

아산지역에서 산업재료의 대기부식속도 측정

김진형^{1*}, 이종권¹
¹순천향대학교 신소재공학과

Atmospheric corrosion rate and corrosivity categories of industrial metals in Asan area

Jin-hyung Kim^{1*} and Jong-Kwon Lee¹

¹Department of Materials Engineering Soonchunhyang University

요약 4년간 아산지역에서 5가지 산업재료의 부식속도를 측정하였다. 이 연구는 전국의 21개 지역을 농촌, 해안, 공업도시로 구분하여 그 중 아산지역에서 시편을 대기에 노출시켰을 때의 부식속도를 알아보고 이를 산업용으로 사용되는 금속의 Database로 하고자 하였다. 실험에 사용된 시편은 산업재료로 많이 사용되는 알루미늄, 구리, 탄소강, 내후성강, 아연도강이다. 탄소강과 내후성강의 부식속도와 무게감소량이 다른 금속에 비해 높았으며 sanding 처리한 시편의 부식속도가 sanding 처리하지 않은 시편보다 부식속도가 낮게 나타났다. 아산 지역의 평균 Corrosion categories는 3으로 나타났다. 아산지역의 Corrosion categories는 해안지역보다는 낮게 나타났으며 농촌지역보다는 높게 나타났다. 염화물 이온의 농도가 커짐에 따라 부식속도가 커지는 경향을 나타낸다.

Abstract The atmospheric corrosion rate were measured in Asan area for four years according to ISO 9224. The tested metals chosen as the most frequently used in industry, aluminum were copper, carbon steel, weatherring steel, and galvanized steel. The assessed corrosivity categories was 3 in average. The corrosivity categories of asan area was higher than typical rural area and even urban area, whereas it slightly lower than marine area. The results were discussed, specially as the regional climatic characteristics.

Key Words : Atmospheric, Corrosion, Corrosion-rate, Corrosivity categories

1. 서론

부식은 재료와 사용 환경과의 상호 작용에 의한 결과로서 재료와 사용 환경의 조합이 무수하고 그 형태가 다양하다. 부식은 모든 산업 설비와 기간시설에서 발생되어 경제적인 손실뿐만 아니라 구조물의 두께 감소, 균열의 발생 및 파손 등으로 나타나 대형 사고와 다수의 인명 피해로 이어지므로 부식 발생의 문제는 심각하다. 대기 부식은 금속 표면이 젖음으로써 녹슬기 때문에 비, 눈, 결로 등에 의해 금속 표면이 젖을 기회가 많고 또 기온이 높은 지역일수록 부식속도가 크다는 것을 알 수 있으며 환경적 요인에 따라서 부식은 다른 경향을 나타내고 있다[1].

우리나라에서는 대기 환경에서 지역적 환경을 고려하여 장기간 동안 재료의 부식속도를 측정할 자료가 거의 없다. 외국의 경우에는 금속의 부식성을 알아보기 위해 일찍이 실험을 시작하였으며 금속이나 합금에 대해 여러 조건이나 환경에서 대기부식 실험을 실시하여 길게는 20년 이상 금속을 노출시켜 금속에 대한 부식속도 및 부식에 영향을 주는 요인들에 대한 정보를 얻고 있다. 본 연구에서는 우리나라에서 금속의 부식에 대한 기본적인 자료를 얻는 실험의 일환으로 옥외폭로실험을 실시하였다. 특히 전 국토에 걸친 지역별 부식속도 측정은 다른 나라에서도 실행된 바가 많지 않을 정도로 대규모로 진행되었다. 이번 연구는 전국의 21개 지역을 농촌, 해안, 공업

본 논문은 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.(과제번호 20120671)

*Corresponding Author : Jin-hyung Kim(Soonchunhyang Univ.)

Tel: +82-2-777-7777 email: hyoung1313@naver.com

Received July 04, 2013

Revised August 27, 2013

Accepted October 10, 2013

도시로 구분하여 10년간 조사하였으며 본 연구는 그중 아산지역의 대기부식 속도를 측정하기 위하여 시편을 자연환경(온도, 습도, 해수, 산성비, 자외선 등)에 노출시켰을 때 환경을 제외한 나머지 조건들을 통일시켜 다른 지역의 값과 통합해 부식지도로 활용 할 수 있는 자료를 수집하고 실험을 실시한다. 본 실험은 아산지역에서 4년간 시편을 대기 중에 노출 시켰을 때의 부식속도를 알아보고자 하였다.

2. 실험방법

시편은 200mm*100mm의 크기로 제작하였으며 Table 1은 옥외 폭로 시험시편의 초기 상태를 나타내고 있다.

시험시편은KS D0060-2005에 의거하여 옥외폭로 시험장치를 제작하였다. 부식생성물 제거방법은 KS D ISO 8407이며 부식 생성물 제거 시 모재부가 용해될 수 있으므로 동일 조건에서의 시험에서 구한 모재의 무게감소량(blank test)을 부식된 시편의 무게변화량에서 빼줌으로써 오차를 줄였다. 무게감소를 이용해 부식속도를 mm/y 단위로 계산하고 ISO 부식등급 기준으로 각 시편의 등급을 나타냈다. 부식 속도는 다음의 식을 이용하여 계산 하였다.

$$\text{Corrosion rate(mm/y)} = 87.6 \times W / \text{DAT}$$

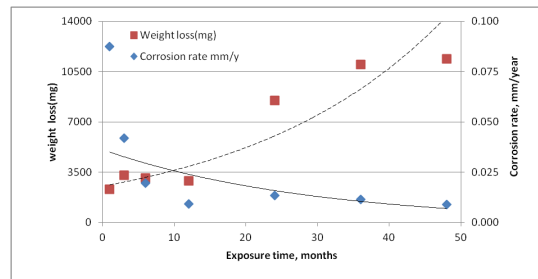
W는 무게 감소량(mg), D는 밀도(g/cm^3), A는 노출면적(cm^2), T는 노출시간(h)을 나타내며 4년 동안 시편을 대기 중에 노출 시켰을 때의 부식속도를 구하였다.

[Table 1] Experimental specimens

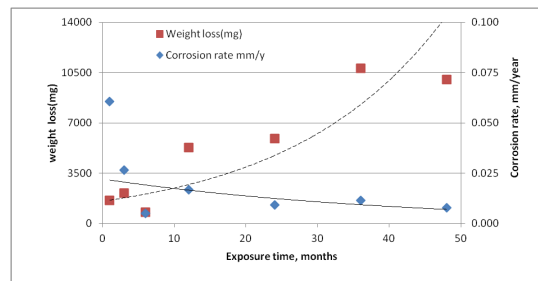
Speciments	Symbol	Surface conditions
Carbon steel	CS	-
Carbon steel(sand)	CS(sand)	sand blasting
Weathering steel	WS	-
Weathering steel(sand)	WS(sand)	sand blasting
Galvanized steel (Cutting plane exposed)	Gal-S	Hot dip galvanized
Galvanized steel (Electroplating after cutting)	Gal-S(P)	Electroplated
Galvarium (Cutting pland exposed)	Gal-V	Hot dip galvanized
Copper	Cu	-
Aluminum	Al	-

3. 실험결과

Fig. 1은 아산지역에서(a)탄소강과 (b)탄소강(sand)의 노출시간에 따른 무게감소량과 부식속도를 보여준다. (a) 탄소강, (b)탄소강(sand)의 무게감소량은 시간이 지남에 따라서 증가하고 부식속도의 경우에는 시간에 따라서 감소하는 경향을 보인다. Fig. 2는 아산지역에서(a)내후성강과 (b)내후성강(sand)의 노출시간에 따른 무게감소량과 부식속도를 보여준다.



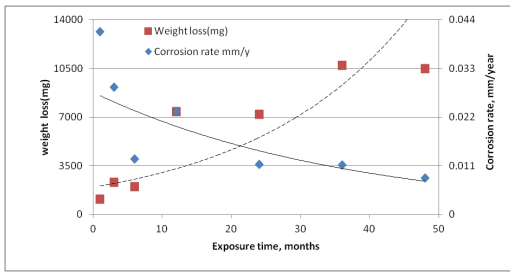
(a)



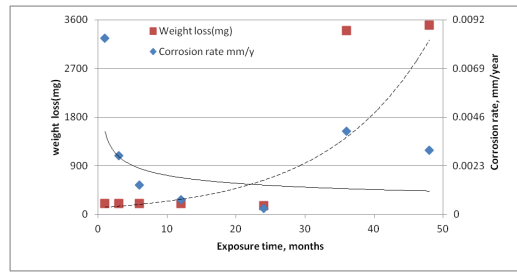
(b)

[Fig. 1] Corrosion rate and weight loss of (a)CS, (b)CS(sand) as a function of exposure in Asan area.

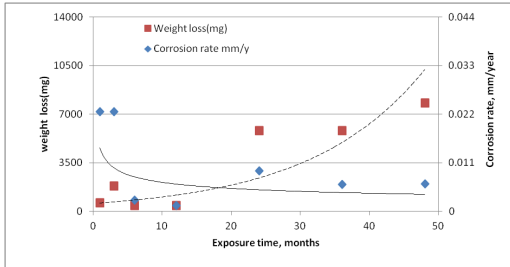
(a)내후성강, (b)내후성강(sand)의 무게감소량은 시간이 지남에 따라서 증가하고 부식속도의 경우에는 시간에 따라서 감소하는 경향을 보인다. 탄소강과 내후성강 모두 sand처리한 시편의 부식속도가 작으나 낮게 나타났으며 이것은sand처리로 표면을 활성화 시킨 것이 조기에 표면의 부식생성물을 조밀하게 생성시키는 효과를 가져와 부식의 진전을 방해한 것으로 생각된다. 그러나 그 효과는 크지 않았다.



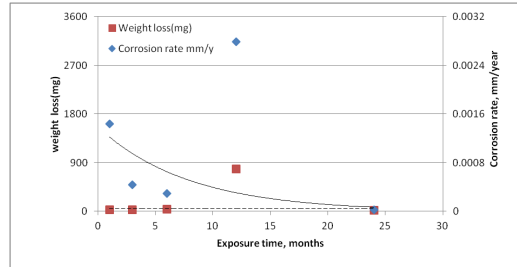
(a)



(b)



(b)



(c)

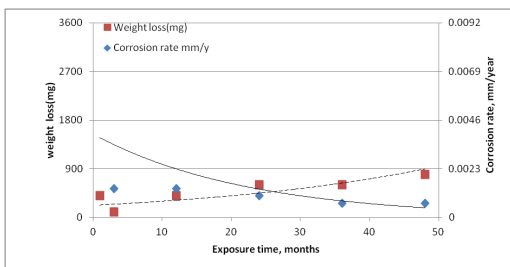
[Fig. 2] Corrosion rate and weight loss of (a)WS, (b)WS (sand) as a function of exposure in Asan area.

[Fig. 3] Corrosion rate and weight loss of (a)Gal-s, (b)Gal-s(P), (c)Gal-V as a function of exposure in Asan area.

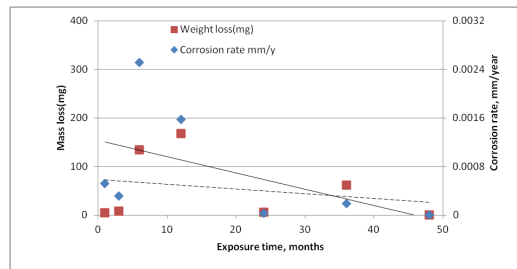
Fig. 3에서 (a)아연도강(절단면 노출)의 무게감소량은 시간이 지남에 따라 증가하고 부식속도의 경우 시간에 따라 감소하고 있다. (b)아연도강(절단면 전기도금)의 무게감소량은 36개월에 급격히 증가하고 있다. (c)갈바리움(절단면 노출)의 무게감소량은 12개월을 제외하고는 많은 차이를 보이지 않았다. 하지만 24개월에서 무게 감소가 크게 줄어든 것으로 보아 이는 실험상의 오차로 생각된다. 시편을 비교해 보면 갈바리움(절단면 노출)시편이 무게감소량과 부식속도가 가장 낮게 나타났으며 아연도강(절단면 노출), 아연도강(절단면 전기도금)무게 감소량은 많은 차이가 나지 않았지만 36개월 지난 아연도강(절단 후 전기도금)시편이 무게감소량이 급격히 증가하는 것으로 보아 이것은 36개월이 지나기 전에 도금된 아연이 모두 용해되어 더 이상 희생양극 작용을 하지 못하기 때문으로 생각된다.

Fig. 4는 아산지역에서 (a)알루미늄 (b)구리의 노출시간에 따른 무게감소량과 부식속도를 보여준다. (a)알루미늄의 무게감소량은 6개월과 12개월에 가장 높게 나타났으며 부식속도는 6개월에 가장 높게 나타났으며 그 후로 점점 감소하고 있다.

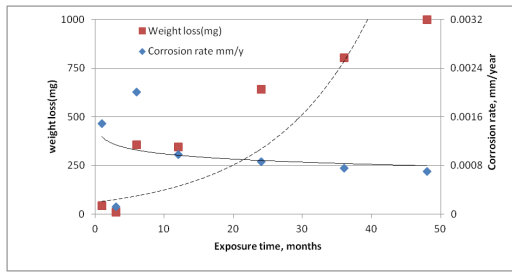
옥외폭로 기간이 48개월 된 시편은 부식속도가 처음에 비해 감소한 것을 확인할 수 있다. 부식속도가 감소하는 경향은 시간이 지남에 따라 금속표면에 부식생성물이 쌓이면서 외부 대기환경과의 접촉을 방해하는 요인으로 작용하여 부식속도가 감소된다고 생각되어 진다. 합금 5종에 대해서 탄소강이 다른 금속에 비하여 부식속도와 무게감소량 높게 나타났으며 탄소강, 내후성강 모두 sand 처리한 시편이 sand처리하지 않은 금속보다 무게감소량과 부식속도가 낮게 나타났다.



(a)



(a)



(b)

[Fig. 4] Corrosion rate and weight loss of (a)Al, (b)Cu as a function of exposure in Asan area.

[Table 2] Corrosivity categories of regional

	CS	CS (sand)	WS	WS (sand)	Area
Asan	3	3	4	3	rural
Andong	3	2	3	3	rural
Seoul	3	3	3	3	urban
Gwangju	3	3	4	3	urban
Pohang	5	5	5	5	marine
Busan	4	4	4	4	industrial
Dangjin	4	4	5	4	industrial
Pohang (Wolpo)	4	4	5	5	industrial

	Gal-s	Gal-s (P)	Cu	Al	Area
Asan	3	4	3	3	rural
Andong	2	5	1	1	rural
Seoul	3	3	3	1	urban
Gwangju	3	1	5	4	urban
Pohang	5	5	3	4	marine
Busan	1	3	3	4	industrial
Dangjin	4	4	5	1	industrial
Pohang (Wolpo)	3	3	3	3	industrial

이상의 결과를 ISO9224/1992[1]에 의거 나타냈으며 Table 2의 타 지역 부식등급은 한국부식방식학회 자료이다. Table 2에 나타나 있는 바와 같이 36개월 폭로 후 각 지역 별로 부식등급이 다르게 나타났으며 이는 각 지역의 환경적 요인이 다르기 때문이라고 생각된다. 포항(월포)지역의 부식등급이 가장 높으며 그 다음 당진, 부산, 아산의 순으로 나타났으며 농촌지역인 안동은 가장 낮은 것으로 평가 되었다. 이것은 포항, 당진, 부산 등이 해안에 위치하여 염화이온의 농도가 높았기 때문으로 생각된다.

다. 본 연구가 진행된 아산지역은 부식등급이 3.25로 나타났으며 이 등급은 도시지역인 서울보다도 높은 등급으로 이와 같이 높은 등급을 보인 이유는 원래 농촌지역으로 분류되었지만 최근 급격한 산업화와 서해안에 비교적 가깝게 위치하였기 때문에 농촌지역의 부식특성보다는 해안 지역의 특성에 가깝게 나타난 것으로 생각된다. 48개월 폭로 시킨 시편의 부식등급은 36개월 폭로 시킨 시편과 차이가 없었으며 알루미늄의 경우에만 부식등급이 1로 나타났다.

환경부 국립환경과학원 연구보고서[2]에 따른 강수 중 염화 이온의 지역별 평균농도를 알아봤으며 안동 0.71, 서울 0.89, 대전 1.245, 광주 1.36, 태안 2.55ppm으로 나타났다. 본 연구가 진행된 아산지역은 측정소가 없기 때문에 인접 지역인 천안으로 대신했으며 천안은 1.02ppm이었다. 이 자료에서 알 수 있는 것처럼 천안지역의 염화물 농도는 1.02ppm 이지만 천안보다 아산은 해안에 더 가깝게 위치하여 이 보다는 더 높을 것으로 생각된다. 이와 같은 높은 염화물농도는 아산지역이 농업 지역임에도 불구하고 높은 부식등급을 갖는 것을 잘 설명해 주고 있다. 본 연구와 같이 염화이온 농도가 커짐에 따라 부식속도가 커지는 경향은 다른 많은 연구자들의 연구결과[3-7]와도 잘 일치하고 있다.

3. 결론

1. 시험된 여러 종류의 금속들은 초기에 빠른 속도로 부식이 일어나며 시간 경과에 따라 전체적으로 감소하는 경향을 보인다.
2. 탄소강, 내후성강은 sanding 처리 한 시편의 경우 sanding처리 하지 않은 시편보다 무게감소량, 부식속도가 낮게 나타났다.
3. 아연도강은 절단면을 그대로 노출한 시편보다 절단면 전기도금처리한 시편의 부식속도가 낮게 나타났다.
4. 아산지역에서 시험된 금속 혹은 표면처리 된 금속들은 WS를 제외하고 모두 3정도의 부식등급을 나타 내었다.

* 48개월 옥외폭로 실험도중 학내공사로 인하여 시험편이 섞였을 가능성이 있어 sand와 sand아닌 것에 구별이 되지 않아 서로 바뀔 가능성이 있습니다. 48개월 시편에 대해서는 sand와 아닌 것은 부식속도를 구별하는 것이 의미가 없을 것이라 생각된다.

References

- [1] ISO 9224/1992, Corrosion of metals and alloys corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories.
- [2] J.C.Kim, J.Y.Ahn, A.Y.Shin, M.Y.Sung, S.A.Noh, J.S.Son, J.H.Park, S.J.Lee, "The Study for a Regional Scale Variation of Acid Deposition and Its Impact on the Ecosystem", National Institute of Environmental Research 2010
- [3] Johan Tidblad, Atmospheric corrosion of metals in 2010-2039 and 2070-2099, Atmospheric Environment 55, 1-6, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.02.081>
- [4] Yuantai Ma, Ying Li, Fuhui Wang, The atmospheric corrosion kinetics of low carbon steel in a tropical marine environment, Corrosion Science 52, 1796-1800, 2010
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2010.01.022>
- [5] F.Corvo, J.Minotas, J.Delgado, C.Arroyave, Changes in atmospheric corrosion rate caused by chloride ions depending on rain regime, Corrosion Science 47, 883-892, 2005
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2004.06.003>
- [6] Antonio R. Mendoza, Francisco Corvo, Outdoor and indoor atmospheric corrosion of non-ferrous metals, Corrosion science 42, 1123-1147, 2000
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0010-938X\(99\)00135-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0010-938X(99)00135-3)
- [7] Tran Thi Ngoc Lan, Nguyen Thi Phuong Thoa, R. Nishimura, Y. Tsujino, M. Yokoi, Y. Maeda, Atmospheric corrosion of carbon steel under field exposure in the southern part of Vietnam, Corrosion science 48 179-192 2006
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2004.11.018>

김진형(Jin-Hyung Kim)

[준회원]



- 2012년 2월 : 순천향대학교 신소재공학과 학사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 신소재공학과 석사

<관심분야>
부식 및 방식, 표면처리

이종권(Jong-Kwon Lee)

[정회원]



- 1977년 2월 : KAIST 재료학과 (석사)
- 1986년 3월 : 오하이오 주립대학교 금속학과 (박사)
- 1979년 3월 ~ 1992년 2월 : 한국기계연구원 선임연구원
- 1992년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 신소재공학과 교수

<관심분야>
부식 및 방식, 표면처리