑油의 冷却海水 혼입으로 인한 乳化油中에서 베어링 合金材에 대한 캐비테이션 浸蝕-腐蝕舉動은 명확하게 밝혀져 있지 않다.

따라서, 本 研究은 舶用 潤滑油中에 海水混入에 의한 베어링 合金材의 캐비테이션 浸蝕-腐蝕舉動 및 陰極防蝕(cathodic protection)에 의한 浸蝕-腐蝕抑制

效果에 대한 과제이고, 또한 乳化油된 윤활유중 베어링 합금材에 대한 캐비테이션 浸蝕-腐蝕實驗은 超音波 振動裝置를 이용하였다.

이러한 실험을 토대로 하여 海水混入에 따른 乳化油中에서의 浸蝕-腐蝕特性을 究明하고, 陰極防蝕에 의한 抑制效果를 考察함으로써 船用 베어링 합금材의 浸蝕-腐蝕抑制에 대한 基礎資料로 활용하고자 한다.

2. 試料 및 實驗方法

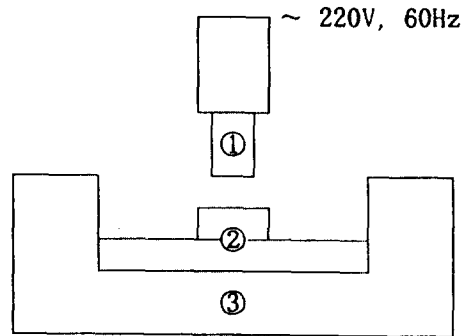
2-1. 試驗材料 및 實驗裝置

本 實驗에 사용한 試驗材料는 船用機關中에서 發電機 베어링용 Sn基 white metal 1種(WM 1), 主機關 베어링용 Pb基 white metal 7種(WM 7), 壓縮機 베어링용 Cu-Pb基 kelmet 4種(KM 4) 등이며, 이들 각 試驗材料의 化學的 成分 및 特性은 Table 1과 같다.

Fig. 1의 캐비테이션 發生試驗機는 自作한 對向二面形式의 振動加速裝置의 개략도로서 超音波를 이용하고, 축에 해당하는 振動子 horn(①)은 공진 주파수 20 kHz, 진폭 24 μm로서 아크릴 板에 고정된 試驗片 ②와 平行하게 間隔을 0.7 mm로 하여 振動하였다[10]. 또한 試驗片의 有效露出表面은 사포 및 oil lapping으로 정밀연마한 후 아세톤으로 脫脂하고, 나머지 부분은 電氣絶緣을 위하여 에폭시 樹脂로 2회

塗裝하였다. 그리고, 상세한 실험장치의 構造와 試驗片의 형상에 대해서는 潤滑學會誌[11] 및 腐蝕學會誌[12]를 參考할 수 있다.

그리고, 陰極防蝕法中 外部電源法(Im impressed Current Method: I.C.M)에서 不溶性陽極은 白金電極(Pt electrode), 基準電極는 포화 카르멜 電極(SCE)이고, 犧牲陽極法(Sacrificial Anode Method: S.A.M)에서 陽極은 Al-合金으로 하였다. Table 2는 Al-合金의 化學的 造成을 나타내고 있다.



- ① Horn skirt of transducer
- ② Specimen on the acryl plate
- ③ Bath of test environment

Fig. 1. Schematic diagram of cavitation erosion test.

Table 1. Chemical composition and properties for alloy metals of various bearing used as cavitation erosion experiment

Alloy metals of bearing (Wt %)	Sn	Pb	Cu	Sb	Ni	Hardness (Hv)	Density (mg/cm ³)	Tensile strength (Kgf/mm ²)
Sn base (WM 1)	90	—	4	6	—	31	7368	7.55
Pb base (WM 7)	12	73	1	14	—	20	9534	6.40
Cu-Pb base(KM 4)	0.5	25	73.5	—	1	71	9338	18.50

Table 2. Chemical composition of Al-alloy anode used as sacrificial anode method

Composition	Zn	In	Fe	Si	Ca	Al
Weight(%)	4.2	0.027	0.053	0.072	0.005	Balance

Table 3. Properties of oil environments used as cavitation erosion experiments

Name of oil used	Specific gravity (60/60°F)	Viscosity (cSt, 40°C)	pH	Flash point (°C)	Sediment Vol(%)
System oil(S.O)	0.9165	109.0	7.8	260	trace
S.O with 3% SW	0.9541	91.3	6.3	310	2.32

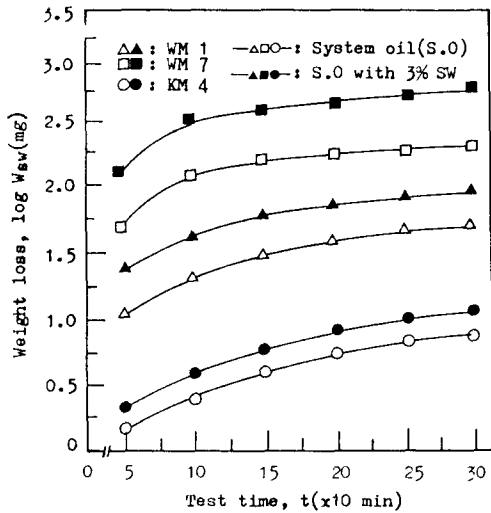


Fig. 2. Weight loss vs test time in system oil and S.O with 3% SW for materials.

2-2. 實驗方法

環境溶液으로는 船用潤滑油인 시스템 油(system oil, S.O) 및 그 潤滑油에 天然海水(比抵抗: 25 Ωcm) 3%(Wt)를 混入한 乳化油이며, 各 環境의 特性은 Table 3과 같다.

그리고 浸蝕-腐蝕實驗 環境槽 ③은 電氣化學的인 影響을 제거하기 위하여 플라스틱 材料로 製作하였으며, 溶液의 濃度變化를 방지하기 위하여 循環水 펌프로 每分當 2.8 리터 量을 순환시켰다. 또한 試驗片의 무게 減少量은 自動停止 timer에 의해 試驗時間을 조정하며 측정하였다.

3. 結果 및 考察

3-1. 海水混入인 乳化油에서의 캐비테이션 浸蝕-腐蝕의 樣相

Fig. 2는 Sn基 베어링 合金材 1種(WM 1), Pb基 베어링 合金材 7 種(WM 7), Cu-Pb基 베어링 合金材 4種(KM 4)에 대한 潤滑油 및 그 潤滑油에 3% 海水 混入한 乳化油에서의 무게 減少量을 實驗時間에 따라 계산하여 정리한 것이다.

이에 의하면 潤滑油에 比하여 乳化油에서의 무게 減少量이 크게 증가하고, 또한 KM 4에서의 무게 減少量이 다른 試驗片에 比하여 가장 낮다. 이와 같이 乳化油에서 무게 減少量이 증가하는 것은 腐蝕性에 의한 캐비테이션 浸蝕-腐蝕作用의 上昇效果로 金屬粒

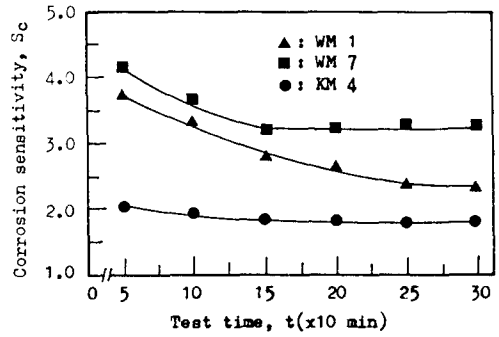


Fig. 3. Corrosion sensitivity vs test time in system oil with 3% SW for materials.

子の 탈리현상 및 龜裂이 촉진되고, Cl 이온의 電解作用에 따른 腐蝕電流의 증가 때문이라고 생각된다. 그리고 KM 4에서 무게 減少量이 가장 작게 나타나는 現象은 Table 1에서와 같이 Cu 및 Ni의 合金에 의한 硬度和 引張強度가 높으므로 캐비테이션 氣泡의 衝擊力에 따른 金屬粒子의 脫落作用에 抵抗性이 크기 때문이다.

따라서 Fig. 2의 浸蝕-腐蝕作用에 미치는 腐蝕性을 보다 定量的으로 관찰하기 위하여, Fig. 3은 潤滑油에 대한 乳化油에서의 腐蝕感受性을 계산하여 정리한 것으로 腐蝕感受性(Sc)은 다음 式(1)과 같다.

$$S_c = \frac{\text{(海水混入인 乳化油에서의 캐비테이션 浸蝕-腐蝕에 의한 무게 減少量)}}{\text{(潤滑油에서의 캐비테이션 浸蝕에 의한 무게 減少量)}} \quad (1)$$

(단, 潤滑油에서의 무게 減少量은 非電解質의 油이므로 腐蝕作用이 없는 純粹 機械的인 캐비테이션 浸蝕作用만 있는 것으로 간주함)

이에 의하면 海水混入에 의한 乳化油에서의 腐蝕感受性은 實驗初期에 급격히 증가하는 양상이고, WM 7의 베어링 合金材의 腐蝕感受性은 다른 베어링 合金材에 비해서 가장 민감하다.

이와 같이 實驗初期에 腐蝕感受性이 증가하는 이유는 베어링 合金材의 陰極極에 의한 不動態 皮膜의 破壞作用이 캐비테이션 氣泡에 의해 촉진되어 金屬이 活性化하고, 溶存酸素의 증가로 酸化에 의한 腐蝕性이 증가하기 때문이라 생각된다. 또한 乳化油에서는 比抵抗 25 Ωcm인 海水의 強電解質인 Cl 이온 混入이 증가되어 腐蝕性이 活性化됨으로써 機械的인 浸蝕에 더하여 電氣化學的인 腐蝕의 上昇效果에 의해 浸蝕-腐蝕이 촉진되기 때문이라 추정된다[13]. 그러나

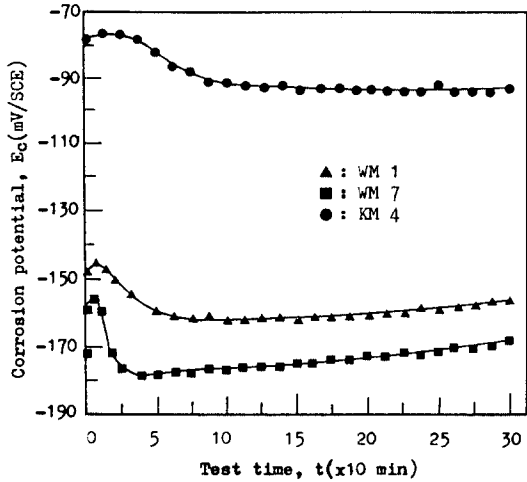


Fig. 4. Corrosion potential vs test time in system oil with 3% SW for materials.

實驗時間이 경과하여 浸蝕-腐蝕作用에 의해 浸蝕小孔이 증가하면 氣泡의 緩衝作用에 의해 浸蝕-腐蝕의 上昇效果가 둔감된다.

또한 乳化油에서 KM 4 베어링 합금材의 腐蝕感受성이 WM 1 및 WM 7 베어링 합금材의 腐蝕感受性보다 둔감한 원인은 海水中에서 各金屬의 腐蝕電位列에 의하면 KM 4 베어링 합금材의 主成分인 Cu가 다른 베어링 합금材의 主成分인 Pb 및 Sn 보다 더 高電位列(cathode 側)에 있으므로 腐蝕에 둔감한 耐蝕性材料이기 때문인 것으로 思料된다[14].

3-2. 乳化油에서의 浸蝕-腐蝕에 따른 腐蝕電位 및 電流密度的 特性

Fig. 4는 각 베어링 합금材에 대해 乳化油에서의 實驗時間에 따른 腐蝕電位 變化樣相을 정리한 것으로, 10時間 分極後의 自然電位는 WM 1이 -150 mV/SCE이고, WM 7 및 KM 4는 각각 -160 mV/SCE, -78 mV/SCE이다.

이에 의하면 캐비테이션 浸蝕始作과 동시에 貴方向으로 電位가 5~8 mV/SCE 程度 增加하나, 그 後 再次 卑方向으로 移動하여 自然電位보다 상당히 卑電位化하였다가 實驗時間이 경과함에 따라 일정한 電位值를 유지하거나 또는 약간 상승하는 傾向을 보이고 있다. 그리고 WM 7에서가 다른 베어링 합금材에 比하여 가장 급속히 卑電位化하는 추세이다.

이와 같이 實驗始作과 동시에 순간적으로 5~8 mV/SCE로 증가한 後 卑電位化하는 것은 캐비테이션

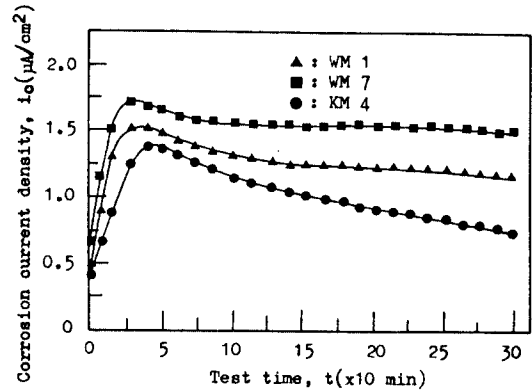


Fig. 5. Corrosion current density vs test time in system oil with 3% SW for materials.

浸蝕開始와 동시에 주위에서 空氣가 휘말려 들어가 溶存酸素인 酸化劑가 金屬表面에 급속히 供給되어 氣泡의 擴散을 촉진시켜 일시적으로 貴方向으로 增加하며, 그후 浸蝕實驗의 經過와 더불어 氣泡의 衝擊力에 따라 試驗片의 不動態 皮膜損傷에 의해 金屬表面이 活性化하기 때문이다.

또한 어느 試驗時間 後부터 일정한 電位值를 유지하거나 또는 약간 상승하는 이유는 金屬表面이 캐비테이션 浸蝕-腐蝕作用에 의한 浸蝕損傷과 保護皮膜의 形成에 대한 比率이 서로 상쇄하기 때문이라 생각된다. 그리고 WM 7 試驗片에서 實驗時間의 경과에 따라 급속히 卑電位化하는 것은 Table 1에서와 같이 다른 試驗片에 比하여 延性的이므로써 캐비테이션 氣泡의 충격력에 의해 쉽게 金屬이 活性化하고 脫離되어 小孔이 증가하기 때문이다.

Fig. 5은 乳化油에서 각 베어링 합금材에 대해 캐비테이션 浸蝕-腐蝕에 의한 腐蝕電流密度를 實驗時間에 따라 整理한 것으로, 10時間 分極後 WM 1, WM 7 및 KM 4의 電流密度는 각각 0.4, 0.6 및 0.3 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이다.

이에 의하면 WM 1 및 WM 7에서는 캐비테이션 浸蝕始作과 동시에 腐蝕電流密度가 약간 增加하여 最大値를 나타낸 後 거의 일정한 값을 유지하는 데, KM 4는 實驗時間 경과에 따라 卑電位化하는 傾向이 강하다.

이와 같이 實驗初期에 腐蝕電流密度가 높게 나타나는 傾向은 캐비테이션 浸蝕-腐蝕作用에 의한 保護皮膜의 脫落現象으로 金屬表面이 活性化하기 때문이고, 또한 實驗時間의 경과에 따라 일정한 電流密度 값을 유지하는 것은 浸蝕小孔의 증가로 인하여 海綿

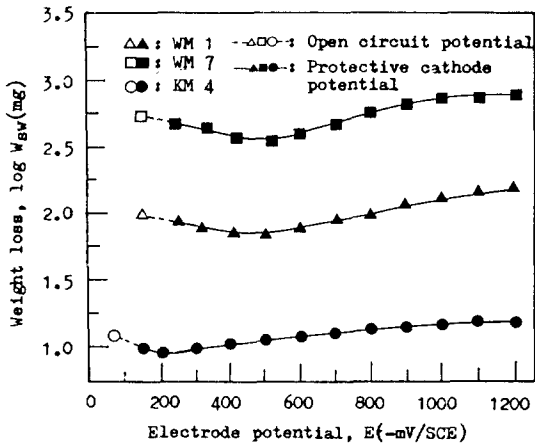


Fig. 6. Weight loss vs electrode potential in system oil with 3% SW for materials.

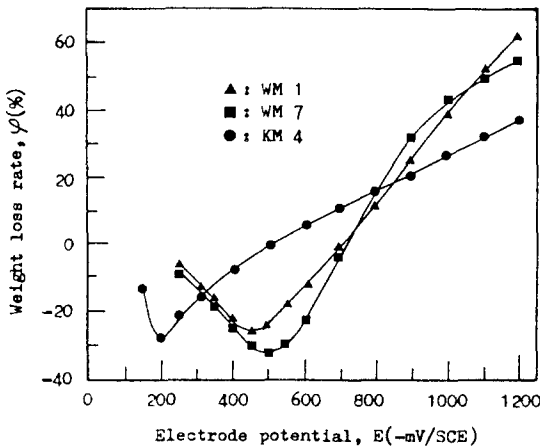


Fig. 7. Weight loss rate vs electrode potential in system oil with 3% SW for materials.

狀의 小孔에 氣泡가 吸着하므로 충격력이 緩衝되어 기계적인 浸蝕과 腐蝕의 上昇作用이 抑制되기 때문이라 思料된다. 그리고 KM 4 에서 實驗時間의 경과에 따라 腐蝕電流密度가 계속 減少하는 것은 KM 4가 다른 試驗片에 比하여 耐 浸蝕-腐蝕性이므로 氣泡의 緩衝作用이 적어 浸蝕損傷과 더불어 腐蝕性에 의한 金屬表面의 活性化가 계속되기 때문이다.

3-3. 乳化油에서 浸蝕-腐蝕抑制에 미치는 外部電源法의 影響

Fig. 6은 各 베어링 合金材에 대해 乳化油에서의

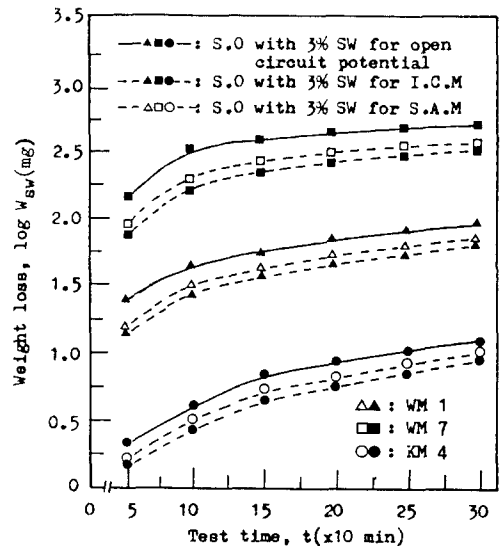


Fig. 8. Weight loss vs test time in system oil with 3% SW under cathodic protection for materials.

캐비테이션 浸蝕에 의한 무게 減少量을 外部電源法의 陰極防蝕電位 값에 따라 계산하여 정리한 것이다.

이에 의하면 陰極防蝕電位 印加에 따라 무게 減少量은 감소하였다가 再次 增加하는 傾向을 보이고 있는데, 陰極防蝕電位값은 베어링 合金材에 따라 다르다. 또한 防蝕電位印加가 卑電位化合物에 따라 自然電位에서의 무게 減少量보다 오히려 증가하는 境遇도 있다. 이와 같이 베어링 合金材에 따라 무게 減少量이 가장 적은 最適陰極防蝕電位값은 WM 1이 -450 mV/SCE이고, WM 7 및 KM 4는 각각 -490 mV/SCE, -210 mV/SCE이다.

이러한 陰極防蝕電位값에서 무게 減少量이 가장 억제되는 원인은 電位에 따라 베어링 合金材에서의 腐蝕電流가 감소하여 陰極分極되기 때문이라 생각된다. 또한 베어링 合金材의 무게 減少量이 電位印加에 따라 再次 增加하는 것은 過防蝕에 의한 陰極腐蝕의 촉진으로 캐비테이션 浸蝕-腐蝕이 가속되기 때문이라 추정된다. 따라서 Fig. 6의 결과를 좀더 명확히 하고져 Fig. 7에 무게 減少量 比率을 계산하여 정리하였다. 여기서 무게 減少量 比率(phi)은 다음 式(2)와 같다.

$$\phi = 1 - (\text{自然電位下에서의 무게 減少量} / \text{陰極防蝕下에서의 무게 減少量}) \times 100\% \quad (2)$$

이에 의하면 무게 減少量이 가장 크게 억제되는 베어링 合金材의 最適陰極防蝕電位에서의 比率은 약

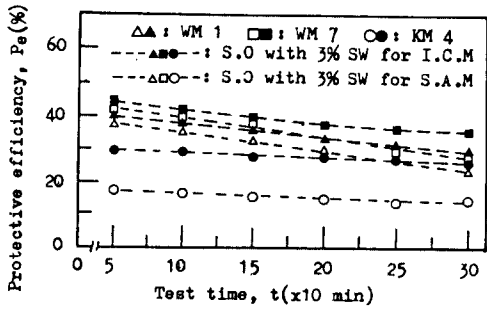


Fig. 9. Protective efficiency vs test time in system oil with 3% SW under cathodic protection for materials.

-30~-40% 정도이고, 過防蝕인 -1200 mV/SCE에서 增加比率는 약 30~60% 정도이다. 이와 같이 베어링 합금材에 따라 最適 陰極防蝕電位는 다르지만 무게 減少量이 억제되는 이유는 腐蝕性인 Cl⁻ 이온의 電氣傳導度에 따라 베어링 합금材의 陰極分極에 의한 腐蝕電流의 減少 影響 때문이라 사료된다. 또한 過防蝕 電位에서 比率가 增加하는 것은 陰極腐蝕에 의한 環境溶液의 腐蝕性 增加 및 水素脆弱化 作用에 의한 무게 減少量의 增加 影響에 기인한 것으로 추정된다.

3-4. 陰極防蝕法 適用에 의한 乳化油에서의 캐비테이션 浸蝕-腐蝕抑制樣相

Fig. 8은 각 베어링 합금材에 대한 乳化油 및 그 乳化油에 陰極防蝕法 適用下의 무게 減少量을 實驗 時間에 따라 정리한 것으로, 外部電源法의 最適 陰極防蝕電位 印加는 Fig. 6, Fig. 7에서와 같이 WM 1이 -450 mV/SCE이고, WM 7 및 KM 4는 각각 -490 mV/SCE, -210 mV/SCE이다. 또한 犧牲陽極法에서 Al-合金陽極電位는 -485 mV/SCE이다.

이에 의하면 3% 海水混入인 乳化油에서 보다 陰極防蝕法 適用下의 각 베어링 합금材에 대한 무게 減少量이 억제되고, Al-合金 犧牲陽極法에서 보다 外部電源法 適用下에서 무게 減少量의 抑制效果가 더 양호하다.

이와 같이 乳化油에 陰極防蝕法 적용에 의해 무게 減少量이 抑制되는 이유는 腐蝕性인 Cl⁻ 이온 因子에 의한 電氣傳導度의 향상으로 陰極防蝕電流의 供給에 의해 陽極인 試驗片의 腐蝕電流가 減少되어 캐비테이션 浸蝕-腐蝕作用이 억제된다고 생각된다. 또한 外部電源法에 의한 浸蝕-腐蝕抑制가 Al-合金 犧牲陽極法에서 보다 우수한 것은 試驗片의 陰極分極에 의해 腐蝕速度를 律速시키는 陰極防蝕電流 供給이 犧牲陽

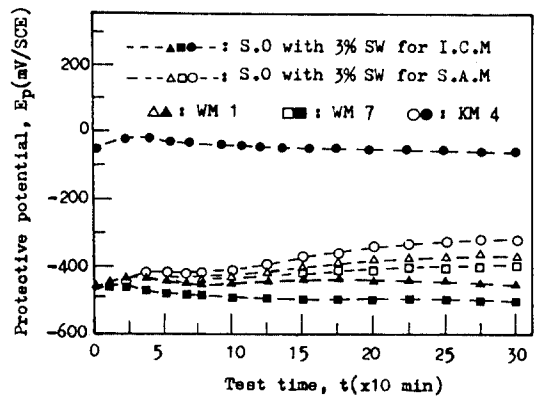


Fig. 10. Protective potential vs test time in system oil with 3% SW under cathodic protection for materials.

極法에서 보다 연속적이고 일정하며, 또한 Al-合金陽極은 異種金屬間의 電池結合(cell couple)으로 사용에 따라 陽極이 소모되고, 기포에 의한 分極이 犧牲陽極에 발생하여 通電流가 감소하므로 浸蝕-腐蝕抑制機能이 약화되기 때문이라 사료된다. 또한 Fig. 8의 결과에서 陰極防蝕에 따른 浸蝕-腐蝕抑制效果를 定量的으로 평가하기 위하여, Fig. 9에 浸蝕-腐蝕抑制率을 계산하여 정리한 것으로, 浸蝕抑制率(Pe)은 다음 式(3)과 같이 하였다.

$$Pe = 1 - \frac{\text{陰極防蝕에 의한 乳化油에서의 무게減少量}}{\text{乳化油에서의 무게減少量}} \times 100\% \quad (3)$$

이에 의하면 乳化油에서의 陰極防蝕法에 의한 캐비테이션 浸蝕-腐蝕抑制率은 15~45% 정도인데 實驗 時間이 경과함에 따라 감소하고 있으며, 특히 KM 4에서가 다른 베어링 합금材에서 보다 浸蝕-腐蝕抑制率이 저조하다. 이와같이 實驗 時間이 경과함에 따라 乳化油에서 浸蝕抑制率이 감소하는 現象은 캐비테이션 氣泡分散에 의해 電極에 氣泡가 흡착하여 分極作用을 발생함으로써 陽極의 防蝕電流供給이 미약하고, 浸蝕小孔에 氣泡가 吸着하여 金屬의 活性化가 약화되기 때문이라 생각된다. 그리고 I.C.M보다 S.A.M에서 浸蝕抑制率이 미약한 것은 實驗 時間이 경과함에 따라 犧牲陽極의 消耗 및 犧牲陽極의 分極으로 인하여 防蝕電流가 감소하여 試驗片의 陰極分極作用이 둔화하기 때문이라 생각된다. 또한 다른 베어링 합금材에 비하여 KM 4의 浸蝕-腐蝕抑制率이 저조한 것은 KM 4의 Cu와 Ni이 耐 腐蝕性이므로 浸蝕-腐蝕의 上昇作用이 격감되기 때문이라 추정된다.

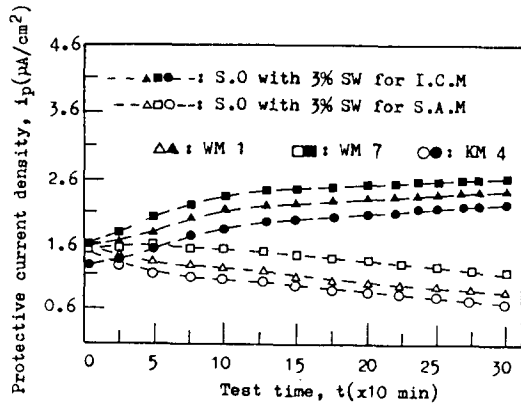


Fig. 11. Protective current density vs test time in system oil with 3% SW under cathodic protection for materials.

3-5. 陰極防蝕法 適用에 따른 乳化油에서의 防蝕電位 및 電流密度的 特性

Fig. 10는 乳化油에서 各 베어링 合金材에 대해 캐비테이션 浸蝕-腐蝕에 의한 陰極防蝕電位の 變化過程을 實驗時間에 따라 정리한 것으로, Fig. 7에 의한 最適 陰極防蝕電位값을 印加하였다.

이에 의하면 實驗初期에는 I.C.M 및 S.A.M에 의한 防蝕電位값은 큰 변동이 없으나, 實驗時間이 경과함에 따라 I.C.M에서가 거의 일정한 電位값을 유지하고 있는 반면 S.A.M에서는 貴電位化하고 있다. 그리고 KM 4에서의 I.C.M에 의한 防蝕電位印加는 最適 防蝕電位이나 S.A.M에서는 상당히 卑電位化한 電位가 供給되어 있다.

이와 같이 實驗時間이 경과함에 따라 S.A.M에서의 陰極防蝕電位가 貴電位化하는 이유는 캐비테이션 氣泡의 分散에 의한 犧牲陽極의 分極作用의 促進에 의한 것이고, I.C.M에서는 外部에서 自動으로 電位가 調節 供給됨으로써 不溶性 陽極의 分極抵抗을 초과하기 때문이다. 그리고 KM 4에서 S.A.M에 의한 陰極防蝕電位가 卑電位化한 것은 犧牲陽極의 乳化油에서 自然電位값과 거의 같은 특성을 나타내기 때문이다.

Fig. 11는 乳化油에서 各 베어링 合金材에 대해 캐비테이션 浸蝕-腐蝕에 의한 陰極防蝕 電流密度的 變化過程을 實驗時間에 따라 정리한 것으로, 10時間 分極後의 電流密度값은 外部電源法에서 WM 1이 $1.6 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이고, WM 7 및 KM 4에서는 각각 $1.7 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, $1.3 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이다. 또한 犧牲陽極法에서는 WM 1이 $1.6 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이고, WM 7 및 KM 4는 각각 $1.75 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, $1.65 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 이다.

이에 의하면 I.C.M에서의 防蝕電流密度는 實驗時間의 경과에 따라 증가하고, S.A.M에서의 防蝕電流密度는 實驗時間의 경과에 따라 감소하는 추세이다.

이와 같이 I.C.M에서 防蝕電流가 증가하는 현상은 不溶性 陽極의 기포에 의한 分極作用에 따른 抵抗을 보상하여 공급하기 때문이고, S.A.M에서 實驗時間의 경과에 따라 감소하는 樣相은 犧牲陽極의 分極 및 陽極消耗로 인하여 通電流가 감소하기 때문으로 추정된다.

4. 結 論

超音波에 의한 캐비테이션 發生試驗機에서 海水混入인 乳化油에 따른 各種 베어링 合金材의 陰極防蝕 適用時의 特性에 대해 研究한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 潤滑油에 비하여 乳化油에서의 腐蝕感受性は 初期에 급격히 증가하는 樣相이고, Pb基 베어링 合金材 7種의 腐蝕感受性は 다른 베어링 合金材에 비해서 가장 민감하다.
2. 乳化油에서의 캐비테이션에 의한 自然電位는 初期에 貴電位化된 後 時間이 경과하면서 卑電位化되고, 腐蝕電流密度도 초기에 增加한 後 減少하는 傾向이다.
3. Al-合金 犧牲陽極法에서 보다 外部電源法 適用下에서의 캐비테이션 浸蝕-腐蝕抑制效果가 더 우수하다.
4. 陰極防蝕法에 의한 캐비테이션 浸蝕-腐蝕抑制率은 15~45% 정도이며, 베어링 合金材 中에서 Pb基 베어링 合金材 7種의 浸蝕-腐蝕抑制率이 가장 높다.

參 考 文 獻

1. 日本機械學會, “腐食と破壊”, pp.67-73, 日本工業出版社, 1986.
2. 西本榮司, “油壓系の 潤滑問題”, 機械の研究, 34卷, 1號, pp.207-209, 1982.
3. 荒木良一郎, 岸木勝, 吉田辛一, “蒸氣タービン用 タタン動翼の 耐エロ-ジョン 評價”, 日本機械學會論文集 (B編), 56卷, 527號, pp.2085-2087, 1990.
4. 益子正文, 岡田和三, “O/W エマルジョンの トライボロジ-”, トライボロジスト, 36卷, 6號, pp.369-374, 1991.
5. 吉野達治, “エロ-ジョン,コロ-ジョン(流體による材料の侵食)”, pp.109-120, 裳華房, 1987.
6. 日本潤滑學會, “潤滑故障例と その對策”, pp.16, 養賢堂, 1985.

7. S. H. Frederick and H. Capper, "Materials for Marine Machinery", pp.211-212, Marine Media Management, Ltd., 1981.
8. G.N. Blount and R.D. James, "Proc 9th Leeds-Lyon Symp. on Tribology 1982", IME, pp.297, 1983.
9. R.D. James and G.N. Blount, "2nd Int. Conf. on Cavitation", IME Paper C-216, pp.229, 1983.
10. Annual Book of ASTM Standard, "03.02 Wear and Erosion: Metal erosion, G32-85", pp.115-119, ASTM, 1989.
11. 林祐助, 李鎮烈, "베어링 합금材에 대한 캐비테이션 浸蝕舉動에 미치는 潤滑油 環境의 影響", 한국윤활학회지, 9권, 1호, pp.56, 1993.
12. 임우조, 이진열, "舶用 Pb基 베어링 합금材의 캐비테이션 浸蝕에 대한 基礎研究(I)", 한국부식학회지, 23卷, 3號, pp.151, 1994.
13. 岩井善郎, 岡田庸敬, 外 2人, "高含水 作動液におけるキャピテーション- エロージョン(第2報)", トライボロジスト, 35卷, 10號, pp.45-49, 1990.
14. Denny A. Jones, "Principles and Pervention of Corrosion", pp 342-395, Maxwell Macmillan International Editions, 1982.