

한국부식학회지
Journal of the Corrosion Science Society of Korea
Vol. 10, No. 3, Sept. 1981

〈研究論文〉

配管防蝕用 流電陽極의 接地電池 特性에 관한 研究

田大熙* · 吳世奎** · 林祐助***

*한국해양대학 기관학과

**부산수산대학 박용기계공학과

***부산공업전문대학 기계과

The Grounding Cell Characteristics of Galvanic Anodes for Corrosion Protection of Pipings.

D. H. Jeon*, S. K. Oh**, U. J. Lim***

*Dep't of Marine Eng., Korea Merchant Marine College

**Dep't of Marine Mech. Eng., Fisheries University of Busan

***Dep't of Mech. Eng., Busan Technical Jr. College

Abstract

This paper used for designing the grounding cell has reached the following conclusion as the results of an experimental study on the grounding cell characteristics of galvanic anodes for corrosion protection of pipings. The galvanic anode have three kinds such as zinc alloy anode, aluminium alloy anode and magnesium alloy anode, which are widely used on cathodic protection for all metals structures in water or under ground, and Silicon diodes are used on the insulation joint protective device:

1) In order to drain a certain electric current from a certain impressed voltage, the active area of anode should be increased but the space between anodes should be lessened as possible in the case of the environmental condition of high specific resistance.

2) Among these three kinds of galvanic anodes, when the specific resistance of the environment was below 750 Ω .cm, zinc alloy anode was best, and when above 750 Ω . cm, magnesium alloy anode used for grounding cell characteristics was the best, but aluminium alloy anode in all the environments reduced grounding cell characteristics to the lower grade than those of zinc alloy anode.

3) The impressed voltage at which drainage current density begins rapidly increasing becomes lowered in all anodes according as the specific resistance of the environment increases.

4) The approximate relations of drainage current density and impressed voltage on the grounding cells of galvanic anodes are as follows:

$$E_{Zn} = \log (5.2475/\rho^{0.0672}) + 64 \times 10^{-7} (10L)^{0.5112} \cdot \rho^{0.9006} \cdot i$$

$$E_{Al} = \log (4.8889/\rho^{0.0437}) + 66 \times 10^{-7} (10L)^{0.5487} \cdot \rho^{0.9235} \cdot i$$

$$E_{Mg} = \log (4.152/\rho^{0.1234}) + 1514 \times 10^{-7} (10L)^{0.0681} \cdot \rho^{0.6019} \cdot i$$

5) Impressed voltage which have the rapid increase rate of the drainage current of the insulation joint protective device of silicon diode was higher than that of the grounding cell of galvanic anodes, but the constant impressed voltage in

the case of the former was higher than in the case of the latter.

記號說明 (Nomenclature)

- E*: 印加電壓(impressed voltage) V
- E_{Zn}, E_{Al}, E_{Mg} : Zn, Al 및 Mg 의 各合金陽極의 印加電壓(*E* of Zn, Al and Mg each alloy anode) V
- E_c*: 排流電流密度가 急激히 增加되기 始作하는 印加電壓(impressed voltage as drainage current density begins rapidly increasing) V
- I*: 全 排流電流(total drainage current) A
- i*: 排流電流密度(drainage current density) mA/dm²
- L*: 流電陽極의 間隔(space between galvanic anodes) cm
- A*: 流電陽極 個當의 作用(露出)面積(active area per each galvanic anode) dm²
- ρ : 環境의 比抵抗(Specific resistance of environment) Ω cm
- RI*: 流體部 抵抗(resistance of liquid) Ω
- Rs*: 陽極表面의 分極抵抗(Polarization resistance of anode surface) Ω
- b, c, d, f, g, h, m, n, p, q* 및 *r*: 陽極의 種類와 間隔 및 環境의 比抵抗에 따라 定해지는 常數(constant determined according to specific resistance of the kinds of anodes, the spaces or the environmental conditions)

1. 序 論

大電力의 架空電線에 接近해서 埋設된 配管이나 電氣防蝕되고 있는 配管과 非電氣防蝕 配管間 등의 埋設管 폴렌지의 絕緣結合部에 電害나 또는 電力事故로 高電壓이 波及되면 그 絕緣結合部가 破損되어 流體나 가스가 流出하게 되고 感電災害, 管의 外面被覆의 破損 및 電氣스라이크의 發生 등이 일어나기 쉬우며^{2~4}, 接地電池는 이러한 被害를 豫防하는 安全裝置이다. 또 接地電池는 電氣防蝕裝置나 電鐵 등에서 大地中에 漏入하는 迷走電流가 있을 때 그 絕緣結合部의 兩側 管對地電位에 현저한 差가 생겨서 jumping 作用으로 電蝕被害가 일어나는 것도 豫防하여 주므로^{5~9} 接地電池 設計의 重要性이 高潮되고 있다.

近年부터 各種 埋設金屬構造物이나 防蝕管系와 非防蝕管系에 대하여 異常電流나 雷에 의한 危險을 輕減하기 위해서 이러한 安全裝置에 관한 研究가 發表되고 있다.

C. G. Siegfried³는 一組의 亞鉛陽極의 接地電池를 利用하였으며 國內에서는 田¹⁰이 迷走電流에 대한 防蝕

에 관해서 研究한 바가 있다. 또 이 安全裝置에 Silicon diode 를 使用할 때는 施設이 簡單해지나 別途의 防蝕手段을 講究하여야 하고 價格과 容量面에도 問題가 있다. 그러나 亞鉛陽極을 接地電池로 利用할 때는 이 陽極이 安全裝置와 陰極防蝕裝置의 兩用으로 쓰일 수가 있고 經濟的인 面에서도 값싸게 大容量으로 만들 수 있는 利點이 있다.

陰極防蝕用으로 많이 利用되는 流電陽極에는 亞鉛陽極 以外에 Al 合金陽極과 Mg 合金陽極도 있으나^{10~18}, 이들이 接地電池로서 利用되었다는 報告는 없고, 또한 亞鉛陽極의 接地電池에 대해서도 定量的인 研究는 찾아 볼 수 없었다.

本 研究에서는 金屬構造物의 陰極防蝕用으로서 많이 使用되고 있는 Al 合金 및 Mg 合金의 流電陽極을 接地電池에 利用할 때 이들 流電陽極들이 亞鉛陽極에 比해서 어떠한 設計特性을 나타내는가를 定量的으로 調査하였고, 이 結果에서 이들 合金陽極들을 接地電池로 使用할 때 陽極의 크기와 間隔을 어떻게 定할 것인가 등을 實驗의으로 考察하는 한편 Silicon diode 絕緣結合의 保護裝置特性을 調査해서 前者와 比較 檢討하였다. 또 各 條件下의 實測值에 의해서 印加電壓과 그에 의한 排流電流密度의 相互關係 實驗式을 求함으로써 어떤 環境條件下에서도 接地電池 設計特性을 定量的으로 解析할 수 있도록 하였다.

따라서 本 研究 結果는 水中이나 地下의 鐵鋼配管을 流電陽極으로 防蝕하고 아울러 이것을 接地電池로 利用하려 할 때 環境成分에 따라 어떤 流電陽極을 選擇해야 하고 接地電池는 어떻게 設計하여야 할 것인가를 決定하는데 必要的 基礎資料로서 기어갈 것으로 기대 된다.

2. 實驗裝置 및 方法

2. 1. 實驗裝置

2. 1. 1 流電陽極의 接地電池 特性의 實驗裝置

流電陽極을 利用한 接地電池 特性의 調査에는 Fig. 1 의 實驗裝置를 使用하였고, Fig. 2 는 그 概略圖이다.

(1) 試驗水槽(直徑 50cm, 높이 65cm); 試驗水槽는 絕緣體인 plastic tank 를 使用하였으며, (4)項의 試驗液을 水深이 40cm 되게 0.3m³를 注入하였다.

(2) 流電陽極 試驗片; 試驗片은 Fig. 3 과 같이 直徑 2.2cm, 길이 9cm 의 圓柱를 가로가 1.8cm 되게 平削加工하고, 磨布 1000 番까지로 研磨한 후, 아세톤으로 脫脂하고, 露出(有效作用)面積이 7.11cm² 만 되게 남기고



Fig. 1. Appearance of experimental apparatus.

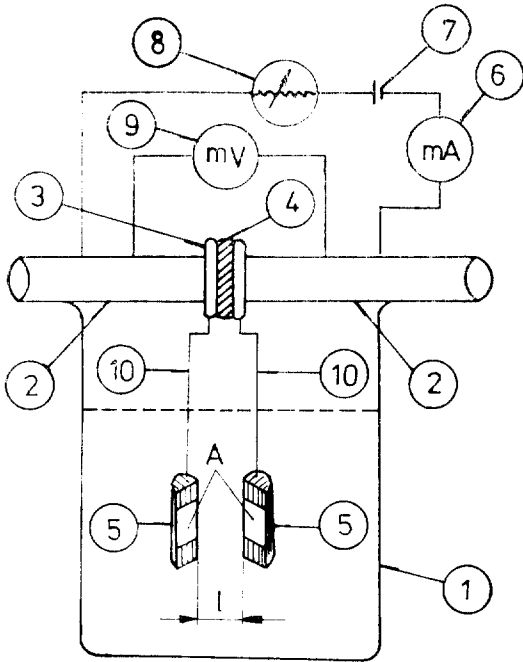


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus for the galvanic anode grounding cell characteristics examination.

- ① plastic water tank ② pipe line ③ flange ④ rubber packing ⑤ anode test piece ⑥ ampere meter ⑦ electric power source ⑧ rheostats ⑨ volt meter ⑩ lead line

나머지 부분과導線은 에폭시樹脂로 被覆하여 絶緣시

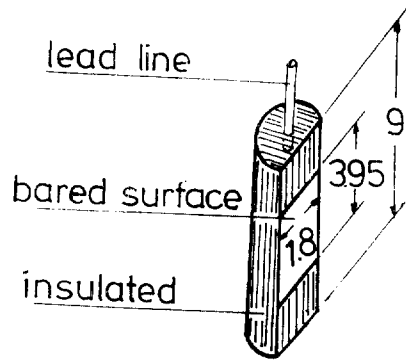


Fig. 3. Galvanic anode test piece (cm)

켰다.

(3) 試驗片의 成分: 試驗에 使用한 流電陽極의 化學成分은 Table 1 과 같다.

(4) 試驗液; 試驗 環境은 水道水에 淸明한 天然海水를 少量씩 混合해서 그 比抵抗이 30,500,1000,2000 및 4000 Ω·cm 로 되게 變化시켜서 固定하였으며, 實驗中의 水溫은 約 14-16°C 로 維持하였다.

(5) 被防護 配管; 外徑 7.62cm (3"), 길이 60cm 인 2 個의 配管用 炭素鋼管(管規格 KSD 3507-SGP)에 4 個의 구멍이 있는 플랜지를 熔接하였으며, 이 플랜지 사이에 두께 3mm의 고무 패킹을 넣고 絶緣시킨 볼트와 너트로 서로 끼어서 兩管의 接合이 絶緣되게 하였다.

(6) 測定機器; (a) DC milli-volt meter, Yokogawa 1W 2051

(b) DC milli-ampere meter, Yokogawa 1W 2051

(c) Slide rheostats, Yamabish C-1

(d) Conduct meter, TOACM-3M

(e) DC power source, Kikusui, 7025

2. 1. 2 Silicon diode 絶緣結合의 保護裝置 設計特性的 實驗裝置

Silicon diode 絶緣結合의 保護裝置 特性을 調査하기 위한 實驗裝置의 概略圖는 Fig. 4 와 같다.

이 實驗에 使用한 Silicon diode의 物理的 性質은 Table 2 와 같다.

Table 1. Chemical compositions of anode test piece (Wt.%)

Materials of anodes	Al	Cd	Fe	Zn	Sn	In	Mn	Mg
Zinc alloy	0.6	0.1	0.01	balance	—	—	—	—
Aluminium alloy	balance	—	—	3.0	0.03	0.02	—	—
Magnesium alloy	6.0	—	—	3.0	—	—	0.01	balance

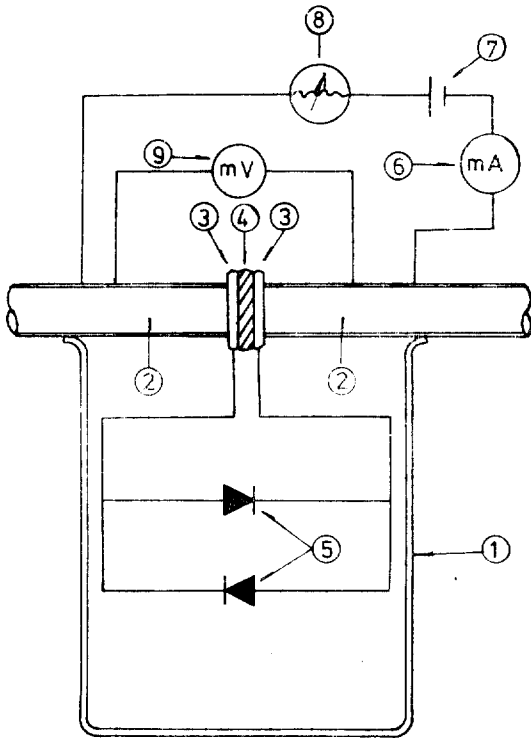


Fig. 4. Schematic diagram of experimental apparatus for the characteristics examination of silicon diode insulation-joint protective device.

- ①Plastic tank ②pipe line ③flange ④rubber packing
- ⑤silicon diode ⑥ampere meter ⑦electric power source
- ⑧rheostats ⑨volt meter

Table 2. Physical properties of silicon diode for the experiment.

Type No.	PIV (V)	Max, AVG FWD DC current (A)	Max.temp. (°C)
IN 4004	400	1	80
MR 504	400	3	80
R250-17	600	6	80

2-2 流電陽極의 接地電池 特性의 測定理論

比抵抗이 ρ 인 環境에 露出面積이 각각 A 인 두개의 流電陽極을 平行하게 間隔 L 의 距離로 設置하고, 그 사이에 電壓 E 의 電位差를 形成시키면 二個의 陽極間에는 Ohm의 法則에 의해서 다음 式이 成立한다.

$$\frac{E}{I} = \frac{1000E}{iA} = RI + R_s = \frac{L\rho}{100A} + R_s \dots\dots\dots(1)$$

$$E = (10^{-5}L\rho + 10^{-3}AR_s) i \dots\dots\dots(2)$$

$$i = 1000E / (0.01L\rho + AR_s) \dots\dots\dots(3)$$

$$R_s = \frac{1000E}{iA} - \frac{L\rho}{100A} \dots\dots\dots(4)$$

式(3)에 의하면 理論的으로 各 印加電壓에 對한 排流電流密度 i 를 計算할 수 있겠으나 實際는 陽極의 表面抵抗 R_s 는 式(4)와 같이 E, i, A, L 및 ρ 의 다섯個 變數를 가진 複雜한 函數이며, E 와 i 의 關係를 알기 前에는 이것의 計算은 거의 不可能하다.

그러므로 E 와 i 의 關係를 實驗的으로 求해서 流電陽極에 의한 接地電池의 特性을 調査하고, 이 測定에 의해서 最小自乘法으로 實驗式을 求하였다.

2. 3 實驗方法

2. 3. 1 流電陽極의 接地電池 特性의 調査

Zn, Al 및 Mg의 各 合金陽極의 露出面積 A 를 7.11 cm^2 의 一定側로 되게 試驗片을 만들고, Fig. 2와 같이 2個의 陽極을 導線으로 서로 絕緣狀態로 結合시킨 兩側管의 플랜지 端子에 接續시켰으며, 그 兩側管에 電壓計를 並列로 配線하였다. 그 다음에 2個의 陽極의 間隔 L 을 各各 0.3, 0.6 및 0.9cm로 變化시키는 한편 Plastic tank 內의 試驗液의 比抵抗 ρ 를 各各 30, 500, 1000, 200 및 4000 $\Omega \cdot cm$ 로 調節하였다. 그리고 各 境遇의 試驗에서 24시간 試驗片을 安定시켰고 外部電流를 配管 兩端에 通電시켜서 電壓이 安定되게 10分間기 다룬 後에 可變抵抗器로 抵抗을 調節해서 印加電壓을 OV에서 0.1V씩 漸進적으로 1.0V까지 增加시켜가며 各 印加電壓에 對한 排流電流를 實測하였다.

2. 3. 2 Silicon diode 絕緣結合의 保護裝置 設計 特性의 調査

Fig. 4와 같은 配管에서 Table. 2와 같은 1, 3 및 6 A 容量의 Silicon diode를 따라가 분어서 可變抵抗器로 抵抗을 調節하여 印加電壓에 對한 排流電流의 關係를 求하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3. 1 一定 環境에서 接地電池의 性能에 미치는 陽極 間隔變化의 影響

Fig. 5 (A)는 比抵抗이 30 $\Omega \cdot cm$ 의 環境에서 亞鉛合金陽極間의 間隔을 0.3 0.6 및 0.9cm로 變更하였을 때의 印加電壓과 排流電流密度間의 關係이고, Fig. 5(B)는 Al 合金陽極, Fig. 5(C)는 Mg 合金陽極에서 同一條件으로 試驗한 結果를 表示한 것이다.

이들에 의하면 3種의 어느 合金陽極에서나 陽極間의 間隔을 增加시킬수록 一定 印加電壓에 對해서 排流하는 電流密度가 減少됨을 알 수 있고, 이것은 陽極間의 抵抗이 增加하기 때문에 생기는 當然한 結果라 생각

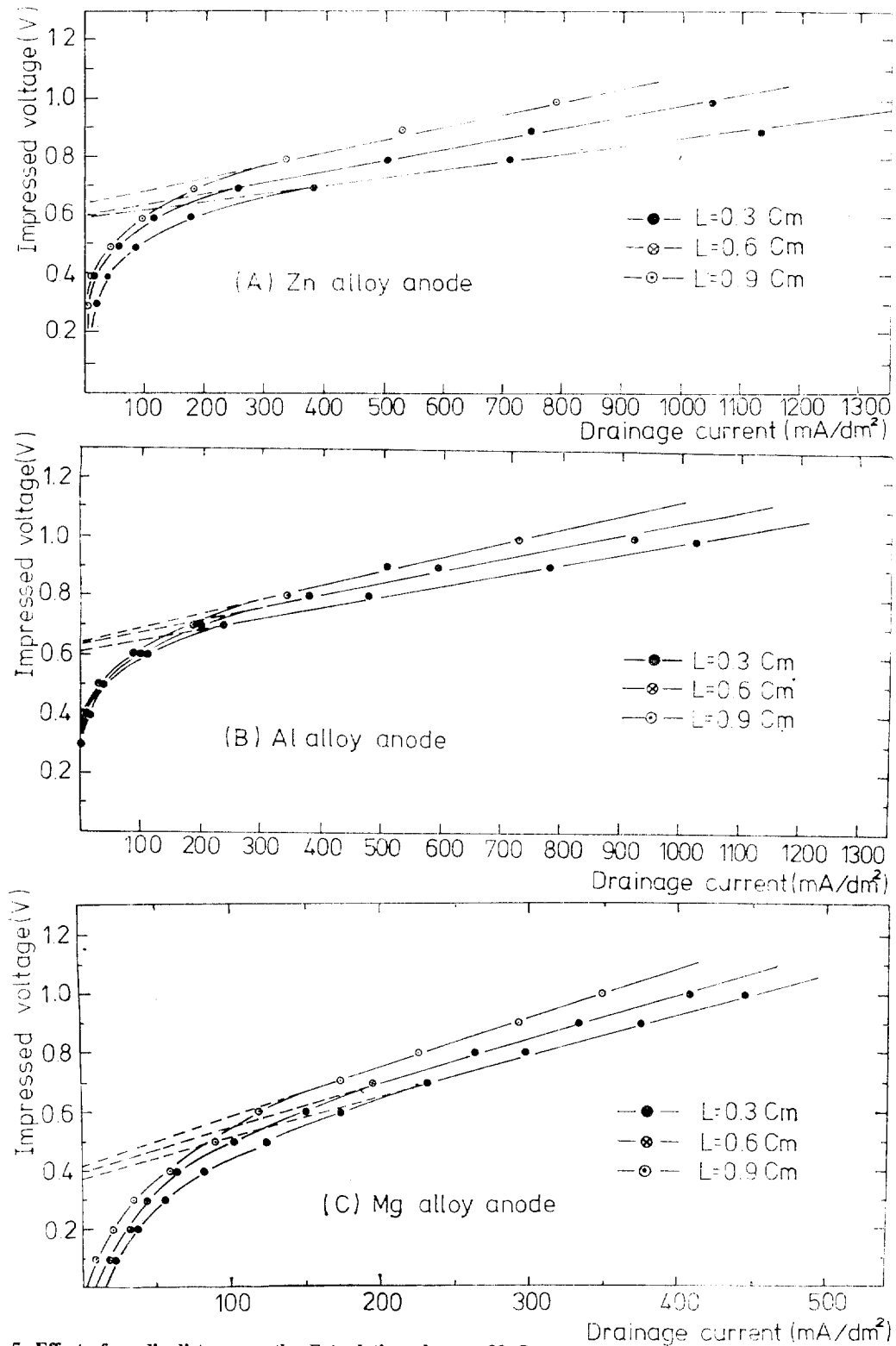


Fig. 5. Effect of anodic distance on the $E-i$ relation when $\rho=30 \Omega \cdot \text{cm}$.

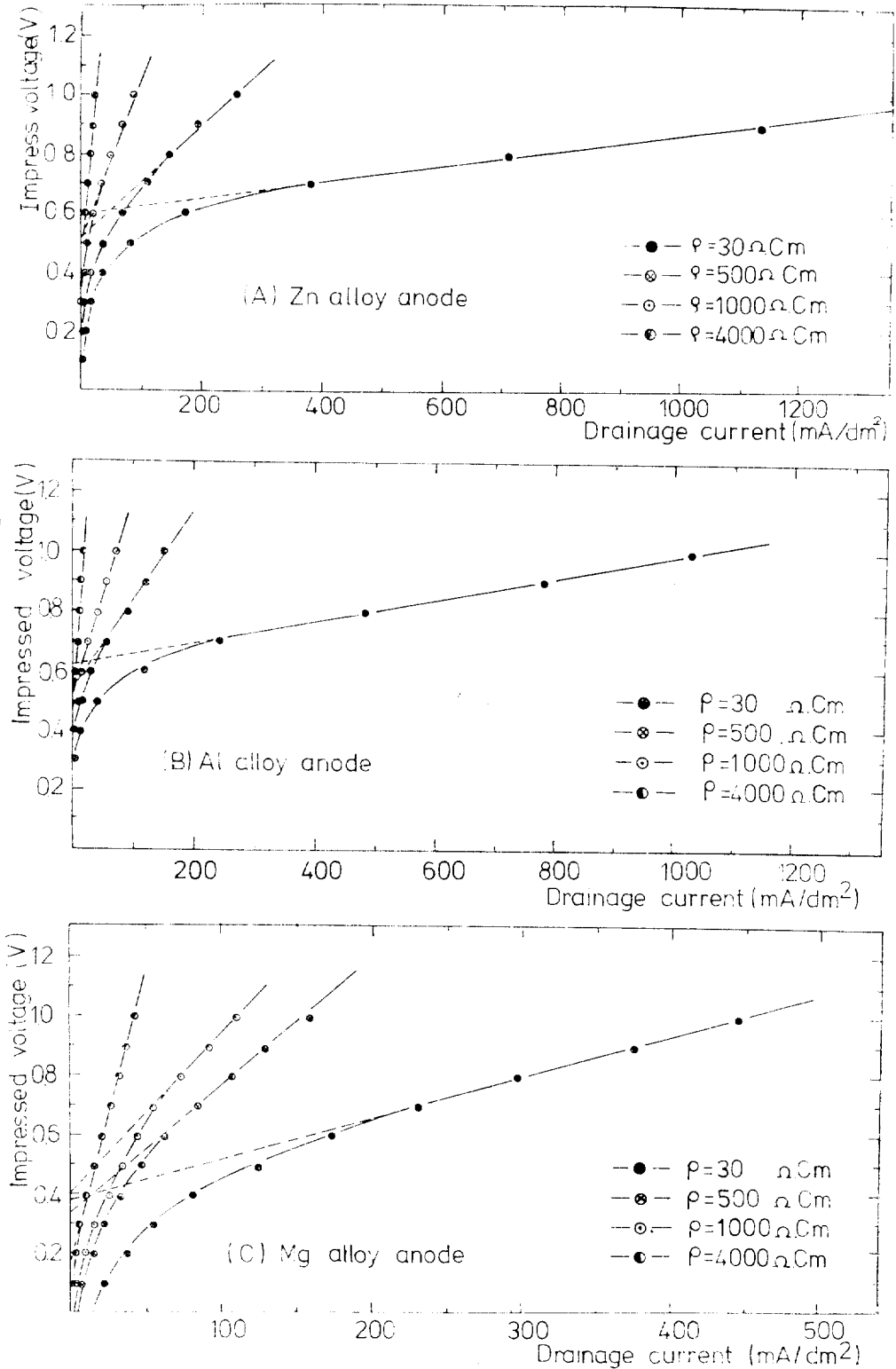


Fig. 6. Effect of ρ on the $E-i$ relation when $L=0.3\text{cm}$.

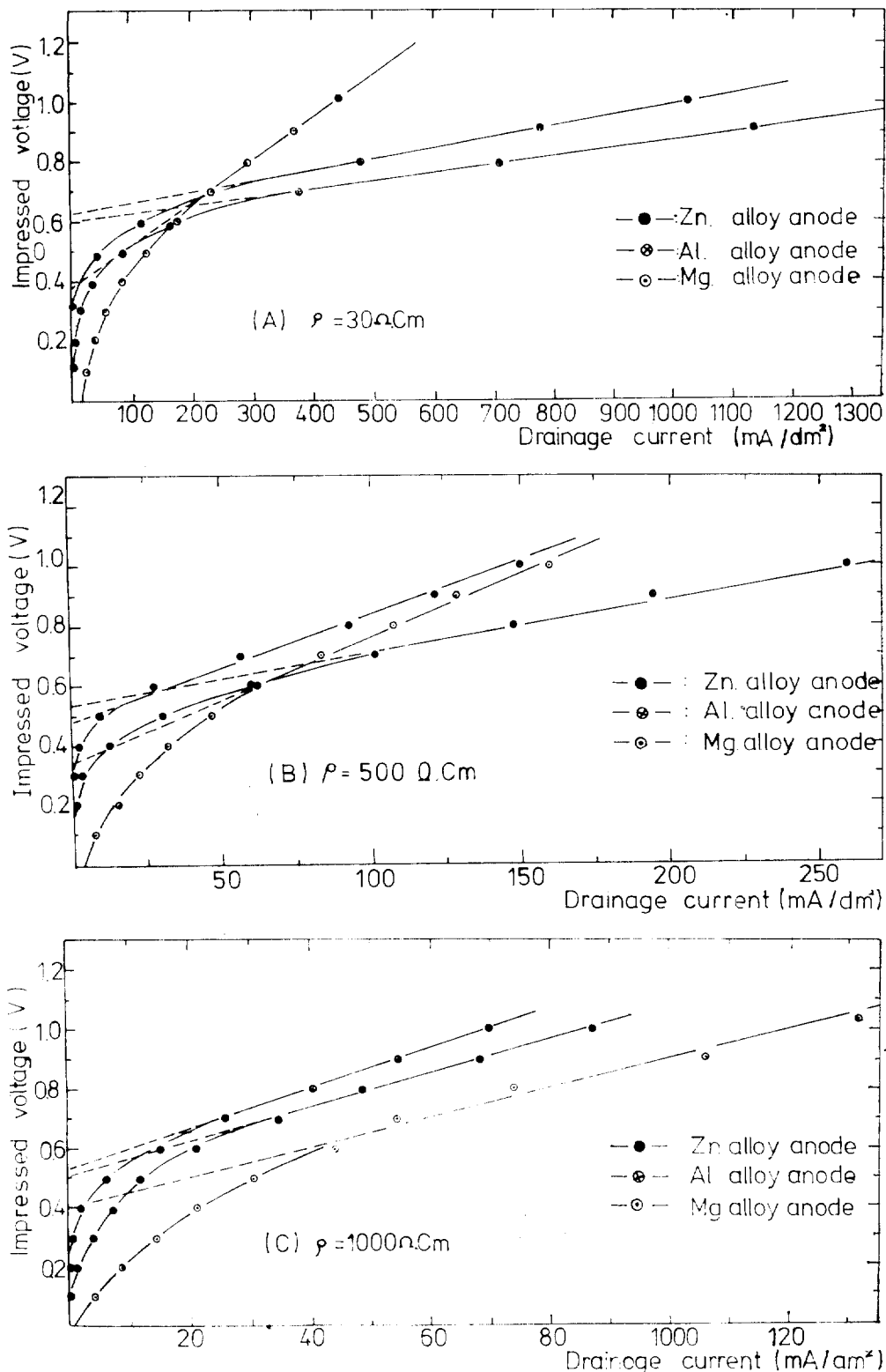


Fig. 7. Grounding cell characteristics of anodes when $L=0.3\text{cm}$.

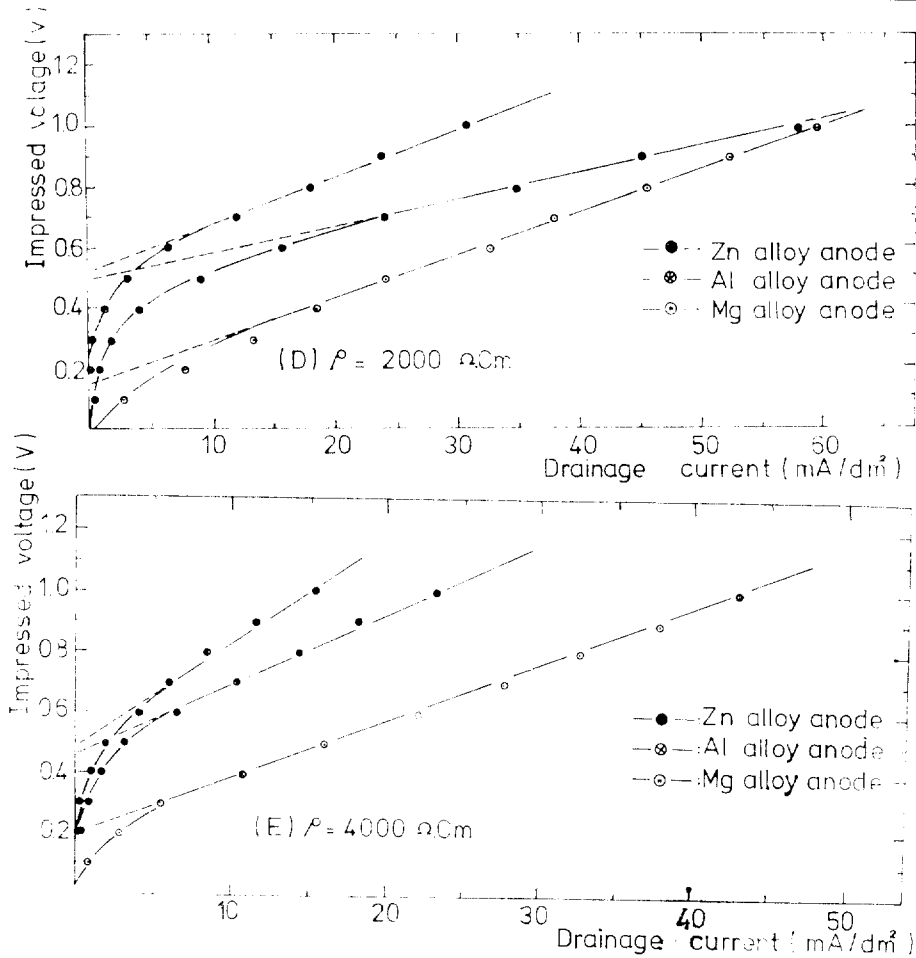


Fig. 7. Grounding cell characteristics of anodes when $L=0.3\text{cm}$. (continued)

각된다.

3. 2 一定 陽極間隔에서 接地電池의 性能에 미치는 環境變化의 影響

Fig. 6 (A)는 亞鉛合金陽極의 間隔을 0.3cm 로 하고 環境의 比抵抗을 30, 500, 1000, 2000 및 4000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 로 變化시킬 때의 印加電壓과 排流電流密度的 關係이고, Fig.6 (B)는 Al 合金陽極, Fig. 6 (C)는 Mg 合金陽極에 對해서 亞鉛合金陽極의 實驗과 同一 條件에서 實驗한 것이다.

이들 測定結果에 의하면 3種의 어느 合金陽極에서나 環境의 比抵抗이 增加하면 一定 印加電壓에 對해서 排流되는 電流가 急激히 減少된다.

Fig. 5와 Fig. 6을 綜合하면 一定 印加電壓에 對한 排流電流密度는 陽極間의 間隔의 影響을 적게 받으나 比抵抗의 影響은 대단히 크게 받는다는 것을 알 수 있으므로 一定 印加電壓에서 大電流를 排流시키기 위해

서는 比抵抗이 큰 環境일수록 露出面積을 크게 增加하는 同時에 陽極間의 間隔을 可能하면 짧게 잡아야 한다는 것을 알 수 있다.

3. 3 流電陽極의 接地電池 設計特性

Fig. 7(A)는 Zn, Al 및 Mg의 合金陽極의 間隔을 各 各 0.3cm 로 固定하고 環境의 比抵抗을 30 $\Omega \cdot \text{cm}$ 로 하여 測定한 이 3種의 合金陽極 接地電池에 對한 特性線圖이며, Fig. 7 (B)~(E)는 環境의 比抵抗이 500, 1000, 2000 및 4000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 로 固定하고, Fig. 7 (A)와 同一한 條件에서 이 3種의 陽極에 對하여 印加電壓에 對한 排流電流密度的 關係를 表示한 것이다.

同一 條件의 接地電池에서 一定 電壓을 印加하였을 경우에 排流되는 電流密度가 클 때 接地電池로서의 特性이 좋으므로, Fig. 7 (A)~(E)의 實驗結果를 다음과 같이 정리할 수 있었다.

(1) 流電陽極 選擇法에서 山室 등¹¹⁾은 “石油 tank

bottom의 防蝕法으로서 環境의 比抵抗이 1000 Ω·cm 以下에서는 亞鉛合金陽極 및 Al 合金陽極, 1000 Ω·cm 以上에서는 Mg 合金陽極이 좋다"고 報告하였다. 그러나 本 實驗에서는 比抵抗 750 Ω·cm 以下の 同一條件에서 亞鉛合金陽極의 排流電流密度가 가장 크므로 이 條件下의 接地電池로서는 亞鉛合金陽極이 가장 좋고, 比抵抗 750 Ω·cm 以上の 同一條件에서는 Mg 合金陽極의 排流電流密度가 가장 크므로 高比抵抗의 環境에서는 Mg 合金陽極이 接地電池用으로서 가장 좋다.

(2) 接地電池로서 Al 合金陽極의 性能은 모든 環境에서 亞鉛合金陽極보다 不良하였고, 比抵抗이 큰 環境일 수록 두 陽極이 接地電池로서는 性能差가 컸다.

(3) 排流電流密度가 急激히 增加되기 始作하는 印加電壓(E_c)은 電解槽에서 最低分解電壓과 같은 것으로 생각되며 이는 環境의 比抵抗이 30 Ω·cm 에서 漸次的으로 4000 Ω·cm 로 增加할수록 亞鉛合金陽極에서는 0.6V 에서 서서히 0.47V 로, Al 合金陽極에서는 0.62V 에서 0.5V 로, Mg 合金陽極에서는 0.38V 에서 0.19V 로 낮아졌다. 또 Mg 合金陽極만은 比抵抗이 30, 500 및 1000 Ω·cm 의 條件에서 印加電壓을 加하지 않아도 各各 15, 3 및 1mA/dm² 程度의 迷走電流가 흐르므로 比抵抗이 낮은 環境에서 Mg 合金陽極은 自己消耗되는 缺陷을 가졌다는 것을 알 수 있었다.

3. 4 流電陽極 接地電池의 印加電壓과 排流電流密度의 關係實驗式

Fig. 5~Fig.7 에 의하면 排流電流가 急激히 增加되기 始作하는 一定印加電壓 以上에서는 印加電壓과 排流電流密度間에는 流電陽極의 種類, 環境의 比抵抗 및 陽極間의 間隔의 各各에 따라 直線關係가 成立한다. 卽

$$E = b + mi \dots \dots \dots (5)$$

첫째 段階로서 陽極間의 間隔이 0.3cm 일 때 環境의 比抵抗에 따른 이 直線方程式들은 測定例에 의해서 最少自乘法으로 求하면 Table 3 과 같이 表示된다.

Table 3 에서 各 比抵抗에 대한 b 와 m 의 關係를 整理하면 Table 4 와 같이 되고 이를 圖示하면 Fig. 8 의 (A), (B) 와 같은 直線關係가 成立하므로 式(5)의 b 와

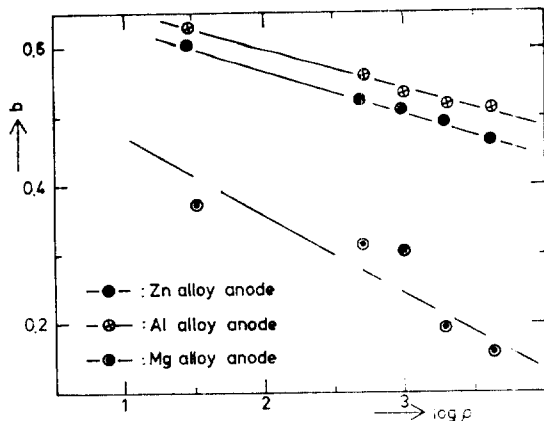


Fig. 8(A) Relations of b versus ρ when $L=0.3\text{cm}$

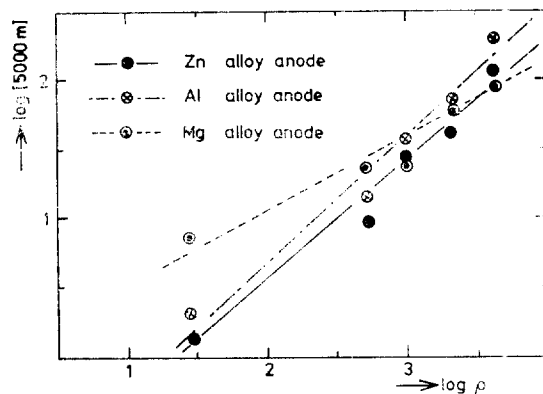


Fig. 8(B) Relations of m versus ρ when $L=0.3\text{cm}$

m 는 表 (6), (7)로 表示할 수 있다.

$$b = \log c - d \cdot \log \rho \dots \dots \dots (6)$$

$$\log(5000m) = \log p + q \cdot \log \rho \dots \dots \dots (7)$$

式 (6), (7)의 未知數 c 와 d 및 p 와 q 를 Table 4 의 값의 代入에 의하여 最少自乘法으로 決定하고, 이 b 와 m 을 式 (5)에 代入해서 印加電壓에 대한 排流電流密度의 關係式을 求하면 다음과 같이 된다.

Table 3. Experimental equation of i versus E when $L=0.3\text{cm}$

Anode ρ	Zn alloy	Al alloy	Mg alloy
30	$E = 0.606 + 0.00027 i$	$E = 0.6160 + 0.00037 i$	$E = 0.3860 + 0.00137 i$
500	$E = 0.5147 + 0.0019 i$	$E = 0.5535 + 0.0029 i$	$E = 0.3169 + 0.00404 i$
1000	$E = 0.5050 + 0.0056 i$	$E = 0.5280 + 0.0067 i$	$E = 0.3068 + 0.00536 i$
2000	$E = 0.4957 + 0.0087 i$	$E = 0.5210 + 0.0157 i$	$E = 0.1950 + 0.01411 i$
4000	$E = 0.4560 + 0.0238 i$	$E = 0.5060 + 0.039 i$	$E = 0.1503 + 0.0197 i$

Table 4. Relations of m and b to ρ when $L=0.3\text{cm}$

Anode	$\rho(\Omega\cdot\text{cm})$	30	500	1000	2000	4000
	m.b. ρ					
Zn	m	0.00027	0.00019	0.00561	0.00873	0.02383
	b	0.6006	0.5147	0.5060	0.4957	0.4560
	$\log \rho$	1.4771	2.6990	3	3.3010	3.6021
	$\log(5000m)^*$	0.1319	0.980	1.4480	1.640	2.076
Al	m	0.0037	0.00290	0.00676	0.01570	0.0390
	b	0.6160	0.5535	0.5280	0.5210	0.5060
	$\log(5000m)^*$	0.2670	1.1610	1.5290	1.8950	2.290
	m	0.00137	0.00404	0.00536	0.0141	0.01970
Mg	b	0.3860	0.3169	0.3068	0.1950	0.1503
	$\log(5000m)^*$	0.8537	1.3054	1.4281	1.8485	1.9934

* m 을 5000 倍로 한 것은 $\log m$ 가 負數로 되기 때문.

(1) Zn 合金陽極 :

$$E = \log(4.9465/\rho^{0.0639}) + 11 \times 10^{-6} \rho^{0.8923} i \dots\dots(8)$$

(2) Al 合金陽極 :

$$E = \log(4.9306/\rho^{0.0525}) + 13 \times 10^{-6} \rho^{0.9314} i \dots\dots(9)$$

(3) Mg 合金陽極

$$E = \log(3.7086/\rho^{0.0988}) + 181 \times 10^{-6} \rho^{0.5406} i \dots\dots(10)$$

두 階 段階로서 各 陽極間의 間隔이 0.6cm 및 0.9cm 일 때도 같은 方法에 의해서 다음式과 같이 表示된다.

(1) Zn 合金陽極

$$(L=0.6\text{cm}) E = \log(4.7995/\rho^{0.0671}) + 0.0000174 \rho^{0.8904} i \dots\dots(11)$$

$$(L=0.9\text{cm}) E = \log(5.4689/\rho^{0.0807}) + 0.0000189 \rho^{0.9191} i \dots\dots(12)$$

(2) Al 合金陽極

$$(L=0.6\text{cm}) E = \log(5.2144/\rho^{0.0481}) + 0.0000156 \rho^{0.9304} i \dots\dots(13)$$

$$(L=0.9\text{cm}) E = \log(4.5217/\rho^{0.03049}) + 0.000024 \rho^{0.9086} i \dots\dots(14)$$

(3) Mg 合金陽極

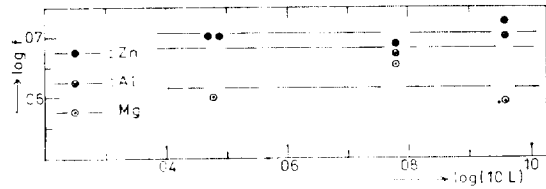


Fig. 9(A) Relations of f versus $\log(10L)$

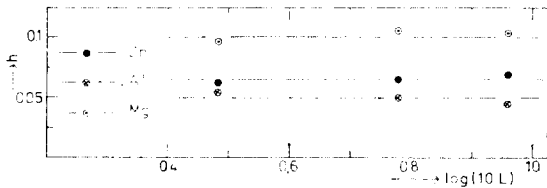


Fig. 9(B) Relations of h versus $\log(10L)$

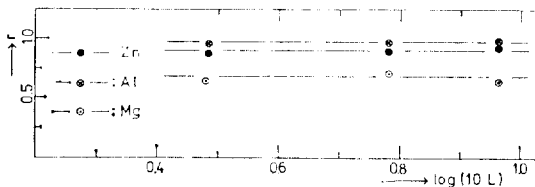


Fig. 9(C) Relations of r versus $\log(10L)$

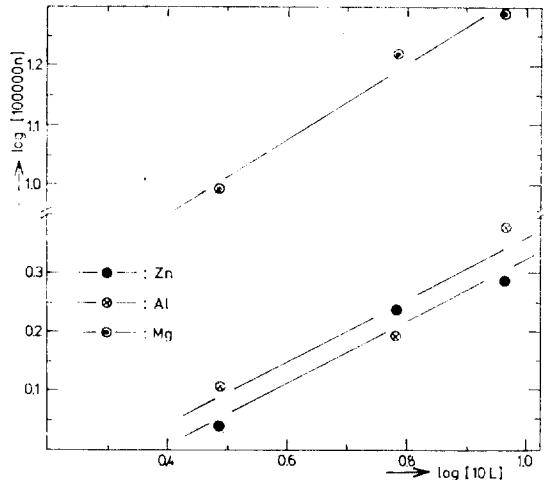


Fig. 9(D) Relations of r versus $\log(10L)$

$$(L=0.6\text{cm}) E = \log(4.8217/\rho^{0.1493}) + 0.000095 \cdot \rho^{0.6572} \cdot i \dots\dots\dots(15)$$

$$(L=0.9\text{cm}) E = \log(3.9275/\rho^{0.1221}) + 0.00002053 \cdot \rho^{0.6079} \cdot i \dots\dots\dots(16)$$

式(8)~(16)은 $E = \log(f/\rho^h) + n \cdot \rho^r \cdot i$ 의 一般式으로 表示되고 陽極間隔 L 에 대한 f, h, n, r 는 Fig. 9 (A)~ Fig. 9 (D)와 같은 近似的인 直線關係가 成立하므로 다음과 같이 表示할 수 있다.

f, h 및 r = 常數

$$n = s + j \cdot L \dots\dots\dots(17)$$

式(17)의 S 와 j 를 最少自乘法으로 決定하면

(1) Zn 合金陽極 ;

$$n = 0.0000064 \cdot (10L)^{0.5112} \dots\dots\dots(18)$$

(2) Al 合金陽極

$$n = 0.0000066 \cdot (10L)^{0.5487} \dots\dots\dots(19)$$

(3) Mg 合金陽極

$$n = 0.0001514 \cdot (10L)^{0.0681} \dots\dots\dots(20)$$

式(8)~(20)을 整理하면 各 陽極의 印加電壓에 대한 排流電流密度의 近似的關係는 다음의 3式으로 要約된다. 그리고 이들 式이 表示하는 값과 實測值의 差는 比抵抗 500Ω.cm의 경우를 제의하면 ±15% 以內的 範圍이다.

(1) Zn 合金陽極 ;

$$E = \log(5.2475/\rho^{0.0672}) + 0.0000064 \cdot (10L)^{0.5112} \cdot \rho^{0.9006} \cdot i \dots\dots\dots(21)$$

(2) Al 合金陽極 ;

$$E = \log(4.8889/\rho^{0.6437}) + 0.0000066 \cdot$$

$$(10L)^{0.5487} \cdot \rho^{0.9235} \cdot i \dots\dots\dots(22)$$

(3) Mg 合金陽極 ;

$$E = \log(4.152/\rho^{0.1234}) + 0.0001514 \cdot (10L)^{0.0681} \cdot \rho^{0.6019} \cdot i \dots\dots\dots(23)$$

3. 5 Silicon diode 絶緣結合의 保護裝置 設計特性

Fog. 10은 容量 1, 3 및 6A인 Silicon diode의 絶緣結合保護裝置의 特性線圖이며, 印加電壓에서 排流電流가 急激히 增加하였고, 그 印加電壓 (E_c)는 1A의 容量에서 漸次로 6A의 容量으로 增加함에 따라 0.78V에서 0.68V로 낮아졌다. 또 이 保護裝置는 그 印加電壓以上에서 Silicon diode의 内部抵抗 增加率이 急減됨으로써 流電陽極의 接地電池에서와 같이 大電流를 排流시키는 것으로 생각되며, 이것에 의해서 過大電流나 異常高電壓 襲來時에 그 電流를 排出시켜서 絶緣接手を 保護하는 것으로 생각된다.

이 裝置는 流電陽極 接地電池에 比해서 印加電壓의 增加에 따라 排流電流가 增加하는 率이 더 크나 排流電流가 急增하는 印加電壓이 더 높고, 許用容量 以上の 電流가 通할 時에는 燥損되며, 이것을 裝置한 管系에는 반드시 別途의 防蝕對策이 必要하다.

4. 結 論

亞鉛, 알루미늄 및 마그네슘의 合金流電陽極의 接地電池로서의 設計特性과 Silicon diode 絶緣結合의 保護裝置로서의 設計特性을 實驗的으로 調査한 結果에 于 다음의 結論을 얻었다.

1) 流電陽極의 接地電池가 一定 印加電壓에서 一定 以上の 大電流를 排出시키기 위해서는 高比抵抗의 環

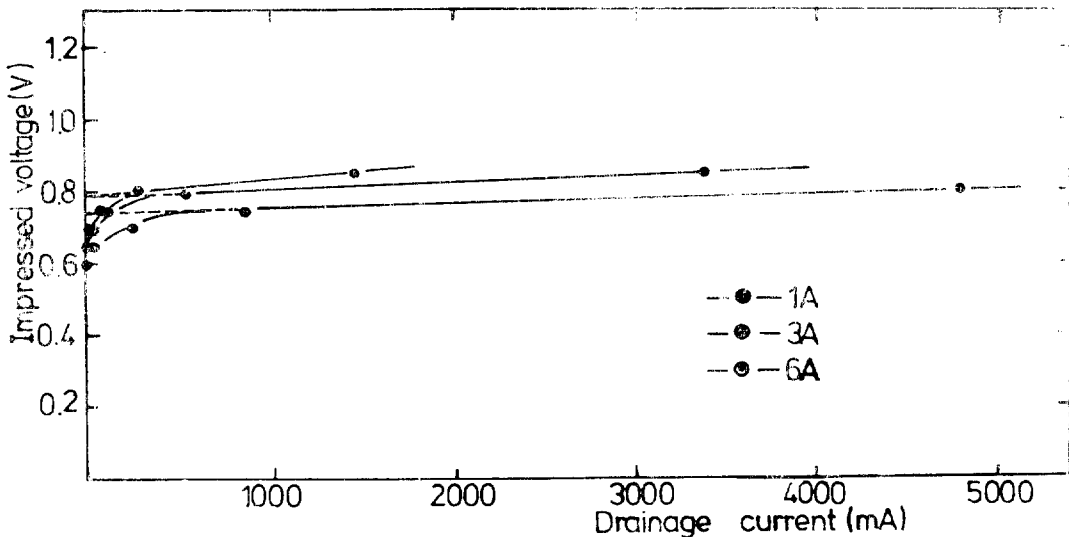


Fig. 10. Relations of E versus i when using silicon diode.

境일수록 陽極의 作用面積을 增加시키고 陽極間의 間隔을 可能하면 적게 하여야 한다.

2) Zn, Al 및 Mg의 合金流電陽極 中에서 環境의 比抵抗이 $750 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下일 때는 亞鉛合金陽極이, $750 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上일 때는 Mg 合金陽極이 接地電池로서의 設計特性이 가장 좋았고; Al 合金陽極은 모든 環境에서 亞鉛合金陽極보다 設計特性이 떨어졌다.

3) 排流電流密度가 急激히 增加되기 始作하는 印加電壓은 環境의 比抵抗이 增加할수록 모든 陽極에서 낮아졌다.

4) 流電陽極 接地電池의 印加電壓과 排流電流密度間에는 다음과 같은 近似的인 關係가 成立한다.

$$E_{Zn} = \log(5.2475/\rho^{0.0672}) + 64 \times 10^{-7} \cdot (10L)^{0.5112} \cdot \rho^{0.9006} \cdot i$$

$$E_{Al} = \log(4.8889/\rho^{0.0437}) + 66 \times 10^{-7} \cdot (10L)^{0.5487} \cdot \rho^{0.9235} \cdot i$$

$$E_{Mg} = \log(4.152/\rho^{0.1234}) + 1514 \times 10^{-7} \cdot (10L)^{0.0681} \cdot \rho^{0.6019} \cdot i$$

5) Silicon diode 絶緣結合의 保護裝置는 流電陽極 接地電池에 比해서 一定 印加電壓 以上에서 排流電流의 急増率이 높으나 그 一定電壓이 接地電池의 경우보다 훨씬 높고, 別途의 防蝕對策도 必要하게 된다.

參 考 文 獻

1. 木村忠雄, 市野瀨, 比路實: 파이프 라인의防蝕, 防蝕技術, 28, 10, 553-556. (1979):
2. 山田哲地: 金屬構造物と防蝕系に 對する 交流と雷의 影響輕減に 關する 推奨施工法, 防蝕技術, 27, 10, 525-536. (1978).
3. C. G. Siegfried: Multiple use fo rights of way for pipe lines. pipe line news, 18, 18, 13-14 (1971).
4. 電食防止研究委員會·新版電食 土壤腐食ハンドブック, P. 260-266 (1977).
5. 市野瀨博美, 山村隆男, 中村典道: Corrosion con-

- trol of long pipelines under construction. 防食技術 21, 8, 362 (1972):
6. 岡本藤郡: 埋設管의 腐食と電氣防食法, 配腐と裝置 198, 4-5 (1970).
7. 岡本剛, 井上藤也: 新板 腐食と防食, 大田本圖書, P. 102 (1977).
8. 田大熙: 地下埋設 鐵鋼體의 腐蝕과 陰極防蝕法 韓國腐蝕學會誌, 7, 1, 26. (1978).
9. 重野準太, 岡本藤郡: 石油タンクボトム의 腐食要因とその防食對策について, 石油と化, 16, 11, 49. (1972).
10. 田大熙: 腐蝕과 防蝕, 實用編, 海洋大學圖書出版部, P. 43. 86-88, 91, 280 (1975).
11. 山室富士雄, 阿部三之: 石油タンクボトム의 防食法 (2). 配管, 8, 13-14 (1973).
12. G.wranglen 著 吉澤四郎, 山川宏二, 片 晃共譯: 金屬의 腐食防食序論, (機化學同人, P. 160-162 (1977).
13. 中川雅米: 電氣防食의 實際, 地人書館, P. 25. (1967):
14. 玉利昭一: 工場施設의 콘크리트防食, 燃料及燃燥, 40, 3, 210(1975).
15. T. H. Rogers: Marine corrosion, Geroge newnes Ltd., P. 196-205, 280-281 (1968).
16. 大野西一, 重野準太: 長期防食技術의 展望 電氣防食. 金屬材料, 10, 9, 33-34 (1970).
17. Joseph F. Bosich: Corrosion prevention for practicing engineers, Barnes & Voble, P. 98-104 (1970).
18. 市野瀨路, 山村隆男, 後藤俊介: 流電陽極による交流誘導對策, 防食技術, 25, 6, 293 (1976).