

Ⅵ. 결 론

서론에서도 언급한 바와 같이 본 실험에서는 한국동남해역에 있어서의 로오란 측정치에 내포되는 표준오차, 계통오차 및 그 계절변화에 대하여 규명하고자 시도하였다. 로오란 측정치에 내포되는 오차에 관하여서는 로오란의 지표파를 이용하는 경우에는 주간에 표준오차로 $1.5\mu s$ 이내, 야간 $4.0\mu s$ 이내이고 이를 99% 오차로 환산하면 주간 $4.5\mu s$ 이내, 야간 $12.0\mu s$ 이내임을 규명하였다.

기상 또는 계절적인 변동에 관해서는 그 측정치의 변화는 극히 작아서 그 변동량이 $0.2\mu s$ 이내이고 이는 실제 항해상 고려에 넣지 않아도 좋을 것을 규명하였다. 또 로오란 측정치에 내포되는 계통오차는 로오란국과 측정위치에 따라 결정되나 최대 $2.0\mu s$ 까지의 오차가 정오차로 나타남을 밝혔으며 이 계통오차분포표를 이용하여 선박에서 측정한 로오란치의 표준오차를 주간 $0.6\mu s$, 야간 $1.2\mu s$ 까지 줄일 수 있어서 로오란 측정치에 의한 선박의 위치의 정밀도를 훨씬 높일 수 있음을 확인하였다.

한국 전 해역의 로오란 측정치의 오차를 해석하고 이를 완벽한 것으로 하기 위하여는 더욱 넓은 범위에 걸쳐 더욱 장기간에 로오란의 지표파뿐만 아니라 공간파에 관하여도 연구를 계속해야 함이요 망되는 바이나 지금까지 전혀 미개지이면서도 절실한 문제이었던 선박의 위치확인 방법으로써의 로오란 오차의 범위와 특성의 윤곽을 드러내었다는 점만으로도 본 실험의 목적의 일부나마 달성한 것으로 생각한다.



熱交換器의 海水冷却細管의 腐蝕과 防蝕 (1)

自作 銅-黃酸銅電極의 特性과 海水冷却細管内面의 電位測定에 關係서

田 大 熙

Study on the corrosion and corrosion prevention of sea-water cooling tubes of heat exchangers (1)

On the characteristics of the copper-copper sulfate electrode made by myself and measurement of the potentials on the innersurface of sea-water cooling tubes by the electrodes.

by
Dae-Hi Jeon

〈 目 次 〉

I. 序 論

II. 攪飽和銅-黃酸銅電極의 自作과
그의 特性調査

III. 海水冷却細管内面의 電位

IV. 結 論

Abstract

Recently sea-water cooling heat exchangers have rapidly increased both in number and capacity, and expensive materials of special alloy are used against the corrosion of their cooling tubes.

In this work, I have tried not only to improve the efficiency of heat exchangers by the heat transfer promotor of the twisted tape type inserted in cheap cooling tubes, but also to protect cooling tubes by the protective current from the electrodes on the twisted tape. This is the first step of the study.

I have made many copper-copper sulfate electrodes, which are simplest and cheapest, but they can be used in engineering. These electrodes become stable in about 10 hours after being made, and the electrode potential is as follow:

$$\Delta E = 57.20 + 0.125(t - 25) \text{ mV (SCE)}$$

It is found as results of experiments that the potentials on the inner-surface of sea-water cooling tubes can be measured by the above mentioned electrodes, and the potentials affected by protecting zinc plates in the water chamber became stable in 24 hours(a day) whether twisted tapes in the cooling tube are inserted or not.

I. 序 論

여러가지의 生産工業이 急激하게 發展되고 있으므로 熱交換器(冷却器)의 數와 그 容量도 急激히 늘어나고 있으며, 特히 工業用水難을 겪고 있으므로 海水를 冷却水로 使用하는 臨海工業團地가 많이 생겼다.

海水는 金屬에 대해서 腐蝕性¹⁾이 强하고, 熱交換器는 大概가 銅合金과 鐵合金이 組合되어 있으므로 海水로 冷却하는 熱交換器는 빨리 腐蝕된다. 그러므로 이러한 熱交換器는 그 水室을 防蝕塗料와 防蝕亞鉛板이나 外部電源에 의한 陰極防蝕法²⁾으로 防蝕하고 있다.³⁾ 그러나 內徑 15~25mm의 細長한 冷却管은 適當한 防蝕法이 없으므로 特殊靑銅⁴⁾이나 特殊鋼⁵⁾등의 高價의 耐蝕性材料를 使用하고 있다. 또 近來에 와서는 많은 工場이 臨海工業團地에 集結되었으므로 그 臨海의 海水質이 많이 汚染되어 特殊한 腐蝕이 나타나고 있다.⁶⁾ 그러므로 海水로 冷却하는 熱交換器는 그 製造費와 補修費가 많이 들게 됐다. 最近에는 高性能의 熱交換器를 開發하기 위해서 海水冷却細管內에 傳熱促進裝置(Heat Transfer Promotor)를 設置하려는 研究가 進行되고 있다.⁷⁾

拙者는 海水로 冷却하는 熱交換器에서 水室은 從來와 같이 防蝕塗料와 防蝕亞鉛板으로 防蝕하고, 水室의 亞鉛板에 의해서 防蝕되지 못하는 海水冷却細管內面에 對해서는 그 內部에 傳熱促進裝置로서 Twisted Tape 를 挿入하여 傳熱效果를 높이는 同時에, 이 Twisted Tape 上에 不溶性陽極을 設置하여 外部電源부터 防蝕電流를 흘리므로써 海水冷却細管內面 全體를 防蝕하려고 한다. 이 海水冷却細管의 防蝕法이-實用化한다면 海水로 冷却하는 熱交換器도 그 冷却管의 耐蝕性材料의 重要性이 없게 되므로 그 熱交換器의 製造費와 補修費가 많이 低減하게 될 것이다.

그러나 이것은 廣範圍의 研究이므로 이 報告書는 第一段階의 研究로서 (1) 海水冷却管內의 要部の 電位를 測定할 수 있는 基準電極의 開發과 (2) 海水冷却細管內에 傳熱促進裝置로서 Twisted Tape 를 設置했을 때와 안했을 때에 水室의 防蝕亞鉛板에 의해서 管端부터의 距離에 따라 細管內面의 電位가 어떻게 變化하는가(?), (3) 水室의 防蝕亞鉛板에 의해서 防蝕되는 海水冷却細管의 長이가 얼마나 되는가(?)를 다루기로 한다.

II. 擬飽和銅-黃酸銅電極의 自作과 그의 特性調査

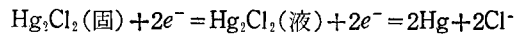
海水로 冷却하는 熱交換器의 冷却管은 管內徑이 15~25mm程度⁸⁾, 管長이 200~300cm程度되는 것이 많다. 이와 같이 細長한 管內面의 電位를 그 管內에 흐르는 流體를 攪亂시키지 않고 測定할 수 있는 裝置는 없다. 또 拙者와 같이 그 細長管의 要所에 작은 구멍을 파서 管內를 흐르는 流體를 攪亂시키지 않게 電極을 取付한다고 하더라도 그 基準電極의 數가 20~30本이 必要하다. 그러므로 多

- 1) 伊藤伍郎, 腐蝕科學と防蝕技術, コロナ社, 1970, p. 356~361
- 2) H.H.Uhlig Corrosion and Corrosion Control, John Wiley, 1965, p. 182~197
- 3) 筧 建彦, 池澤 隆, 復水器の電氣防食效果, 防蝕技術誌, Vol. 16, No. 1, 1967, p. 2~5
- 4) R. B. Nieder Berger, 海水를 使用する 復水器用材料, 日本船用機關學會誌, Vol. 2, No. 2, 1967, p. 96
- 5) 夏村靜夫, 平井陽一, 千葉絃一, 復水器用新耐食材料의 實用化에 關する 研究, 日本船用機關學會誌, Vol. 6, No. 12, 1971, p. 954~964
- 6) 鈴木靜夫, 辰野高司, 冷却水의 障害と處理, コロナ社, 1969, p. 24~27.
- 7) 松下 正, 赤川浩爾, Heat Transfer Promotor付 熱交換器의 最適設計, 日本船用機關學會誌, Vol. 5, No. 11, 1970, p. 836~852
- 8) 中川雅央, 電氣防食法의 實際, 地人書館, 1970, p. 200

少再現성이 떨어지더라도⁹⁾ 實用目的에 맞는다면 가장 손쉽게 多量으로 自作할 수 있는 電極을 選擇하여야 하겠다. 그러므로 飽和 Calomel 電極의 比較電極으로서 飽和銅-黃酸銅電極을 選擇하였다.

1. 飽和銅-黃酸銅電極의 電位

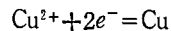
飽和 Calomel 電極은 $Hg | Hg_2Cl_2 | KCl$ (포화) 或은 다음과 같이 表示된다.



그러므로 이 電極은 Cl^- 농도에 따라 電位가 決定되는 第2種電極이며,¹⁰⁾ 그 電極電位는 다음과 같다.¹¹⁾ 但 t 는 水溫(°C)를 表示한다.

$$E = 0.2444 - 0.00057(t - 25^\circ C) \text{ Volt(NHE)} \dots \dots (1)$$

또 飽和銅-黃酸銅電極은 $Cu | CuSO_4 | CuSO_4$ (포화) 或은 다음과 같이 表示된다.



그러므로 이 電極의 電位도 Cu^{2+} 의 농도에 따라 決定되는 第1種電極이며, 그電位는¹²⁾

$$E = 0.316 + 0.0009(t - 25^\circ C) \text{ Volt(NHE)} \dots \dots (2)$$

그러므로 飽和 Calomel 電極電位를 基準으로 한 飽和銅-黃酸銅電極의 電位는 (1), (2)식에서 다음과 같이 表示된다.

$$4E = 0.0716 + 0.00147(t - 25^\circ C) \text{ Volt(SCE)} \dots \dots (3)$$

그리고 鐵鋼의 海水中的 防蝕電位는 $-770mV(SCE)$ ¹³⁾이므로 飽和銅-黃酸銅電極 電位기준의 그 防蝕電位는 大約 $-770 - 71.6 = -841.6 = -850mV(SCuE)$ 가 된다.

2. 擬飽和銅-黃酸銅電極의 自作

自作飽和銅-黃酸銅電極은 사진 1과 그림 1(I)과 같다. 이것은 透明보울펜대를 $7cm$ 길이로 잘라서 끝 a部에 木質纖維로 막고, 짧게 자르고, b部에 PVC패킹을 넣은 다음에 純水(比抵抗 $5 \times 10^6 \Omega cm$, $25^\circ C$)中에 12時間동안 浸漬하여 異物을 溶出하게 하고, c部에 特級黃酸銅($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)片과 그 飽和水溶液을 넣어서*1 다시 6時間 純水中에 浸漬하여 두었다. 그리고 直徑 $2mm$ 의 銅電線($Cu > 99.98\%$)¹⁴⁾을 잘라서 e部의 被覆物을 벗기고, No. 600~1000의 Carborundum Paper로 깨끗이 닦은 후에, 純水로 깨끗히 씻었다. 그 다음에 c部를 다시 純水로 씻어 내고, 이에 다시 特級黃酸銅片과 그 飽和水溶液을 넣어서 銅線의 e部를 挿入해서 組立하여 總數 30個를 製作하였다.

3. 擬飽和銅-黃酸銅電極의 特性

飽和銅-黃酸銅電極을 自作한 후 곧 海水(水溫 $12.3^\circ C$)中에 浸漬하여 30分이 經過된 후에 그 電極電位가 飽和 Calomel電極 電位基準으로 $(48.5 \pm 0.25)mV$ 程度가 되었으며, 이 층의 하나를 사진 2와 같이 恒溫海水2重槽에 넣어서 電極의 浸漬經過時間과 水溫의 變化에 대해서 飽和 Calomel 電極 電位基準으로 自作銅-黃酸銅電極의 電位를 電位差計*2로 測定하여 그림 2와 같은 特性線을 얻었다.

9) 伊藤伍郎, 腐蝕科學と防蝕技術, コロナ社, 1970, p. 54

10) 外島 忍, 基礎電氣化學, 朝倉書店, 1965. p. 125

11), 12) 伊藤伍郎, 腐蝕科學と防蝕技術, コロナ社, 1970, p. 496

13) 瀨尾正雄, 船體の電氣防蝕, 船舶技術協會, 1963, p. 23

14) 日本化學會, 金屬の化學, 大日本圖書出版社, 1960, p. 134등

*1, 冷却管에 Twisted Tape를 挿入하지 않은 試驗에는 黃酸銅片과 그 飽和水溶液을 넣지 않았음.

(그림 3의 曲線 I 參照)

*2, 島津製, PD-83形이며, $0.05mV$ 까지 可讀

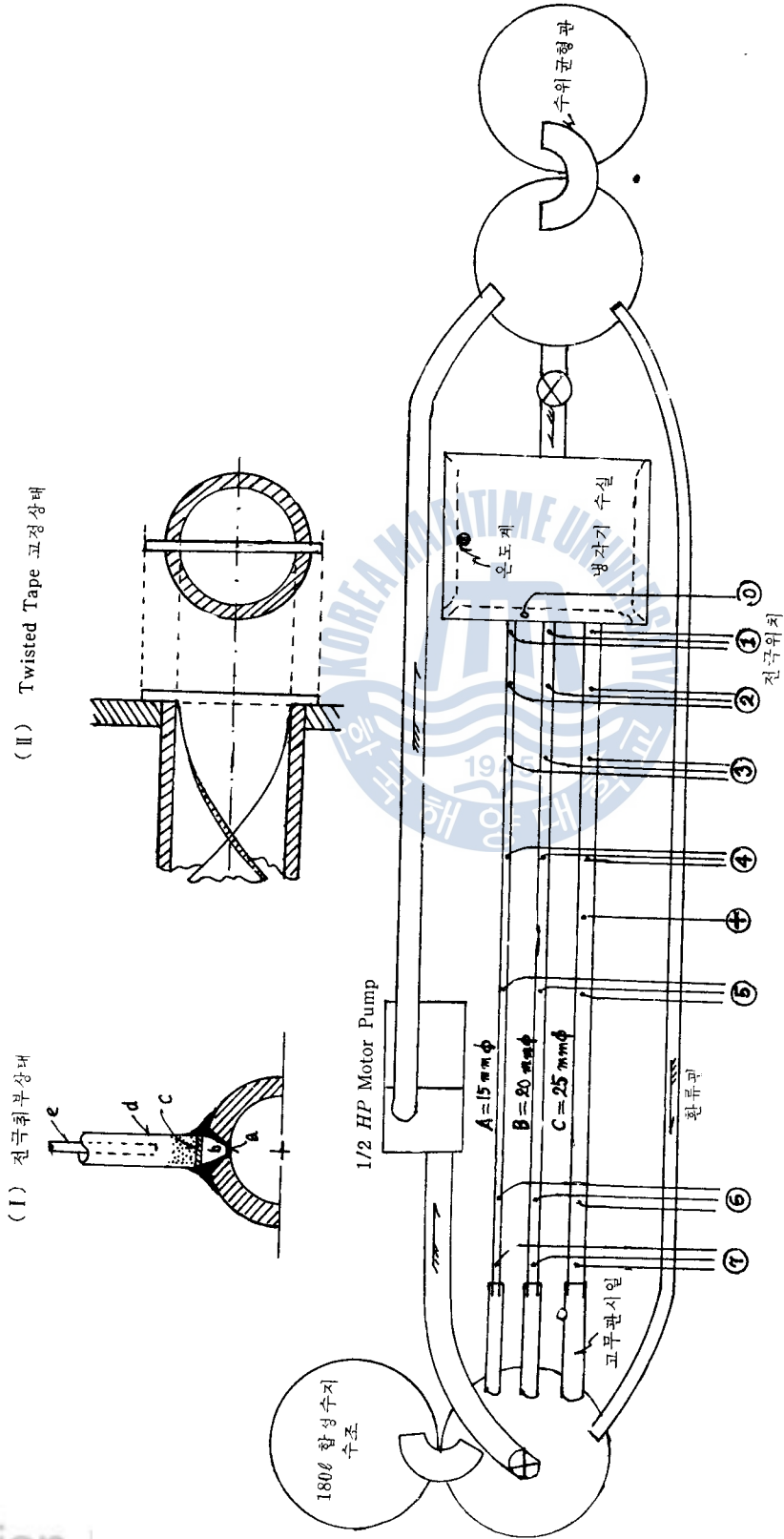


그림 1 해수냉각판내면의 진극위척장치 설명도

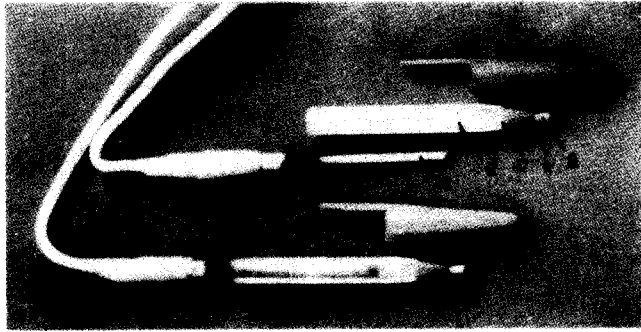


사진 1 의포화동-황산동전극(자작)

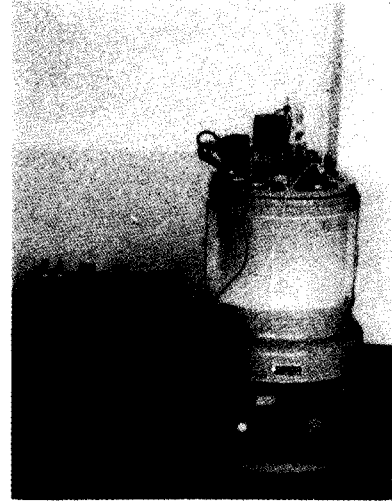


사진 2 동-황산동전극의 특성조사장치

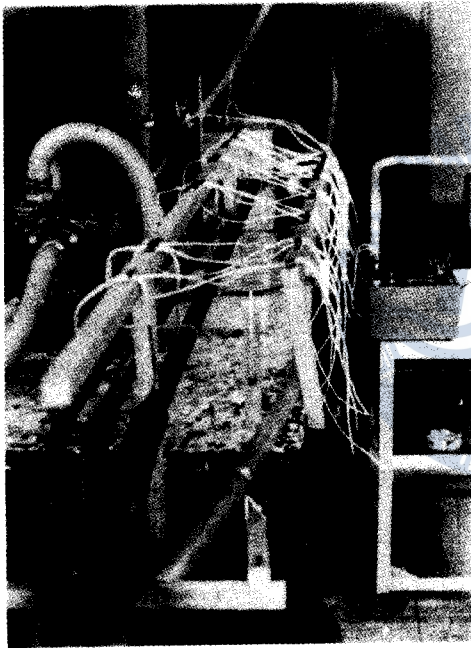


사진 3 해수냉각관내면 전위측정장치

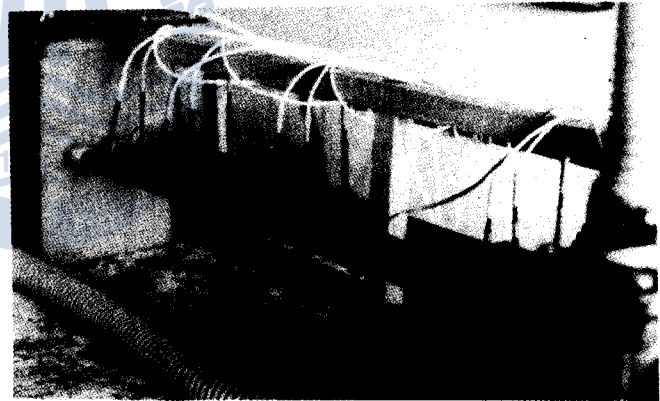


사진 4 해수냉각관의 동-황산동전극 취부상태

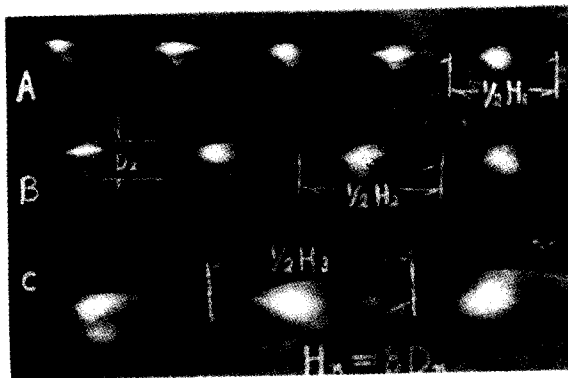


사진 5 Twisted Tape의 H/D



사진 6 수실내의 Twisted Tape의 고정단

그림 2의 곡선 A는 自作飽和銅-黃酸銅電極을 組立하여 곧 浸漬한 후부터 40時間이 經過할 때까지의 이 電極의 電位를 飽和Calomel電極 電位基準으로 測定해서 얻은 것이며, 첫 4時間을 除外하고는 水溫이 $(13.2 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 이다. 이 特性曲線에 의하면 浸漬後 約10時間이 經過하면 이 電極電位가 거의 一定化하며, 10~40時間동안에 불과 0.1mV程度밖에 變하지 않았다.

또 그림2의 特性線 B는 電極을 組立해서부터 23~33時間동안 水溫을 19~31°C로 變化시켜가며, 水溫에 대해서 自作飽和銅-黃酸銅電極의 電位를 飽和Calomel電極 電位基準으로 測定해서 얻은 것이며, 水溫上昇은 未知의 溫度Hysteresis¹⁵⁾를 參酌하여 서서히 加熱하였다. 이 結果에 의하면 水溫變化에 대해서 이 電極電位는 飽和Calomel電極 電位基準으로 測定해서 다음式으로 表示된다.

$$\Delta E = 57.20 + 0.125(t - 25) \text{ mV(SCE)} \dots\dots (4)$$

그리고 40時間 浸漬후의 이 電極은 溶液에 浸漬된 銅線先端部에 黑色의 CuCl이 析出되었고, 外的 銅線部가 薄暗赤色이 되었다.

이 自作電極은 그림 2의 曲線 A로 보아서 거의 平衡되었다고 思料되나, (3)式과 (4)式을 比較하면 큰 差異가 있고, 銅線에 CuCl이 析出되므로 이것은 單純한 銅의 第1種電極이 아니라, 海水부터 浸透되어온 Cl⁻에 의한 Cu-CuCl의 第2種電極의 影響이 있다. 그러므로 이것을 擬飽和銅-黃酸銅電極이라고 하여야 하겠다. 그러나 이 電極도 組立후부터 10~40時間(40時間以後의 特性未詳)內라면 充分히 工業用으로 쓰일 수 있는 電極이라고 하겠다.

Ⅲ. 海水冷却細管内面의 電位

1. 模擬海水冷却器系統과 細管内面電位の 測定裝置

그림 1과 사진 3은 模擬海水冷却器系統과 그 冷却細管内面의 電位를 測定하는 裝置이다.

海水冷却管으로는 가장 低廉價인 SGP黑管(炭素含量≒0.05%)을 擇해서, 길이 200cm, 公稱內徑이 15mm(A), 20mm(B), 25mm(C)의 3種을 使用하였다. 그리고 이 冷却管을 Wire Brush로 掃除하고, Benzene으로 3分間 脫脂하고, 15% HCl(13°C)水溶液으로 3分間 酸洗한 다음에 5% NaOH水溶液으로 中和하고, 5分間 水洗하였다.

傳熱促進裝置로는 두께 0.5mm, 폭 $(D-1.0)\text{mm}$ (但 D는 管徑), 길이 180cm되는 軟鋼帶를 綿고 무Tape로 絶緣피복해서 사진 5와 같이 絞치-內徑比 $H/D \approx 8$ 되게 Twisted Tape로 꼬아서 사진 6과 같이 插入하였으며, 表 1은 이 Tape의 明細이다.

表 1 Twisted Tape의 明細

冷却管名稱	公稱內徑	實內徑	Tape너비	Tape길이	H/D	Tape延率 中央部對端部	Tape先端 固定部두께	Tape插入時 De*
	mm	mm	mm	cm		%	mm	mm
A	15	16	15.0	180	8.04	5.23	2.0	8.6
B	20	22	21.0	180	7.86	5.21	2.0	11.2
C	25	28	27.0	180	7.75	5.20	2.0	16.0

$$* De = 2[\pi D^2/4 - 2D]/[(\pi D - 4)/2 + D]$$

15) 電氣化學便覽(新版), 岩波書店, 1964, p. 277

松下, 赤川 등에 의하면¹⁶⁾ Twisted Tape 를 傳熱促進裝置로 採用하면 이것을 採用하지 않았을 때 보다 에너지效率이 約12% 增加시킬 수 있다고 하며, 平嶋, 溝內 등에 의하면¹⁶⁾ Twisted Tape 의 Pitch-內徑比 H/D 와 管長에 대한 Twisted Tape 의 길이비 L_p/L 에 대해서 傳熱促進裝置의 有効性判定因子 i 는 다음式으로 表示된다.

$$i = 4.77(L_p/L)^{0.032} (H/D)^{-0.045} > 1 \dots \dots (5)$$

(5)式에서 i 에 미치는 L_p/L 의 영향은 H/D 의 영향보다 적으며, L_p/L 가 一定할 때 H/D 의 減少에 대해서 i 의 增加도 아주 적다. 工作上 $H/D=3$ 까지는 可能하다고 하나,¹⁷⁾ 拙者는 Twisted Tape 에 綿고무Tape 를 입혔으므로 可能한 대로 $H/D=8$ 를 採用하였으며, L_p/L 도 可能한 대로 管長 200cm 에 대해서 Twisted Tape 길이 180cm를 採用하였다.

水室에는 HB-6型和 HB-1型的 各2枚의 防蝕亞鉛板(有効面積 1400cm²)을 붙였으므로 最小限 400 mA의 電流를 發生하며,¹⁸⁾ 裸鋼面의 所要防蝕電流密度를 300mA/m²¹⁹⁾라 하더라도 1.3m²를 防蝕할 수 있도록 充分한 面積의 亞鉛板을 붙였다.

海水冷却管에는 그림 4와 5로 表示된 位置에 孔徑 1.5mm의 작은 구멍을 파서 管內를 흐르는 流體를 攪亂시키지 않고 管內面의 電位를 測定할 수 있도록 自作電極을 Cemendine으로 固着시켰다.

이 海水冷却器系統에 循環시킨 海水는 影島東南端(海洋大學 海岸)의 表面清明海水(非汚染海水)이다. 海水質은 季節(특히 乾雨期)과 時經에 따라서 變化한다.^{20) 21)} 이 試驗에 使用한 水質은 表 2와 같다

表2 海水質

측정 항목	수온 ℃	pH	전경도 ppm CaCO ₃	Ca경도	M알카리도 ppm CaCO ₃	염소이온 ppm Cl	용존산소 ppm O ₂ (cc/l)	비고
시험 전	11.5	7.6	6,180	940	120	18,920	8.16 (5.71)	
시험 후	11.5	7.7	6,910	980	125	20,690	7.91 (5.54)	

表 3 海水流速(m/sec)

Twisted Tape 挿入有無	A (15mm)	B (20mm)	C (25mm)
無	0.68	0.74	1.02
有	0.83	1.20	0.80

循環海水의 水溫²²⁾은 循環初의 2時間을 除外하고는 (26±2)°C이고, 그 流速은^{23) 24)} 表 3과 같이 1m/sec 內外로 되었다. 특히 Twisted Tape 挿入時 管C의 流速이 낮은 것은 海水流入이 困難하였기 때문이라 생각된다.

16) 松下 正, 赤川浩爾, Heat Transfer Promotor付 熱交換器의 最適設計, 日本船舶機關學會誌

Vol. 5, No. 11, p. 841~846, 1970, 17) 前掲書 p. 842.

18) 瀬尾正雄, 船舶의 電氣防食, 日本船舶技術協會, 1961, p. 36

19) 中川雅央, 電氣防蝕法の 實際, 地人書館, 1970, p. 203

20) 工業用水便覽, 産業圖書版, 1958, p. 130~142

21) 鈴木靜夫, 辰野高司, 冷却水の 障害と處理, コロナ社, 1968, p. 24~27

22) 堀田秀夫, 冷却水入口溫度의 復水器眞空に及ぼす影響, 日本船舶機關學會誌, 1967, Vol. 4, No. 1, p. 36

23) 山本洋一, 金屬의 腐蝕及防蝕, 共立出版社, 1943, p. 416

24) R. B. Nieder Berger, 海水를 使用する 海水器材料, 日本船舶機關學會誌, 1967, Vol. 2, No. 2, p. 96

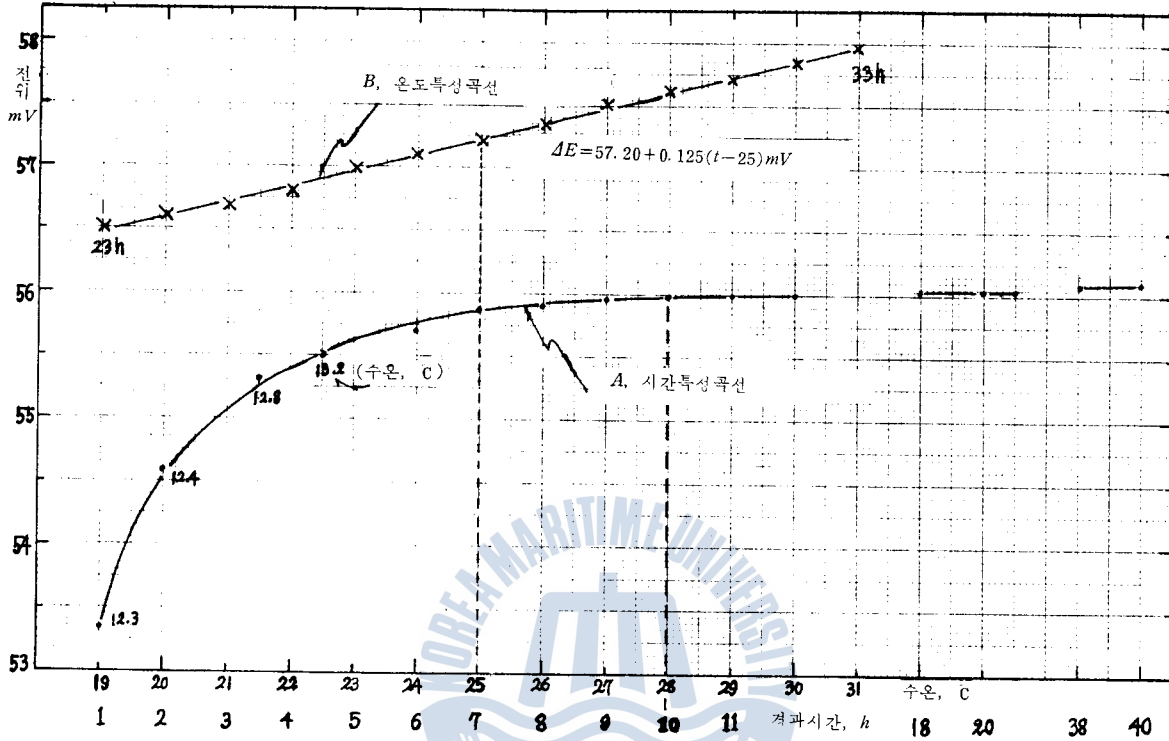


그림 2 의 포화동-황산동전극의 특성곡선 (SCE기준)

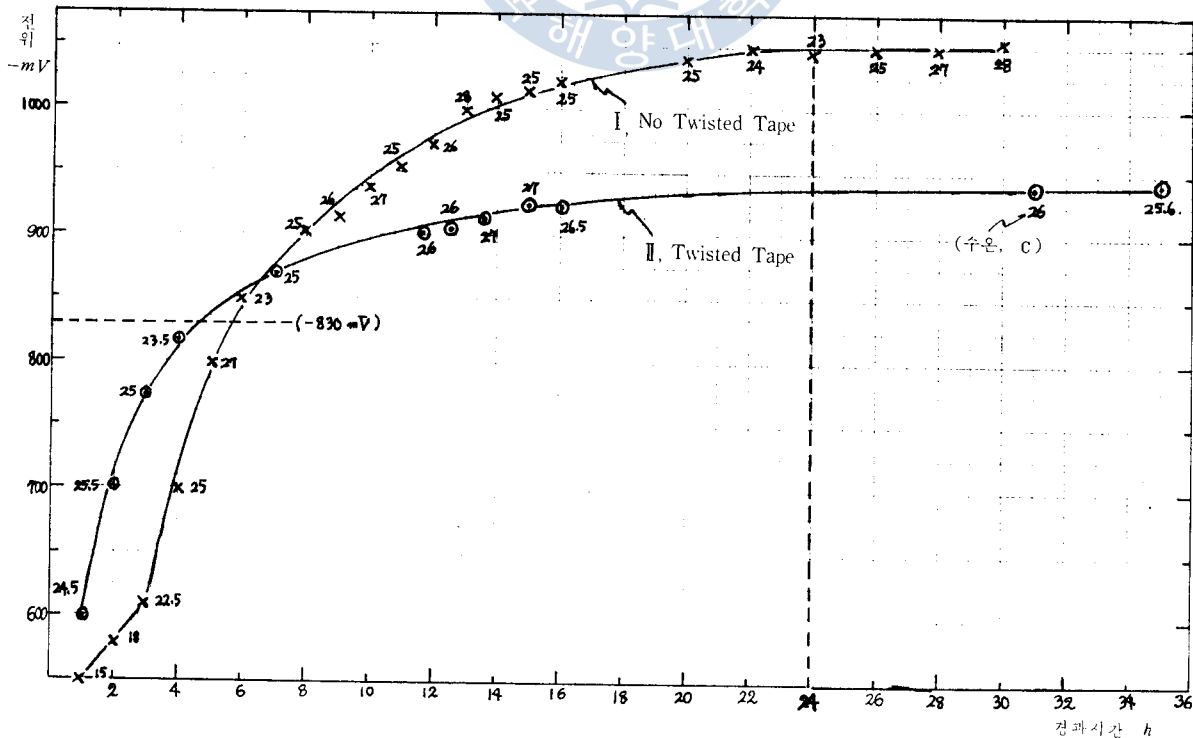
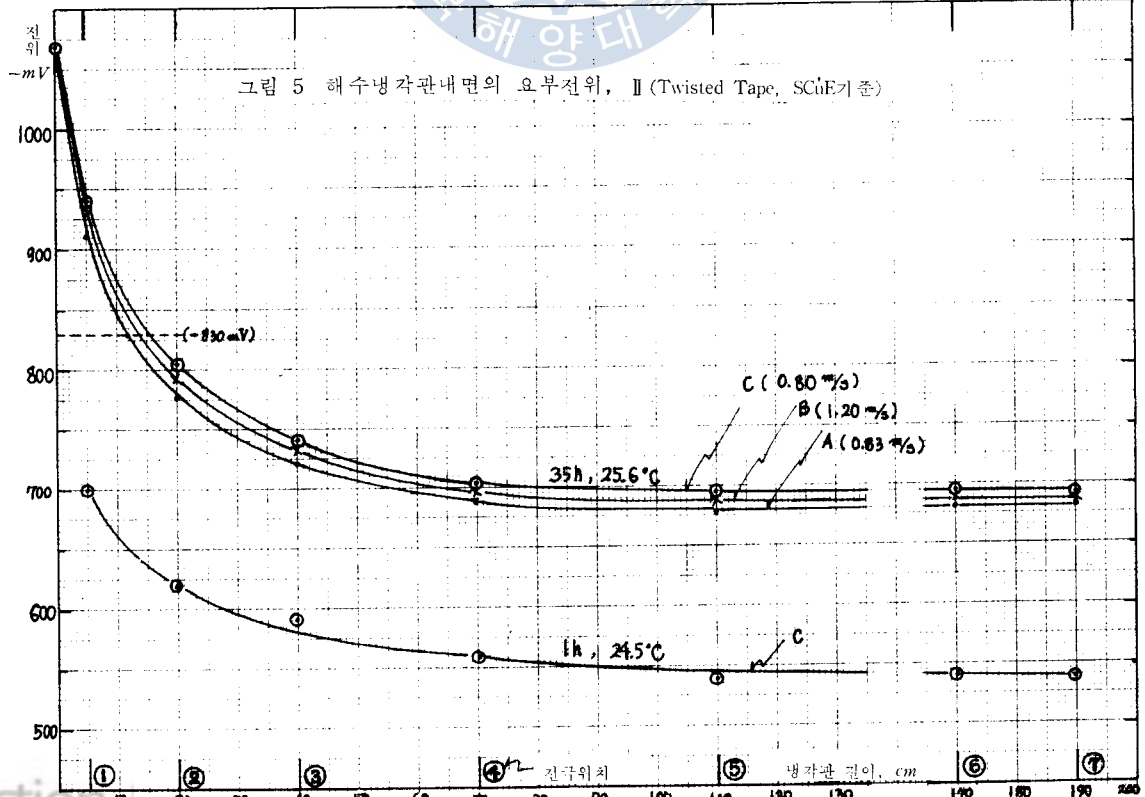
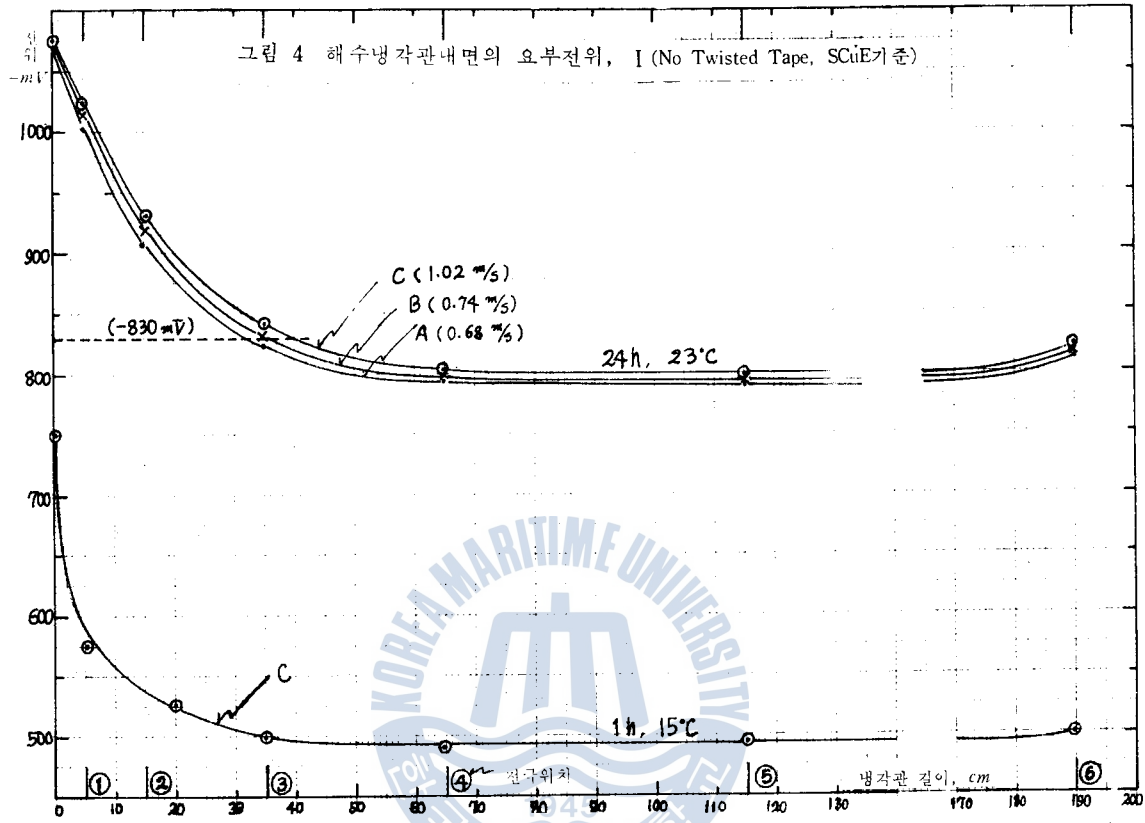


그림 3 시간에 대한 해수냉각관내면 ㉠㉡위치의 전위변화 (SCuE기준)



2. 海水冷却管内面의 電位와 防蝕電流 到達距離

海水冷却管内面에 Twisted Tape를 挿入한 境遇와 挿入하지 않은 境遇에 管C의 위치①의 電位를 海水를 循環시킨 經過時間에 對해서 (電極組立後 約 1時間後부터 海水循環) 擬飽和銅-黃酸銅電極 電位基準(SCu'E)으로 測定한 값이 그림 3의 曲線 I*, II로 表示된다. 이들 曲線에 의하면 Twisted Tape를 冷却管에 挿入한 境遇와 挿入하지 않은 境遇를 莫論하고, 海水循環을 開始한 후부터 24時間內外에 冷却管内面의 電位가 거의 一定化되나, 前者는 $-1050mV(SCu'E)$, 後者는 $-940mV(SCu'E)$ 로 一定化되고 있다. 그러나 電位가 一定化하는 時間은 管内面과 流速에 따라 相當히 큰 差가 있을 것이 豫想된다.²⁵⁾

또 그림 4는 海水冷却管内에 Twisted Tape를 挿入하지 않은 境遇에 있어서, 海水를 循環시키기 始作하고부터 1時間과 24時間이 經過한 후에 海水冷却管 内面의 各部의 電位를 測定한 것이고, 그림 5는 海水冷却管内에 Twisted Tape를 挿入하고 海水를 循環시켜 1時間과 35時間이 經過했을 때의 海水冷却管内面의 各部電位를 測定한 것이다. 그리고 海水中の 鐵鋼의 防蝕電位는 飽和Calomel電極 電位基準으로 $-770mV$ 이므로 擬飽和銅-黃酸銅電極의 電位基準으로 鐵鋼의 防蝕電位는 $-770-57.25=-827.25$ 는 $-830mV$ 가 된다. 그러므로 Twisted Tape를 海水冷却管内에 挿入하지 않은 境遇에 海水冷却管内에 防蝕電流가 到達하는 距離는 管先端에서부터 A管이 $32cm$, B管이 $35cm$, C管이 $40cm$ 이다, Twisted Tape를 海水冷却管内에 挿入한 경우는 A管이 $12cm$, B管이 $14cm$, C管이 $16cm$ 밖에 防蝕電流가 到達하지 않는다. 防蝕電流 到達距離에 對해서 Twisted Tape를 挿入한 境遇와 挿入하지 않은 境遇를 比較한다면 Dce(管C에 Twisted Tape를 挿入했을 때의 相當內徑)는 D_A 와 對等한 管徑이나 防蝕電流가 到達하는 距離는 反比例에 안된다. 이것은 Twisted Tape를 挿入한 後의 管C의 海水流出速度로 보나, 사진 6과 그림 1의 (II)에서 Twisted Tape의 先端固定部가 鈍하고, 突出됨을 보아서 海水의 流入抵抗이 甚히 增加되었기 때문이 아닌가 생각된다, 그러므로 이 點에 關해서는 次期에 減少시키도록 하겠다.

그리고 冷却管의 末端은 防蝕亞鉛板의 影響을 가장 적게 받는 部分인데도 불구하고, 그림 4와 같이 이 部分이 中央部보다 電位가 낮은 것은 冷却管의 末端부터 海水를 空氣中에 放流하였으므로 空氣의 影響이 아닌가 생각되었다. 그러므로 Twisted Tape를 挿入한 境遇는 冷却管의 末端을 內徑이 큰 高부管으로 Sealing하여 大氣의 影響을 除去하였다. 그렇게 하였더니 그림 5와 같이 冷却管의 末端의 電位가 正常的으로 되었다.

IV. 結 論

以上の 研究에서 다음과 같이 結論을 내릴 수가 있다.

1. 自作한 擬飽和銅-黃酸銅電極은 組立후 浸漬하여 約 10時間이 經過하면 그 電極電位가 거의 一定化하므로 實用目的에 使用할 수 있으며, 그 電位는 飽和Calomel電極 電位基準으로 다음과 같이 되었다.

$$4E = 57.20 + 0.125(t - 25) \text{ mV(SCE)}$$

2. 海水冷却管内面의 電位는 冷却管에 小孔을 파서 擬飽和銅-黃酸銅電極을 取付하여 測定할 수 있으며, 冷却管内面電位는 Twisted Tape를 그 管内에 挿入함에 關係없이 海水循環을 開始한 후부터 24時間內外가 經過하면 一定化되었다.

3. 海水冷却管内에 Twisted Tape를 挿入하지 않은 境遇에 水室의 防蝕亞鉛板에 의해서 防蝕電流가 到達할 수 있는 冷却管의 長이는 그 管端부터 實內經 $16mm$ 管에 $32cm$, $22mm$ 管에 $35cm$, $28mm$

*曲線 I의 첫 3時間의 電位는 電極의 a部에 黃酸銅이 浸透하는 時間이라 사료됨

25) 中川雅央, 電氣防食의 實際, 地人書館, 1970. p.240

管에 40cm였다.

4. 海水冷却管에 Twisted Tape를 挿入했을 境遇에 防蝕電流가 到達할 수 있는 冷却管의 길이는 이 Tape의 固定으로 海水流入抵抗이 甚히 增加하였을 때는 이 相當內徑에 對等한 無Tape 冷却管의 境遇의 1/2밖에 안되었다.

끝으로 이 研究에 費用을 주신 文敎部當局과 이 研究를 積極的으로 격려해 주시고 도와 주신 여러분들에게 심심한 謝意를 表示한다.

