

〈産學協同〉

부식과 방식의 실태와 대책

김 면 섭

한양대학교 공과대학

Status-quo of Corrosion and Its Control in Korea

M. S. Kim

College of Eng., Hanyang University

1. 서 언

우리 인간은 오래 전 부터 자연에 존재하는 광물을 처리하여 금속을 얻어 이것을 우리 일상생활에 유리하게 이용하여 왔다. 우리 일상 생활에서 이제는 없어서는 안 될 존재가 된 이 금속은 다시 자연에 존재하는 광물형태로 되돌아 가려는 경향이 크다는 것은 마땅한 자연현상으로 금속은 부식되지 않을 수 없음을 이해할 수 있다. 이런 금속 중 철은 강하고 가공이 쉽고 값이 싸고 풍부하며 비교적 안정하므로 여러 산업분야나 일상생활에 가장 널리 사용되어 오고 있다. 그러나 이 철도 예외 없이 대기 중에서는 수중에서는 부식된다는 결점을 안고 있다. 철은 부식되기 때문에 철로 만든 제품이 더 많이 생산 판매되었다고도 할 수 있었으나 이 철에 대한 방식기술의 미흡이 철재료의 위치를 유기고분자화합물재료나 요업재료에게 양보하지 않을 수 없게한 것만은 사실이다. 앞으로라도 방식기술이 발달되어 철의 부식이 거의 없게 된다면 책상, 결상등 우리 주위의 일용품부터 차량, 선박, 건축물등에 사용되는 거의 모든 재료는 목재, 플라스틱, 요업재료로 부터 금속으로 옮겨 질 비율이 클 것이라 생각된다.

2. 부식 및 방식 실태

우리나라에서도 오래 전부터 철기가 사용되었고 그 외에 금, 은, 구리, 납, 주석등 금속이 사용되어 왔으므로 모름지기 부식과 방식에 대한 기술도 태동되어 있었다고 할 수 있다. 우리나라서 금속 공업의 시작은 뚜렷하게는 1883년의 전원국에서의 화폐제조로부터

다. 그러나 얼마 후 부식의 일본식민지 정책으로 다른 공업은 물론 금속 공업은 1900년 초에는 수공업을 면치 못하였다. 1차 대전 말기 부터 우리나라 자원을 탐낸 일본은 이것을 이용하기 위해 불가피한 최소한의 공장들을 건설하였으나 일본은 우리나라 사람들의 기술 습득의 기회는 최소한으로 제한하였다. 좋은 예로 "조선산의 명반석을 원료로하는 알루미늄의 부식실험"에 관한 연구가 1936년에 일본사람에 의해 발표되었다¹⁾.

1945년 해방과 더불어 남북이 분단됨에 따라 이북의 풍부한 지하자원과 전류의 공급이 중단됨에 따라 남한의 공업은 큰 타격을 받게되었고 게다가 6.25사변으로 그나마 있던 공장들은 거의 황무지 상태로 폐허화되고 말았다. 1960년 이전에는 부식과 방식에는 거의 관심이 없었던 시절이라 할 수 있다. 그것은 "용결존재하의 교반에 의한 연철부식에 관한 연구" "선저도료에 관한 연구" 방청계제법에 관한 발명 특허 방청도료 제법에 관한 발명 특허등 몇가지 자료²⁻⁵⁾에 지나지 않은 것으로 부터도 알 수 있다.

그러나 1960년도는 우리나라 공업에 시동이 걸린 시기라 할 수 있다. 1961년의 총주 비료공장의 준공과 1964년의 대한석유 울산 경유공장의 가동등 각 분야의 공업은 1960년대에 시작되었다 하여도 과언이 아니다. 따라서 당연히 금속재료의 사용이 불가피하므로 부식과 방식의 대책이 강구되어야함은 물론이다. 그리하여 우리나라에서 부식과 방식의 연구가 처음으로 규모있게 시작된 것은 조종수씨가 한국과학기술연구소 내에 부식연구실을 만들면서 이라고 생각된다. 그리고 방식

대책을 목적으로 한 우리나라의 최초의 기업인 김신극씨의 동양전기방식 건설주식회사가 세워져 지금까지 많은 활약을 하고 있다⁵⁾.

우리나라 부식 및 방식 기술의 조직적인 활동을 위한 전환기는 1970년대라고 본다. 부식 및 방식에 관한 과학기술의 진보 발전을 도모하고 산업발전에 이바지할 목적으로 1971년 3월 6일에 한국부식학회의 창립을 보아 초대 회장에 전민재 씨가 당선되었다. 그 후 지금까지 한국부식학회는 회지 발간은 물론 매년 춘계와 추계에 걸쳐 2회의 학술발표회를 가졌으며 6회에 걸친 부식 및 방식 강습회를 개최하여 많은 기술자들에게 부식 및 방식 기술의 학습에 도움도 주었다. 한편 1970년은 우리나라 산업의 발전기라 할 수 있다. 산업의 발전에만 주력하게 되다 보니 여기까지 부작용도 많이 생겼다. 그 중 가장 큰 장애가 부식 문제이라 할 수 있겠 되었다. 1970년 말경에는 1960년초기에 건립된 공장의 장치들은 거의 20년 가까이 사용되었으므로 예외 없이 많은 부식을 당하게되었다 게다가 과거 20년간은 부식에는 별 신경을 쓰지 않은 경향 때문에 부식문제는 의외에도 더 심각해졌다. 따라서 부식 및 방식에 관한 연구도 차차 활발해져 한국부식학회 회지에 실린 부식 및 방식 연구 논문만도 상당수가 되었다. 현재 약 200명의 회원을 가지고 있는 한국부식학회의 앞으로의 발전에 기대를 걸어 본다. 즉 1980년대는 우리나라의 부식 및 방식기술의 발전기가 되리라 예측하더라도 큰 잘못은 없으리라 생각된다.

우리나라의 부식과 방식 기술의 발전을 위한 준비사업으로 한국부식학회는 우리나라 부식과 방식의 현황 파악을 위한 조사를 대대적으로 준비중에 있다. "우리나라 부식 및 방식 실태조사"는 이미 1960년 후반에 한국과학기술연구소의 부식연구실에서 행한 바 있다⁶⁾. 그러나 그 때 사정과 지금 사정은 많이 달라졌으므로 우리나라의 부식 및 방식 기술의 현황파악과 앞으로의 전망에 관해 면밀한 조사연구가 절실히 요구된다. 이와 같은 사업은 산학협동 및 정부의 적극적인 뒷 받침에 의해서만 성공할 수 있다고 생각된다.

3. 부식과 방식 대책

부식은 금속체가 그 표면에 접하는 물, 공기 특히 산소, 염화이온등 물질과 반응하여 산화물이나 수산화물로 변하여 소모되는 것을 말한다. 이 중 대기 중에서 철이 부식되어 표면이 거칠어지는 현상을 녹이 쓴다고 하여 이 때의 부식 생성물을 녹이라 한다. 그리고 부식을 방지하는 것을 방식이라 하고 철의 녹이 쓰는 것을 방지하는 것을 방청이라고 하나 그 차는 엄밀

히 구별되지 않는다.

부식에서는 액체의 물이 존재하느냐 하지 않느냐에 따라 다르다. 보통 상온에서의 부식 현상은 거의 액체 물이 관계하는 습식이고 고온산화에서는 건식이라 할 수 있다. 또 부식은 금속표면에서 비교적 일정한 속도로 진행되는 전면부식과 특정한 부분에 부식이 집중되는 극부부식은 그 원인도 다르므로 당연히 그 방식방법도 달라진다. 이 중 대책이 어려운 것은 극부부식이고 전면부식은 수명의 예상이나 방식대책도 비교적 쉽다. 그러나 극부부식은 전면부식의 50~100배의 속도로 빨리 부식되며 응력이 가해지며 한층 더 빠르며 발생장소도 구조상 중요한 부위에 일어나는 일이 많으므로 그 예상과 방지대책이 중요하지만 간단하지는 않다. 극부부식은 결과적으로 보면 그 부식부위와 주변 부에서 어떤 차가 있었음이 틀림없고 전기화학적으로는 전위차로 예측된다. 그 차의 원인을 금속표와 환경 쪽으로 대별할 수 있으며 그 차를 적게하는 것은 극부부식을 방지하기 위하여 불가피한 일이다.

일반적으로 물 중에서의 부식속도는 용존산소량에 크게 지배되며 그 양이 많을 수록 부식이 빠르다. 그러나 물 중에 침적된 금속체가 부분적으로 용존산소량이 달라지면 여기에 산소 농담전지가 형성되어 용존산소가 적은 부분이 anode가 되어 극부부식이 일어난다. 해수 중에 수직하게 세워진 강재의 부식이 산소농도가 큰 간만부보다 약간 깊은 곳의 산소량이 적은 정수부가 오히려 부식이 빠른 것은 이 때문이다. 철강은 얇은 절삭 중에서는 빨리 부식되지만 진한 절삭 중에서는 거의 부식되지 않으며 이것은 얇은 절삭 중에 넣어도 부식되기 어렵게 된다. 이와 같은 상대가 부동태이다. 이 외에도 전차 캐도로부터의 전류로 지중배관이 전식되든가 박테리아에 의한 세균부식등 특수한 현상도 있다.

금속의 부식은 금속과 그 주위의 환경물질과의 화학적 또는 전기화학적 반응으로 반응속도에 관계되는 인자가 대단히 많고 더우기 반응에 의해 생긴 부식생성물의 종류와 조밀도에 따라 그 후의 부식속도가 달라지므로 더욱 복잡해진다. 따라서 금속체의 구조물이나 장치의 수명예상은 대단히 어렵다. 철에 녹이 쓰든가 금속이 부식되면 금속제품 자신의 수명이 단축되고 상품가치가 저하될 뿐만 아니라 장치라던 부식으로 인해 운전중 정지함으로 일어나는 손실도 무시할 수 없다. 한편 장치 내용물의 류출에 의해 오염되든가 인화폭발등의 위험이 생기는 등 인간생활의 안전을 해치는 사고에 연결되는 일도 적지 않다. 또한 해양개발, 해수의 담수화, 태양열 개발, 철교, 원자력 이용등 무엇

을 하든 금속의 부식은 따라 다니므로 부식문제의 해결이 이러한 대형 계획의 성패를 좌우할 수도 있다고 하여도 과언은 아닐 것이다.

방식대책은 방식설계, 내식금속의 선택, 환경 차단법, 환경 처리법, 전기방식법에 의해 이루어질 수 있다. 방식설계시는 용력이 집중하든가 부식성물질이 부분적으로 돌리지 않도록 하고 보수나 점검이 용이하도록 배려하여야 한다. 모든 환경에 내식적인 금속은 없다. 환경조건이 명확할 경우에는 그것에 견디는 금속을 사용해야 한다. 금속체 표면을 피복하여 방식하기 위해서는 금속피복으로는 내식금속을 표면에 입히든가, 용융도금, 용융금속의 분무 도포, 고온확산침투, 전기도금 등의 방법이 있고 유기피복으로는 도료를 도장하든가 방청유를 도포하는 방법이 있고 무기피복으로는 범당, 유리질 피복, 인산염으로의 산화막 생성처리등이 있다. 환경 중의 유해성분을 제거하든가 환경 중에 부식억제제를 첨가하는 방법으로는 공장내의 제습, 금속제품의 방습포장, 순환식 냉각수 중에 부식억제제의 투입등이 있다. 강재가 해수 중에서도 같은 비교적 전류분포가 균일하게 행해질 수 있는 장소에서의 전기방식에서는 외부에서 직류전류를 가하든가 아연이나 마그네슘등의 금속과 접촉시켜 전위를 낮추며 극부전위의 균일화를 도모하여 방식된다.

기계가공 중의 철강부품이나 수송, 보관 중과 같은 일정기간 만 녹을 방지하는 일시적 방청에 사용되는 방청제의 특징은 방청효과를 갖임과 동시에 제거가 용의하다는 것으로 이것에는 방청유, 기화성 방청제 및 플라스틱등이 있다. 방청유는 광물유에 부식억제제를 첨가한 것이며 기화성 방청제는 승화성을 갖임 방청제로 기능적으로는 환경처리 형식이며 사용목적은 일시 방청제로서 포장지 내면에 도포된 기화성 방청지로도 많이 사용된다. 가스성플라스틱은 이것을 180°C 정도로 가온용융한 속에 철강부품을 침적한 후 꺼내 상온에서 피막을 형성시키는 열간 침적형과 도료와 같은 방법으로 도장 후 용제가 휘발되어 건조피막을 형성하는 용해형이 있어 제거시에는 용의하게 벗겨진다.

장기간의 방청에 요구되는 철강제품은 많으나 공장에서 양산되는 자동차나 가전제품은 공장을 떠난 후에는 도장면이 상하면 전면적인 도장을 다시하는 것은 어렵다. 이들의 내구성은 공장 출하시의 도막성능에 의하여 대략 결정된다. 한편 대형의 강 구조물에서는 건축비가 크므로 간단히 바꿀수가 없으므로 적당한 유지법이 필요하다. 이와 같은 적절한 유지로 오래가는 실례로는 제 1회 민족박람회의 기념탑인 파리의 에펠탑이 있다. 1868년에 건설되어 지금까지 그의 관리는 거의

완전할 정도이다. 산업의 발전에 수반하는 물자의 수송이나 인간의 왕래가 활발해지면 철도나 도로망이 확대되고 강이나 해협사이에 긴 다리가 요망된다. 우리나라에서 서울지구 한강에 벌써 12개의 큰 다리가 건설되었으며 건설 중인 것도 3개나 된다. 대개 외국의 경우 다리 완성후 약 4년에 한번씩 방식도로로 보호하고 있으며 그 도로도 차차 개량되어 가고 있다. 대부분의 외국의 다리는 강체에 직접 접촉부에는 아연이 피복되어 있으며 이 아연은 철에 대해 anode로 작용하여 철을 대신하여 보호하고 있으며 영국에서는 주로 아연을 용융하여 분사 도포하고 미국에서는 주로 아연도료를 도포하고 있다. 피막 최의층은 미국에서는 주로 알미늄이든 합성수지도료를 도포하고 영국에서는 주로 휘물계 운모상 산화철을 도포하고 있다. 이 운모상 산화철은 화학적으로 안정할 뿐만 아니라 운모상으로 도막 중에 분산되어 빛이나 수분등이 피막중에 침입하는 것을 방지하는 효과가 크다. 알미늄가루도 같은 모양의 작용이 있어 합성수지에 의한 강재의 보호작용을 한층 높이고 있다.

도료를 사용했다 해서 반드시 내수성이 좋다고 할 수는 없다. 특히 도장 조건이나 도장전의 강체표면의 청결도나 조밀도는 도막의 부착성이나 도막성능에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 구조물에서는 그 설치장소의 환경조건에 좌우된다. 영향인자를 계통적으로 고려하려면 강재구조물과 환경조건, 방식방법, 청결도, 작업조건등을 고려하여야 한다.

전기 방식법은 1820년대에 영국의 물리학자 Davy경이 전지의 해수에 의한 부식에 대해 보호아연을 부착시켜 방지하는 방법을 제안한 이래 대단히 긴 역사를 가진 방법이다. 그 후 2차대전 중 미국에서 지하의 가스관이나 석유 수송관등에 사용되어 많은 성과를 거두었다. 전기 방식에는 방식 전류를 공급하는 방법에 따라 유전 anode 방식과 외부전원방식이 있다. 유전 anode 방식은 피방식체보다 자연전극전위가 낮은 금속을 전기적으로 접촉하여 그 금속을 anode로 하여 용해시켜 발생하는 전류를 이용하는 것으로 양극으로는 일반적으로 Zn, Al, Mg등이 사용된다. 외부전원 방식은 피방식체에 대하여 전해질에 설치된 전극에서 직접 전원장치에 의해 전류를 주는 방식으로 불용성전극재료로서는 자성산화물, 납, 은합금, 규소주철, 백금, 탄소등이 있다.

해수 취수용 회전망에는 주로 stainless제를 사용하는 데 망이나 주위의 철재사이의 전자작용으로 해수의 유속이나 해수중의 생물등의 부착에 의해 산소 농담전지가 생산되는 등의 원인으로 부식은 진행된다. 이의 방

식법으로는 외부전원 방식이 사용될 수도 있다. Al anode에 의한 유전 anode 방식이 상용될 수도 있다. 해수를 사용하는 열교환기는 보통 내식성이 좋은 Al 황동관이 사용되나 철계 타 부속과 동계관의 이중금속 전지작용이 커서 부식이 심한데 이 때는 유전 anode를 부착하여 방식한다. 발전소등의 냉각기에도 내식성이 큰 Al 황동계나 청동계가 사용되나 해수를 사용시에는 해수에 화학물등이 많이 함유되어 있으면 부식이 빠르므로 외부전원 방식이 사용된다. 이 외에 공장장치에서의 응용으로는 각종 저장 탱크 내면, 오수처리시설, 온수장치등에도 전기방식이 행해지고 있다. 또 특수한 화학장치로서 고순도의 할로젠염류의 결정을 만드는 탱크의 내부에 니켈을 사용하여 전기방식을 하는 실태나 그온 고농도 수산화나트륨용 철계 탱크 등에 대한 공식방지용 전기방식의 예가 있다.

항만이나 해양구조물 또는 지하구조물에 대한 전기 방식은 우리나라에서도 이미 많이 사용되는 방식법의 하나이다.

4. 결 언

부식에 의한 손실 또한 막대하다. 방식을 효과적으로 행 할 수 있으면 부식에 의한 손실도 적어질 것이므로 이에 대한 연구가 결실히 요구된다. 특히 우리나라

라에서는 방식에 대한 인식은 그런대로 높아졌으나 그 대책강구에는 아직 등한한 느낌이 없지 않다. 별로 자원이 풍부하지 못한 우리로서는 자원을 아낌과 동시에 우리들이 사용하고 있는 물질들의 소모를 아끼는 것도 중요한 일이라 하지 않을 수 없다.

부식 방식에 대한 기술의 발전을 위한 노력, 부식과 방식에 대한 깊은 인식의 보급, 부식 방식 기술자의 양성, 부식 방식의 대책강구 등 우리들에게는 아직 할 일들이 많이 있다. 1980년대는 우리나라의 부식 방식 기술의 발전의 시기가 될 것이 기대되며 큰 발전 있기를 바라는 마음 간절하다.

참고문헌

- 1) 園田晋, 電化, 4, 231 (1936)
- 2) 安利泰, 中工, 4, 51 (1948)
- 3) 鄭基現, 金永南, 科研, 3, 59 (1958)
- 4) 金東奎, 發特, 313 (1958. 7. 2)
- 5) 趙義祥, 發特, 276 (1958. 3. 18)
- 6) 金信克, 한국부식학회지, 2(2), 57(1973)
- 7) 趙鍾瑋, *ibid.*, 1(1), 37(1972)
- 8) 田尻勝紀, 化學と工業, 30, 418 (1977)
- 9) 中村典道, *ibid.*, 27, 513 (1974)