

全州 上水道 用水의 流速에 따른 아연 鍍金鋼板의 온도 溶解에 관한 연구

(開放系에서 試片의 회전을 中心으로)

尹正模* · 金起柱**

*전북대학교 금속공학과

**전북대학교 화학공학과

A Study on Temperature-Dissolution of Commercially Galvanized Steel in proportion to the Flow Velocity of Chon-Ju Water Supply

(By Rotating the Specimen in an Opened-System)

Jeong-Mo Yoon* · Ki-Ju Kim**

*Dept of Metallurgical Eng. Chonbuk National University

**Dept of Chemical Eng. Chonbuk National University

In an open system, the dissolution of commercially Galvanized steel in flowing Chon-Ju Water Supply at temperature range of 40-90°C was studied.

The results showed that : the dissolution was mainly due to corrosion and erosion attacks of the fluid. In case of comparatively low temperatures (40-50°C) and low flow velocities (below 1,000 rpm), the influence of corrosion on it was stronger than that of erosion. But at high temperatures (80-90°C) and flow velocities (1,500-2,500 rpm), the results was opposite.

1. 서 론

流速에 따른 온도의 溶解反應은 실험방법이 閉鎖系인가 또는 開放系인가에 따라 그의 메카니즘이 다르다. 또한 실험방법에 있어서는 流体에 試片을 접촉시키는 경우와 試片을 디스크 형으로 溶液中에서 회전시키는 경우 등이 가능하나 결과는 각기 다르다¹⁾. 즉 溶解反應의 메카니즘은 試片의 流体와의 접촉방법 및 試片의 모양 등에 따라 다르므로 따라서 溶解量도 다르다.

현재 流速에 따른 溶解反應의 메카니즘에 관한 연구는 流体의 電氣化學的인 腐蝕(corrosion)과 流体 및 流速이 갖는 물리적인 특성에 의한 浸蝕(erosion)

의 兩面에서 활발하게 이루어지고 있다고 본다.

본인은 閉鎖系의 流速 및 온도에 의한 腐蝕에 관한 연구 결과를 발표 한 바 있으며²⁾ 본 연구에서는 閉鎖系에서 이용했던 同一한 溶液에 同一한 試片을 浸漬한 상태에서 회전시킴으로써 회전수가 溶液의 온도에 의한 溶解에 미치는 영향을 밝히는데 목적을 두고 있다.

2. 실험방법

본 연구의 실험방법은 開放系로써 실험用水, 試片, 실험장치 및 측정 방법은 다음과 같다.

2.1. 실험용수

Table. 1의 分析値를 갖는 全州 上水道水를 24시간 동안 放置한 후 이를 본 실험 用水(이하 用水라고 칭함)로 이용하였다.

Table 1. Typical analysis of Chon-Ju Water Supply

| Chlorides | Iron | Zinc | Sulphate | Manganese | Total hardness | B. O. D. | PH |
|-----------|-----------|-----------|----------|--------------|----------------|----------|---------|
| 10~20 | 0.01~0.02 | 0.01~0.04 | 20~50 | 0.01 or less | 25~40 | 0.7~1.78 | 7.0~7.1 |

All figures parts per million except pli

2.2. 試片 및 실험장치

試片은 市販用 規格제품인 아연 鍍金 鋼板으로써 그의 두께는 0.7mm이었으며 모양은 Fig. 1과 같다. 이는 실험槽 內에서의 실험 조건을 만족시킬 수 있도록 豫備 실험을 통하여 제작되었다. 또한 試片의 표면은 에탄올, 에테르의 順으로 초음파 세척을 하여 脫脂한 후 진공 건조하였으며 脫脂 건조된 試片은 실험 直前에 확대경에 의해 선별하여 사용하였다.

실험 장치는 回轉可變 모타와 실험槽로 구성되어 있으며 실험槽內의 用水量은 650ml의 定量이었고 실험중 氣化에 의한 減量은 補充하지 않았다. 또한



Photo. 1. Test batch with specimen

試片은 水面으로 부터 5cm 깊이의 浸漬 상태를 유지했고 試片과 회전모타와는 스텐레스棒에 의해 연결 되어 있다.

2.3. 온도

실험에 要하는 각각의 일정한 온도(40~90℃)는 항온조(韓, 동양 1540) 內에 실험槽를 장치하여 유지하였다.

2.4. 流速

可變回轉 모타를 이용하여 試片을 각각의 일정한 회전수(500~2500rpm) 및 각각의 온도(40~90℃)에서 8시간 동안 회전시킴으로써 用水에 의한 각온도의 流速 효과를 얻었다. 회전수의 확인은 Strovoscope(日, Sugawara DS-2)와 Tachometor(美, Pioneer Photo-Tach 12)를 이용하였다.

2.5. 아연 溶解量 측정

각각의 일정한 실험조건(회전수: 0~2500rpm, 온도: 40~90℃, 지속시간: 8hrs)에서 실험을 수행한 直後 取한 用水로부터 ICP(濠, Labpest-710)를 이용하여 아연 溶解量을 ppm 단위로 측정하였다.

2.6. 溶存 산소량 측정

試片이 없는 정지 상태의 실험槽內의 用水를 일정한 온도(40~90℃)로 8시간 지속한 直後에 取한 用水로부터 DO meter(美, YSI-56)에 의해 각 온도의 溶存 산소량을 측정하였고 또한 試片과 同一한 크기의 스텐레스板을 본 실험조건의 用水에서 각각의 일정한 회전속도(500~2500rpm)로 8시간동안 회전시킨 直後 取한 用水로부터 산소량을 측정함으로써 각 온도의 流速 변화에 따른 溶存 산소량을 구했다.

2.7. PH 측정

각 실험의 直前後에 用水의 PH를 측정(PH meter: 스위스, Metrohm 632)하여 이들의 差로부터 PH의 증가량을 구했다.

2.8. 점도 측정

각 온도(40~90℃) 用水의 점도는 Ostwald 점도

계를 이용하여 측정하였다.

2.9. 표면장력 측정

각 온도의 用水의 표면장력은 모세관 상승법에 의해 측정하였다.

기타 실험중 氣泡에 관한 사진은 Nikon F-3을 이용했고 노출시간은 1/1000초였다.

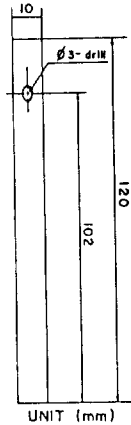
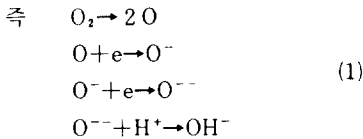


Fig. 1. Schematic representation of specimen

3. 결과 및 고찰

3.1. 온도에 의한 腐蝕

試片을 체적과 온도가 一定한 실험用水에 8시간씩 浸漬하여 방치한 후 用水의 아연함량과 試片이 浸漬되어 있지 않은 상태의 用水의 산소함량을 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 用水의 온도에 의한 아연腐蝕은 用水 內의 산소의 量과 관계가 있는 것으로 생각된다. 즉 用水의 온도가 증가하면 아연함량과 溶存산소량은 감소하는 데 이는 온도상승에 따른 산소의 溶解度 감소에 의한 것으로 판단된다. 그런데 溶存산소는 다음과 같이 陰極反應을 하여 아연의 腐蝕反應을 촉진하는 것으로 알려져 있기 때문이다⁴⁾.



3.2. 流速에 따른 온도溶解

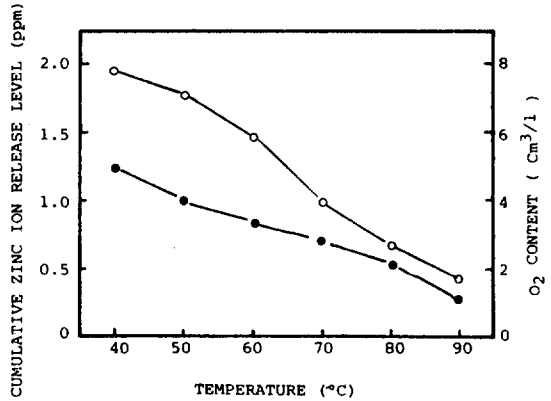


Fig. 2. ○; Cumulative release levels of zinc ion at each temperature for 8 hrs.
●; Dependence of the solubility of oxygen on temperatures of Chon-Ju Water Supply.

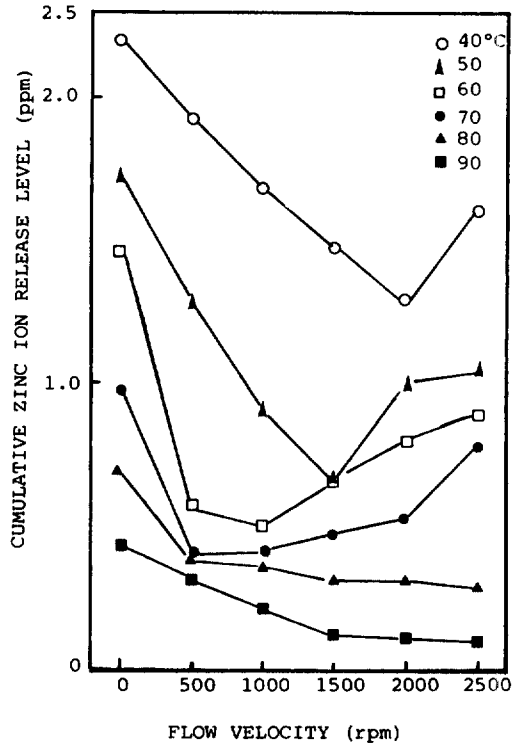
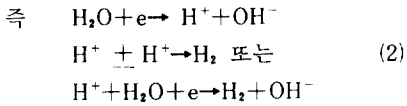


Fig. 3. Influence of flow velocity on the cumulative release levels of zinc ion at each temperature for 8 hrs.

Fig. 3은 一定한 온도의 用水에 浸漬된 試片을 一定한 回轉速度로 8시간씩 回轉시킨 후 각각 用水의 아연함량을 측정하여 나타낸 것으로써 이를 본 연구에서는 流速에 따른 온도溶解量이라고 하였다.

流速에 따른 온도溶解量은 정지상태(0 rpm)보다 작다는 것을 알 수 있는 데이는 (1)과 같은 반응이 流速으로 인하여 抑制되기 때문이라고 생각된다. 그런데 Preece⁷⁾와 Adler⁸⁾ 등에 의하면 流速狀態에서는 腐蝕(corrosion)과 浸蝕(erosion)이 共存하는 것으로 알려져 있다. 따라서 Fig. 3의 溶解量은 流体가 각 온도에서 試片과 腐蝕反應을 하여 生成된 腐蝕量과 流速으로 인한 浸蝕量의 總으로 해석 된다. 流速狀態의 腐蝕反應은 정지상태에 비해 소극적인 것이 확실하나 腐蝕量과 浸蝕量을 각각 분리해서 측정할 수 있는 방법은 알려져 있지 않다. 그런데 Tomashov⁹⁾ 등에 의하면 물분자의 陰極反應으로 인하여 (1)의 반응과 동시에 다음과 같은 반응이 일어나 試片의 表面에 수소의 氣泡가 生成되며 用水의 PH도 증가한다.



반응 (1)과 (2)는 用水와 試片의 腐蝕反應과 關係되며 모두 用水의 PH를 증가시킨다. 이 사실은 Fig. 4에도 나타나 있으며 流速이 증가하면 PH의 증가는 鈍化되는 것을 알 수 있다. 流速증가에 의한 PH증가의 鈍化는 腐蝕反應의 弱화에 기인된 것으로서 Fig. 5에서 볼 수 있는 바와 같이 流速증가에 의한 溶存 산소량의 감소에 원인이 있을 것으로 생각된다.

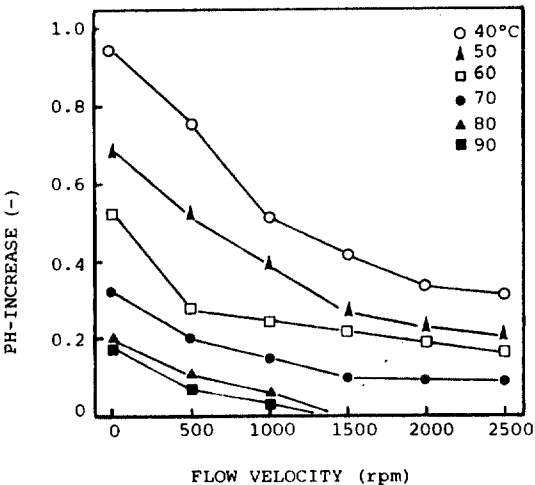


Fig. 4. Influence of flow velocity on the PH-increase of Chon-Ju Water Supply both before and after test at each temperature for 8 hrs.

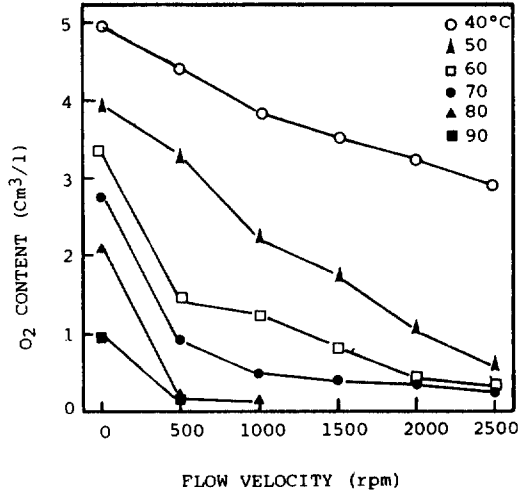


Fig. 5. Influence of the flow velocity on the oxygen content of Chon-Ju Water Supply at each temperature for 8 hrs.

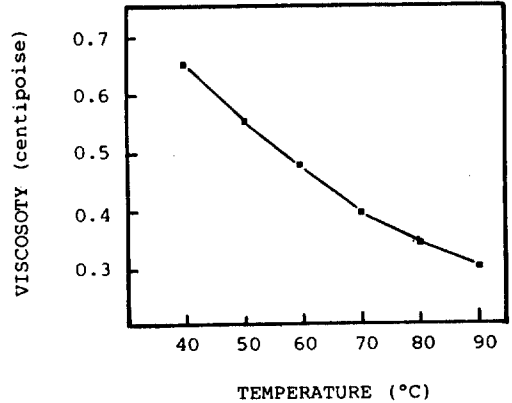


Fig. 6. Influence of temperature on the viscosity of Chon-Ju Water Supply.

다음에는 用水의 流速과 온도의 변화에 따른 腐蝕反應과 浸蝕作用의 상호관계를 살펴보자. Hidemitsu Hojo^{10, 11)} 등에 의하면 流速의 증가는 浸蝕을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 이와같은 浸蝕은 주로 流体의 空洞渦流 및 충격에 의한 것(Cavitation and impact erosion)이며 流体의 점도와 표면장력이 작을수록 浸蝕作用은 큰 것으로 알려져 있다. 본 실험에서 측정된 점도와 표면장력(Fig. 6, 7)은 온도가 낮을 수록 크다. 따라서 온도가 낮을 수록 流速에 의한 浸蝕作用은 작고 온도가 높을 수록 크다는

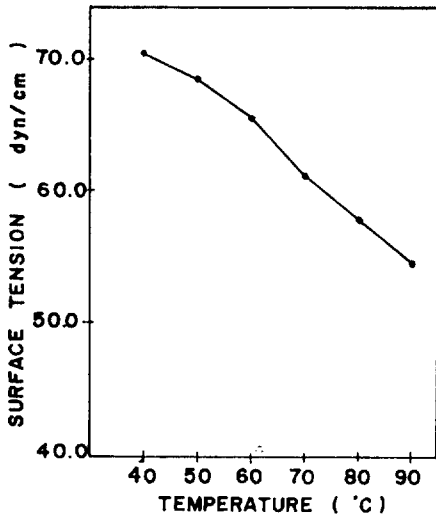
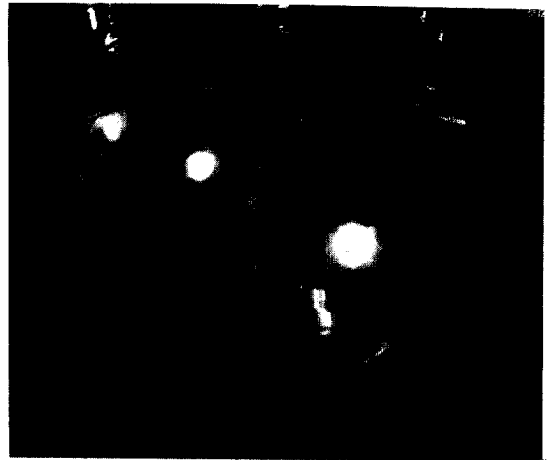


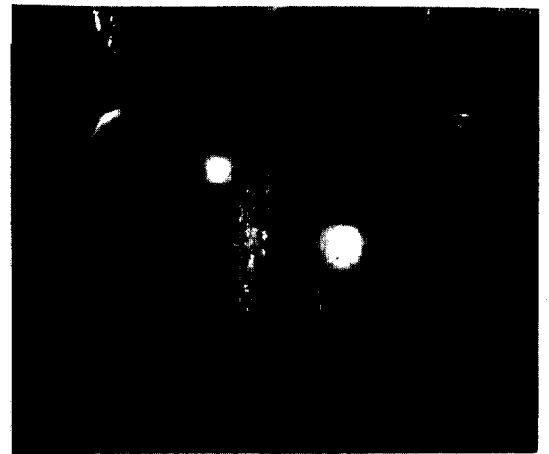
Fig. 7. Influence of temperature on the surface tension of Chon-Ju Water Supply.



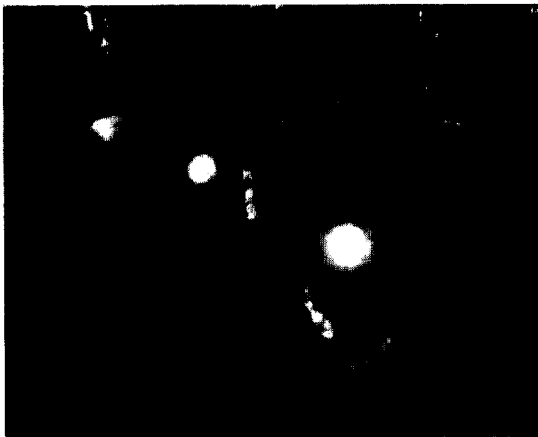
(c) 1500rpm



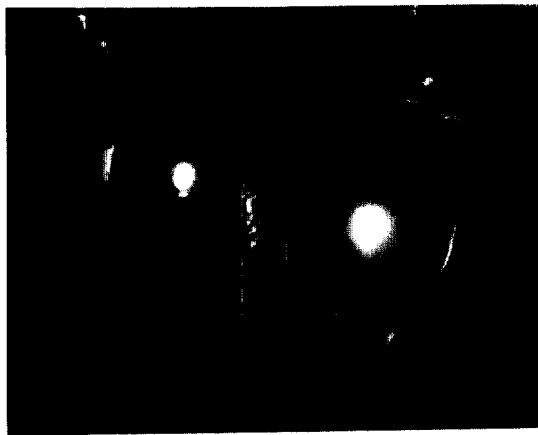
(d) 2000rpm



(e) 2500rpm



(a) 500rpm



(b) 1000rpm

Photo.1. Motions of bubbles from specimen at each flow velocity.

것을 알 수 있는데 이는 또한 낮은 온도에서는 기체들의 溶解度가 증가되어 이들이 마치 用水内에서 쿠션(Cushion)역할을 함으로써 (2)의 반응에서 생성된 수소氣泡의 파괴를 막아 流体의 압력을 감소시켜 浸蝕作用을 抑制하는 것으로도 알려져 있다¹²⁾.

따라서 Fig. 3의 40~70℃의 아연量 감소는 流速의 浸蝕作用에 의한 것보다도 腐蝕反應의 감소에 의한 영향이 큰 것으로 解析된다. 그러나 이들 온도의 一定한 流速 以上이 되면 아연量은 다시 증가 되는데 이는 流速증가에 의한 浸蝕作用의 증가로 생각된다.

즉 photo. 1에서 볼 수 있는 바와같이 試片의 表面에서 成長된 수소 氣泡은 流速의 一定한 속도 以上의 증가에서는 동시에 生成되는 다른 종류의 氣泡과 함께 試片의 표면으로부터 放出되기도 하고 또 파괴되기도 한다. 이때 流体로부터 받은 應力에 의해 試片의 표면에 形成된 局部的인 strain 잔류와 試片表面의 氣泡破壞로 인한 충격과와 젓트충격력이 浸蝕作用을 증가시킨다¹³⁾ 그런데 80℃~90℃인 경우에는 流速이 증가하면 아연量은 점점 감소됨을 볼 수 있다. 이와같은 현상은 온도 증가에 의한 氣泡의 급膨脹이 溶存산소의 확산을 抑制하고 또 用水의 傳導性을 감소시킴으로써 腐蝕反應이 抑制되며 또한 用水의 온도가 沸點에 가까와 짐에 따라 用水의 증기압 상승으로 인한 浸蝕作用의 감소에 起因된 것으로 解析 된다. 이상의 결과로부터 流速에 따른 온도의 아연 溶解

현상은 Table. 2에 나타난 바와같이 流速과 온도가 腐蝕反應과 浸蝕作用 및 그중 어느 한 반응에 영향을 크게 미침으로써 좌우된다고 할 수 있다.

4. 결 론

開放系에서 全州상수도 用水의 流速(0~2500rpm)에 따른 온도(40~90℃)의 아연 鍍金鋼板의 溶解현상은 주로 用水의 腐蝕反應과 流速에 의한 浸蝕作用으로 판단되었다. 온도가 낮고(40~50℃) 流速이 작을수록(1000rpm 이하) 腐蝕反應에 의한 영향이 지배적이며 온도가 높고(80~90℃), 流速이 클수록(1500~2500rpm) 浸蝕作用에 의한 영향이 큰 것으로 解析되었다.

5. 참 고 문 헌

1. TMS-AIME, "Corrosion-Erosion Behavior of Materials", ed. K. Natesan, p. 18, The Metallurgical Society of AIME, New York, U. S. A., 1980
2. The chemical engineering guide to corrosion, "Corrosion Control in the Process Industries", ed. Richard W. Greene, p. 18, 43, 56, McGraw-Hill, New York, U. S. A., 1986
3. Chemical industries/28, "Corrosion Mechanisms", ed. Florian Mansfield, p. 397, Marcel Dekker, New York, U. S. A., 1987
4. Ewald Heitz and Gerhard Kreysa, "Principles of Electrochemical Engineering", 17 (2), p. 38, 43, VCH., New York, U. S. A., 1986
5. Ki Ju Kim, J. Corro. Sci. of Korea, 17(2), 82.(1988)
6. N. D. Tomashov, "Theory of Corrosion and Protection of Metals", Trans., and ed. Boris H. Tytell, Isidore Geld and Herman S. Preisor, p. 178, The Macmillan, New York, U. S. A., 1966
7. C. M. Preece, "Cavitation Erosion", Treatise on materials science and Technology, 16, Academic Press, ISBN, U. S. A., 249 (1979)

Table 2. Comparison of corrosion and erosion on the dissolution of the Galvanized Steel in flow velocity and temperature of Chon-Ju Water Supply.

| Temp. r. p. m. | 40℃ | 50℃ | 60℃ | 70℃ | 80℃ | 90℃ |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | C | C | C | C | C | C |
| 500 | C | C | C | - | e | e |
| 1000 | C | C | - | e | e | e |
| 1500 | C | - | e | e | e | e |
| 2000 | - | e | e | e | e | e |
| 2500 | e | e | e | e | e | e |

C means that the influence of corrosion attack on the dissolution is stronger than that of erosion.
 e means that the influence of erosion attack on the dissolution is stronger than that of corrosion.

8. W. F. Adler, "The Mechanisms of Liquid Impact", Treatise on Materials Science and Technology, 16, Academic Press, ISBN, U.S.A., 129 (1979)
9. N. D. Tomashov, *ibid*, 6, p. 172, 1966
10. Hidemitsu Hojo, "Erosion & Corrosion", Japan Society of Corrosion Engineering, p. 54, Shokabo, Tokyo, JAPAN, 1987
11. B. Vyas, "Erosion-Corrosion", Treatise on Materials Science and Technology, 16, Academic Press, ISBN, U.S.A., 369 (1979)
12. C. M. Preece, *ibid*, 7, p. 264 (1979)
13. C. M. Preece, *ibid*, 7, p. 251 (1979)

감 사

본 연구를 후원한 한국과학재단과 東京工業大學의 北條英光교수에게 감사 드립니다.