

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『대상』 수상 작품

RUST or TRUST

고려대학교 신소재공학부
박찬웅 이지우 성종원



1. 부식 재료 및 발생 장소
재료: 특수강, 스틸 알루미늄 합금
장소: 경춘선 숲길 화랑대 철도공원

2. 부식 원인
노원구청에서 일제강점기에 일제의 군수물자를 공급하기 위해 생겨났지만 지금은 쓰이지 않는 화랑대역을 철도공원으로 만들었다. 사진 속의 기차는 실제 서울에서 운행되던 열차와 같은 모델로 일본 히로시마로부터 양도받았다. 하지만 시간이 지나면서 기차 일부에 부식이 일어났다. 철은 물과 만나면 전자를 잃고 붉은색 녹을 형성하는 부식이 발생하므로, 철의 부식에는 대기 중의 산소와 습기가 치명적이다. (1)의 사진을 보게 되면, 차체가 페인트로 칠해져 있는 부분은 부식이 일어나지 않았지만, 빗물 등으로 인해 페인트가 벗겨져 금속이 대기 중에 노출된 곳에서는 부식이 일어났음을 확인할 수 있다. 추가로 (2)사진을 함께 보면, 페인트가 벗겨진 양보다는 벗겨졌다는 사실 자체가 부식에는 크게 작용함을 알 수 있다. 차체가 대기중에 노출되어 여러 오염물질 및 수분이 차체 표면에서 부식환경을 조성하면, 강철의 내식성 저하로 부식이 발생한다.
이 외에도 기차와 관련된 부식에는 철도의 이동체 부분이나 기차의 바퀴에서 일어나는 갈바닉 부식이 있다. 갈바닉 부식이란, 서로 다른 조성의 두 합금이 연결되어 일어나는 부식이다. (3),(4)사진을 통해, 접합된 서로 다른 두 금속 중 반응성이 큰 한 금속에서만 갈바닉 부식이 일어났음을 확인할 수 있다.

3. 부식 방지 방안

- 1) 도장 처리
→ 부식 환경에 취약한 부분들이 직접 노출되지 않게끔 막을 형성해 부식을 방지할 수 있다.
- 2) 희생 양극
→ 피방식 금속보다 저전위의 금속을 전기적으로 연결하면 희생 양극에서 전류와 금속이온이 흘러나와 희생 부식을 해 원하는 금속의 부식을 방지할 수 있다.
- 3) 스테인리스 스틸
→ 철도의 차체를 크롬을 12% 이상 첨가한 스테인리스 스틸과 같은 내식성이 좋은 금속을 사용한다.
크롬이 공기 중의 산소에 의해 산화 되어 얇은 Cr_2O_3 층을 형성해 외부와 접촉을 차단한다.
- 4) 누설전류 최소화
→ 전차선의 공급 전압을 높여 운전전류를 감소시켜 누설전류를 감소시킨다.
또한 강재 전차선을 견고히 지지하고 절연 매립제를 시공해 대지와 전차선 사이 절연저항을 크게 하여 누설 전류로 인한 지하 구조물 및 매설물의 전기부식을 예방하는 방법이 있다.

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『고등부-우수상』 수상 작품

예술은
과연
영원한가

소속: 대전과학고등학교
성명: 임하온



<충남대학교 예술대학 야외 전시물>

재료: 와셔 소재: 철

부식 원인:
강수로 인한 철의 산화

부식 방지 방안:
전시물을 실내로 옮겨 비를 피하게 한다. 혹은
겉을 칠하여 산소와의 직접적인 차단을 막는다.
처음 제작할 시 스테인리스 강 와셔를
이용한다면 근본적인 예방이 가능하다.

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-우수상』 수상 작품

야외 철봉 부식방지를 위한 아연 및 테프론 코팅

성균관대학교
박은하



부식 재료 및 발생 장소

- 탄소강(Carbon Steel)
- 등산로, 야외 놀이터, 운동장 등의 운동기구 설치소

부식 원인

- 오염가스(SO₂, etc)로 인한 대기부식
- 땀이나 산성비에 의한 국부 부식
- 산성비의 질산염과 반복적인 응력으로 인한 응력 부식 균열

부식 피해사례

- 응력 부식 균열로 인한 취성 파괴
- 쇠독 및 파상풍

부식 방지 방안

- 탄소강 파이프 표면에 전기아연도금
- 액상 테프론 가열(350 °C) 후 분사를 통한 테프론 코팅

[1] 허미담, 헬스장 대신 '산스장' 갑니다" 야외로 나온 시민들에 '부들', 아시아경제, 2020년 9월 5일. [5] Cui, L. I. N., San-juan, C. H. E. N., Wen, H. E., & Li-cai, Z. H. A. O.. Journal of Iron and Steel Research, 6,7 (2011).
[2] 정경, & 김공범. 한국부식학회지, 27, 4 (1998). [6] Denny A. Jones, "Principles and Prevention of Corrosion", 2nd Edition (1996).
[3] Kim, S. G., 풀간산업보전, (2018) 8-28. [7] "파상풍[tetanus]", 서울대학교병원 의학정보, 서울대학교병원
[4] An, B., Zhang, X., Han, E., & Li, H. JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY· SHENYANG., 20, 2 (2004) 220-222. [8] 김성중, 우용빈, & 한민수. 한국미생물지니언학회회 학술대회 논문집, (2009) 431-432.

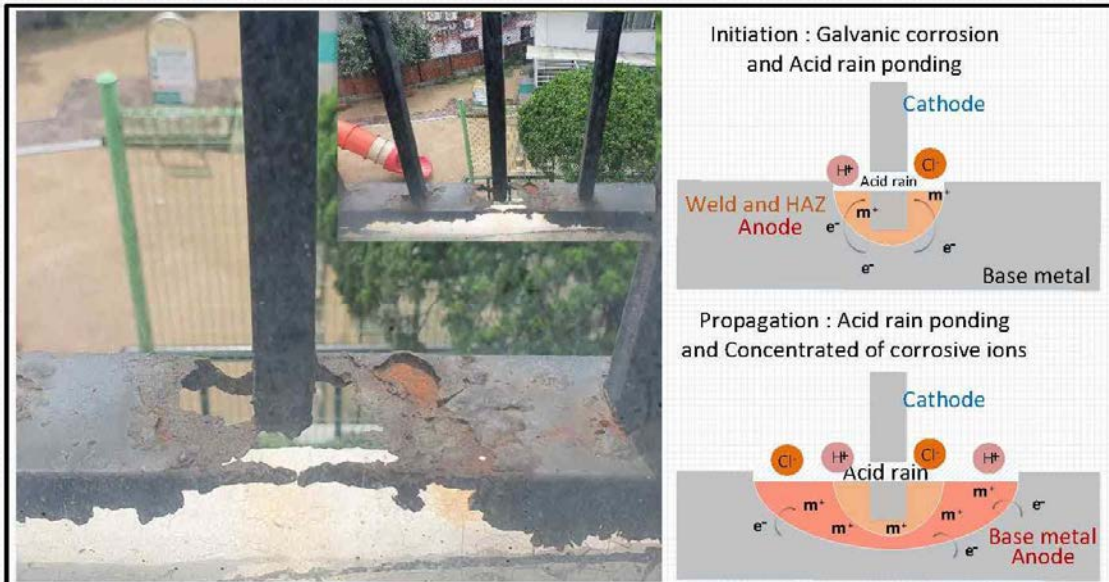
한국부식방식학회 2020년도

제1회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-우수상』 수상 작품

아파트 난간 용접 부위의 부식에 의한 파손

소 윤 식

성균관대학교 전기화학응용연구실



1. 부식 재료 및 발생 장소

- 해당 파손 사례는 아파트 베란다 난간의 하단부가 부식에 의해 소실되어 있는 것으로 사용된 소재는 탄소강으로 예상됨.

2. 부식 원인

- 초기 : 갈바닉 부식 (Galvanic Corrosion)
 - 파손부 중 세로 방향 난간의 형태가 원형을 유지함.
 - 특정 세로 방향 난간과 인접했던 부분의 부식이 가장 심각함.
- 중·말기 : 난간의 구조 (Design)
 - 직각형상의 용접 부위로 빗물이 고이기 용이한 구조이며, 외부환경 (산성비)에 의해 부식성 이온(Cl^- , SO_4^{2-})이 농축됨.

3. 부식 방지 방안

- 갈바닉 부식 억제 방안
 - 전위가 다른 이종 금속 방지 → 동일소재 사용, 용접 시방서 준수
- 구조적 영향 억제 방안
 - 수분이 고일 수 있는 구조 지양 → 갈바닉 셀 형성 및 부식성 이온의 농축을 방지 할 수 있음.

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『고등부-장려상』 수상 작품

싱크대 수도관의 부식 사례와 그에 대한 방지 방안

조혜리
경남과학고등학교



1. 부식 재료 및 발생 장소

- 부식재료는 싱크대 수도관에 사용된 철이며, 발생 장소는 김해시 진영읍 진영리 237-10번지의 부엌이다.

2. 부식 원인

금속이 산화 등의 과정을 거쳐서 부식이 발생하게 된다. 이 부식 사례의 재료인 철에서 발생한 녹은 산화철(III)(Fe_2O_3)을 가리킨다. 또한 녹이 발생하는 가장 큰 원인은 물이다.

3. 부식 방지 방안

- 수분의 접촉을 차단하여 철의 이온화 방지
- 수중의 산소 제거로 수산화 이온 생성 억제
- 전위를 높여 부동태화
- 전위를 낮춰 안정화
- 알칼리화
- 수 처리 장치에 의해 녹, 스케일 제거
- 화학 세정
- 부식 억제제, 녹물 방지제 적용
- 배관을 연결할 때 실링제 적용

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

생활 속 부식

김찬영
고려대학교 신소재공학부

01



02



03



1.부식 재료
주철

2.부식장소
청계천 공구상가

3.부식 원인
철의 산화반응

4.부식 방지 대안
1)제습제 사용
2)억제제 사용
3)음극 보호법

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

고려대학교 신소재공학부
백건우

맨홀

뚜껑의 부식 방지



1. 부식재료
-주철

2. 부식의 원인
-염분과 습기로 인한 산화반응
-뚜껑의 요철에 의해 물이 고이고 산화반응을 가속화한다



3. 발생 장소
-성북구 안암동

4. 부식 방지 방안
-뚜껑들의 요철에 의해 물이 고이는 현상을 방지하고자 표면을 매끈하게 만든다

정화조

수도계량기

-다양한 뚜껑들의 부식사례들



한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품

서울시 성북구 소재 H 아파트 보일러 분배기의
갈바닉 부식으로 인한 가지관 파손

서동일
국민대학교 신소재공학부 부식 및 방식 실험실



1. 부식 재료 및 발생 장소

➢ 황동으로 이루어진 아파트 보일러 분배기와 탄소강으로 이루어진 가지관 연결 부위

2. 부식 원인

➢ 황동과 탄소강의 기전력 차이로 인한 갈바닉 부식

➢ 갈바닉 부식이란 서로 다른 두 금속 사이의 접합부분에서 부식이 어느 한 금속에만 국한해서 발생하는 부식

3. 부식 방지 방안

① 이종 금속간 접합에 따른 갈바닉 부식을 방지하기 위하여 접합 부분에 절연 가스켓(gasket)을 설치

→ 탄소강과 황동사이의 절연처리를 함으로써 전기적으로 분리되어 갈바닉 부식이 발생하기 어려움

장점 : 재료를 바꿀 필요 없이 가스켓만 설치함으로써 간단하게 갈바닉 부식을 방지할 수 있음

단점 : 가스켓이 역할을 제대로 못하면 갈바닉 부식은 막을 수 없으며 가스켓에 의한 틈부식 발생 가능성이 있음

② 탄소강을 부식이 되지 않는 PB(폴리부틸렌)관으로 대체

→ PB관은 고분자로 이루어진 관이므로 전기적으로 절연이 되어 갈바닉 부식이 발생하기 어려움

장점 : 교체비용이 적고 탄소강에 비하여 전기화학적으로 부식이 되지 않음

단점 : 운수 또는 급수에 의하여 PB관이 열화되거나 경화되어 파손될 가능성이 큼

③ 갈바닉 부식을 방지 하기 위하여 분배기와 가지관 사이의 기전력 차이를 줄이고 또한 가지관의 부식을 억제하기 위하여 금속 표면에 부동태 피막이 형성되는 스테인리스 강으로 가지관을 대체

→ 황동(음극)-탄소강(양극) (약 300mV 차이) ↔ 황동(양극)-스테인리스강(음극) (약 250mV 차이)

장점 : 스테인리스 강으로 대체 시 탄소강 보다 황동과의 기전력 차이가 줄어들

스테인리스 강의 부동태 피막 때문에 부식이 발생하기 어려움

양극으로 작용한 탄소강에 비하여 스테인리스강은 음극으로 작용하여 부식이 발생하기 어려움

단점 : 탄소강에 비하여 스테인리스 강은 값이 비쌌, 역으로 황동에서 갈바닉 부식이 발생 할 수 있음

결론 : 보일러분배기에 연결된 탄소강 가지관의 갈바닉 부식을 방지하려면 가스켓설치와 PB관 교체의 방법도 있지만 어느 정도 열적, 기계적 성질이 보장되고 부동태 피막 때문에 부식이 덜 되는 스테인리스 강으로 가지관을 교체하는 것이 바람직하다.

한국부식방식학회 2020년도
제1회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품

Water Wall Tube 손상에 의한 수소취화

정호현
한전KPS



1. 부식 재료 및 발생 장소

- 부식발생 재질 : 재질 : A210-A1, $\Phi 76.2 \times 5.2t$
- 부식발생 장소 : 대산 화학단지 OO 열병합발전소 보일러 Water Wall Tube

2. 부식 원인

- 보일러 수냉벽 튜브의 파열은 고열부하구간에 Deposit이 생성 → Deposit 하부에서의 잠복현상에 의한 부식성 물질 농축 → 장기간의 부식진행 → 수소원자가 금속내부로 확산 → 수소취화의 결과로 파열된 것으로 추정

3. 부식 방지 방안

- 내시경 검사결과 Right Wall 17열~35열은 취약구간으로 판단되므로 이 부분을 포함하여 15~40열(2~3단 버너레벨)은 교체하는 것이 적절할 것으로 판단
- 교체하지 않은 Tube 손상을 방지하기 위해 화학세정을 통해 튜브 내면에 부착되어 있는 산화철, Deposit 등 불순물 또는 부식물질을 제거하여 손상원인 물질 제거를 권고

한국부식방식학회 2021년도
제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『대상』 수상 작품

Another War on a Warship

고려대학교 신소재공학부 김초원, 이지영



▶ 부식 재료 및 발생 장소

부식 발생 장소 : 충남 당진시 삼교호 함상공원 (상륙함, 구축함)
부식 재료 : 철강, 탄소강

▶ 부식 원인

삼교천 방조제 바깥쪽에 위치해 있는 함상공원에는 1940년도에 건조되고 1999년도에 퇴역되어 해군에게 대여 받은 퇴역군함 두 척이 2000년도부터 전시되어있다. 상륙함인 화산함-LST679는 내부를 전시관 시설로 꾸며놓았고, 구축함인 전투함-DD925는 전투함 내부를 공개하여 실제 모습을 볼 수 있도록 해놓았다. 하지만 20년이라는 세월이 흐르면서 해수와 해양 대기 등의 영향을 받아 선박의 외부에 부식이 일어나게 되었다. 4번과 5번의 사진을 비교해보면 밀물과 썰물에 의해 해수의 영향을 받는 부분이 그렇지 않은 부분에 비해 부식이 많이 진행되었음을 알 수 있다. 또한, 페인트가 벗겨진 부분에서 부식이 특히 더 많이 일어난 모습을 볼 수 있다. 추가로 2번 사진을 보면 배의 옆면보다 배의 모서리 부분에서 철강의 부식이 더 잘 일어나 붉은 녹이 흘러내리는 현상을 볼 수 있다. 1번과 3번 사진을 보면 접합부분을 기준으로 철의 부식이 진행되었음을 알 수 있는데, 이런 현상을 갈바닉 부식 현상이라고 한다. 이는 서로 다른 금속이 접촉하게 되면 전위차가 발생하고 음극과 양극으로 나뉘어져, 이 중 전위가 더 낮은 양극이 부식되는 현상을 말한다. 1번 사진은 선박의 외부 통로에 부착되어 있는 안내수칙판이며, 이는 해양 대기의 영향을 받아 부식되었다. NaCl의 함량이 높은 해양 대기는 전기전도도가 높기 때문에 부식이 더 잘 일어나게 된다.

▶ 부식방지방안

1. 방청(防錆)도료 및 방오(防汚)도료 사용

방청도료는 선박 하부 등에 사용되어 금속 표면과 공기, 물, 이산화탄소의 접촉과 녹의 발생을 방지한다. 도료를 금속 표면에 도포할 때, 도막과 금속 표면의 밀착력이 좋고 균열이 생기지 않을 수록 좋다. 방오도료는 방청도료와 비슷하며, 선박 표면에 해양생물들이 달라붙는 현상을 방지하는 역할을 한다. 일반적으로 선박 하단에 방청도료와 함께 사용되며, 아산화동이 주 물질로 사용된다.

2. 코팅법

금속 표면에 내식성이 큰 재료를 피복하는 방법이다. 금속과 유기물, 세라믹이 모두 가능하지만, 해양에서의 철강 기반 소재에는 시계나 Zn계 재료를 주로 이용한다. 2016년에는 유지보수작업이 어렵다는 해양구조물 코팅의 단점을 개선하는 레이저신호 기반 코팅기술이 개발된 바 있다.

3. 전기방식법

금속 표면에 전류를 흐르게 하여 양극 반응을 억제하는 과정을 말한다. 방식 전류를 흐르게 하는 방법에 따라 희생 양극법과 외부 전원법으로 분류되며, 해수 환경에서는 시 양극을 충전재로 하는 희생양극법을 사용할 수 있다.

4. 해수용 합금 사용

다양한 합금들 중 Ti 강판이 해수에 대한 내부식성이 뛰어나지만, 가격대비 고성능의 합금을 찾는 추가 연구들이 진행중이다.

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『고등부-우수상』 수상 작품

한국부식방식학회 2021년도 제 2회 부식 사례 사진 포스터 공모전

Corrosion&Corona: 코로나19가 가져온 부식



1. 부식발생 재료와 장소

광주과학영재학교 사물함 잠금장치 및 자물쇠 : 쇠 (Fe)

광주과학영재학교 급식실 세면대 앞 발쪽 손소독기 페달 및 밀면 판 : 알루미늄(Al)

2. 부식 발생의 원인

두 사례 모두 코로나19 방역으로 인한 부식이다.

1) 사물함 잠금장치 및 자물쇠

사진 (1)의 사물함 손잡이는 사용하지 않아 소독제의 영향을 받지 않은 것이고 사진 (2), (3), (4)의 손잡이는 소독제의 영향을 받은 것이다. 매일 아침 사물함 손잡이 부분에 분무형 소독제를 뿌린 후 소독용 물티슈로 닦는데, 분무형 소독제에는 정제수와 차아염소산이 들어있다. 정제수가 잠금장치 및 자물쇠의 금속 표면 보호산화물 층을 용해시켜 표면을 부식에 취약한 환경에 노출시킴으로서 금속과 산소가 반응해 수분 부식이 일어난다. 그리고 차아염소산이 정제수와 만나면, 수소이온과 차아염소산 이온이 발생하는데, 수소이온에 의해 수소 유도 균열이 생기고 차아염소산 이온은 산화제 성분으로서 부식을 유발한다. 또한, 물티슈 속 수산화 나트륨은 정제수에 용해되며, 전해질이 발생한다. 발생한 전해질은 전자를 이동시키므로 금속에서 산화가 발생해 부식이 일어난다.

다만, 자물쇠 유무와 자물쇠 소재에 따라 부식 정도가 다르다. 사진 (2)와 (3)을 비교하면 (3)의 부식이 더 심한데, (3)에서 자물쇠를 빼고 놓으며 잠금장치 부분과 자물쇠 사이에서 마찰이 발생했기 때문이다. 마찰에 의해 잠금장치와 자물쇠의 코팅제가 벗겨져 전해질 및 산소와 접하게 되어 산화 반응이 일어났을 것이다. 그리고 사진 (3)과 (4)의 잠금장치를 비교하면 (3)의 부식이 더 심하다. 사진 (3)의 자물쇠는 쇠로 되어 있고 (4)의 자물쇠는 쇠줄을 투명 플라스틱이 감싸고 있다. 쇠와 쇠가 만나면 마찰로 인한 손상이 발생하지만 쇠와 플라스틱은 그러지 않으므로 사진 (3)의 잠금장치 부분의 부식이 심하다. 또한 사진 (3)의 자물쇠는 부식이 일어났지만 (4)의 자물쇠는 플라스틱이 쇠를 보호하고 있어 전혀 부식이 일어나지 않았다.

과학영재학교 광주과학고등학교 전수정, 정지윤

2) 급식실 세면대 앞 발쪽 손소독기 페달 및 밀면 판

사진 ①은 급식실 세면대 옆에 설치된 발쪽 손소독기로, 손으로 인한 손소독제의 오염 및 코로나19 확산을 막기 위해 발로 페달을 눌러 손소독제를 사용하는 기기이다. 사진 ①, ②, ③에서 부식 정도를 확인할 수 있는데 페달과 판 부분 사이와 판 가장자리의 부식이 심하다. 페달이 고정되어 있지 않아 앞 뒤로 움직이는데, 이때 페달과 판 사이의 마찰 발생으로 코팅제가 벗겨져 부식이 일어났다. 또, 슬리퍼와의 접촉으로 표면의 오염이 발생하여 전해질 투과가 높아진 것도 부식에 영향을 미쳤다. 그리고 세면대와 가까워 습도가 높은 장소이고 손소독제가 판 부분에 떨어진 것에도 영향이 있다. 손소독제는 62% 에탄올과 정제수로 이루어져 있어, 에탄올의 성분이 판의 코팅을 벗겨 알루미늄과 산소가 접하게 되어 부식이 일어났다.

3. 부식 방지 방안

1) 음극화 보호법

반응성이 큰 금속을 금속 구조물에 도선으로 연결하거나 용접시켜 녹을 방지하는 방법이다. 반응성이 큰 금속이 먼저 산화하여 전자가 생성되면 철이 전자를 공급 받아 표면에서 환원 반응으로 철이 녹슬지 않는다.

2) 피막법

물리적 차단과 화학적 차단으로 나누어 생각할 수 있다. 물리적 차단은 부식성 유체에 견딜 수 있는 유기 물질 및 고분자 물질을 금속 표면에 일정 두께 이상으로 균일하게 도포하여 산화 유발 물질을 차단하는 방법이다. 예시로 기름, 페인트칠, 비닐, 플라스틱, 고무, 유리커버 등이 있다. 화학적 차단은 금속 구조물 표면을 다른 금속으로 코팅하여 화학적 산화를 조절하는 방법이다. 반응성이 큰 금속인 마그네슘, 알루미늄, 함석(Zn) 등은 흡이 생기기 쉬운 곳에 사용해 부식을 예방하고 반응성이 작은 금속인 양철(Sn), 주석, 구리, 납, 은, 금 등은 희생적 부식을 일으켜 부식을 예방한다.

3) 합금법

두 가지 금속을 녹는점 이상에서 혼합하여 내식성이 강한 금속을 제조하는 방법으로 스테인리스가 있다.

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『대학부-우수상』 수상 작품



부식 발생 장소 및 위험요소



선체 외판 부식

외판 굴림으로 인한 부식이 전체적으로 확산되었다. 용리파손 및 외판 약화에 따른 선박의 안전까지 해악이 우려된다.



선체 계단 부식

하중에 의해 계단 틈새의 도장이 탈락되었고, 이후 부식이 진행되었다. 계단 이용 시 용리 파손에 의한 안전 사고 발생 가능성이 존재한다.



갑판 위 날카로운 구조물의 부식

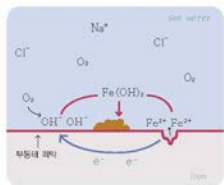
갑판 위에서 긴박한 작업이 이뤄지는 어선의 특성 상 작업 도중 부식 시 파손 등 위험요소 발생이 우려된다.



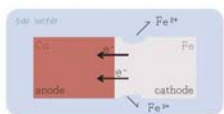
회전형 구조물의 부식

모터 - 드럼간 나사 결합부에서 이중 금속간 갈바니 부식이 발생하였다. 모터 및 드럼 기동 시 부식에 의한 마찰 및 소음이 증가하여 내구성 약화가 우려된다.

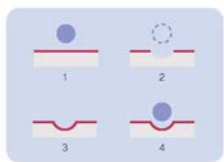
부식원인 및 메커니즘



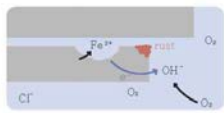
일반적 해수 부식 원리
 - 금속이 양극, 해수가 음극이 되는 전(腐蝕) 부식
 - 양극: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
 - 음극: $O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$
 - Hydroxide와 철 이온의 결합에 의해 rust 형성
 - 해수에서는 염소이온 다량 존재
 - 이온 전도성을 높이고 부동태 피막을 파괴해 부식 촉진
 - 자연 해수의 NaCl 조성은 부식에 가장 적합한 3.5%



Galvanic 부식
 - 서로 다른 금속 접촉 시 전위차 발생
 - 두 금속은 하나의 자체 셀이 되어 전자기 이동하고 전하를 따라 정류 발생
 - 내식성이 더 큰 쪽이 양극이 되어 부식됨
 - 리프트, 볼트 등에서 발생



Cavitation 부식
 - 높은 유속에서 발생하는 다포 부식의 일종
 - 수압 터빈, 압력 프로펠러 등에서 발생
 (부식전행과정)
 1. 압력변동에 의해 금속 표면에 기포 발생
 2. 기포가 터지며 충격파 발생과 피막 파괴
 3. 부식된 금속 표면에 산화 피막 재형성
 4. 기포도 다시 생기며 같은 과정 반복



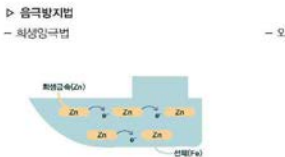
Crevice 부식
 - 물막이 틈으로 들어가서 나오지 못하여 발생
 - 주로 틈 내부에서 산화, 외부에서 환원 반응
 - 구멍을 내는 공식(pitting) 발생 가능성 존재
 - 각종 이음부, 볼트 등에서 발생

부식 방지

▷ 도장 및 도금
 선박의 부식 방지를 위해 사용되는 대표적인 방법이며 부식 방지와 해양생물의 부식 방지를 위해 사용된다. 거의 모든 부분에 적용하며, 해양의 부식 분위기와 금속의 직접적인 접촉을 방지하는 역할을 한다. 분위기 및 사용 부위에 따라 내후성, 내수성 등의 특성을 고려한 도료를 사용하여 선박의 내관과 같은 부분에는 용융아연도금이 이용 되기도 한다.



▷ 내해수성 재료 사용
 대표적 내식 재료인 스테인리스 스틸은 염소 이온에 의한 산화피막의 파괴에 취약하기 때문에 해양환경에서는 잘 이용하지 않는다. 따라서 해양환경에서 부식에 대해 저항성을 가진 Monel, 황동과 같은 내해수성 재료를 사용해야 한다. 이와 함께 재료를 가공할 때 용리가 누적되어 발생하는 용리부식균열 및 용접 시 접합부에서 발생하는 틈 부식에 주의해야 한다.



▷ 음극방지법
 - 희생양극법
 금속 간의 전위 차이를 이용하여 부식을 방지하는 방법이다. 주로 아연이나 알루미늄과 같이 산화가 우선적으로 일어나는 금속을 선체에 부착하고, 이 금속들이 선체 전위를 공급하여 부식을 방지한다.



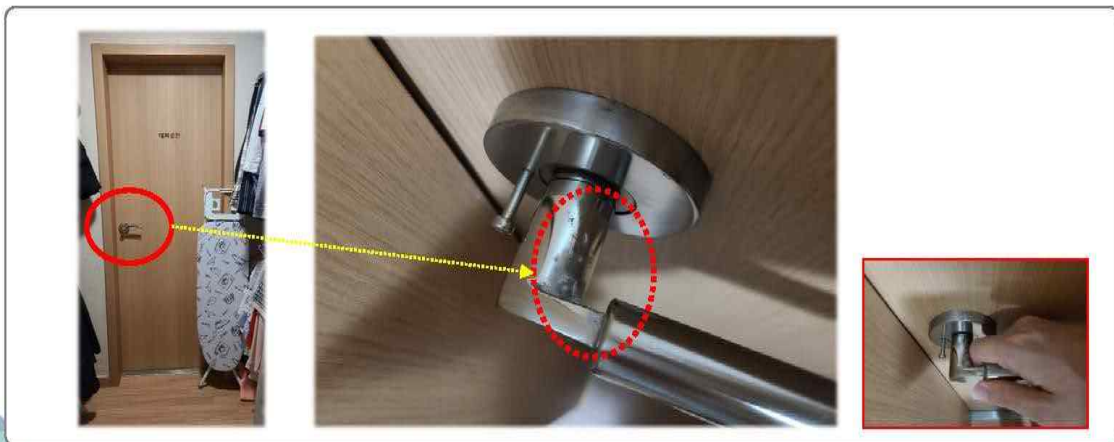
- 외부전원법
 선체에 부착된 금속에 의해 해수 속에서 서양이 생길 수 있는 희생양극법의 단점을 극복할 수 있는 방법이다. 선박의 선체가 기준전극을 부착하여 선체의 방식전위를 측정한다. 이를 기준으로 부식이 생기지 않을 수준의 전류를 선체의 정류기를 통해 발생시킨다. 발생된 전류를 선체에 부착된 불용성양극을 통해 공급해 부식을 방지하는 방법이다.

한국부식방식학회 2021년도
제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『일반부-우수상』 수상 작품

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전

손에 묻은건 코로나 뿐만이 아닙니다

류운철
현대자동차 남양연구소



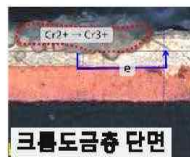
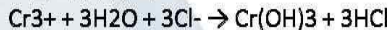
1. 부식 재료 및 발생 장소

재료 : 크롬도금
발생장소 : 가정집 대피로 손잡이

2. 부식 원인

손에 묻은 땀의 염분과 결로현상이 주된 원인이다. 문밖은 실외랑 연결 돼 있고 문안쪽은 실내와 연결되어 있어 겨울철이 되면 그 온도차이가 커지게 된다. 이로 인해, 수분을 포함한 대기의 온도가 이슬점 이하로 떨어져 대기가 함유하고 있던 수분이 손잡이 표면에서 물방울로 맺히게 되고, 기존에 남아있던 땀의 염분과 섞여서 부식환경을 조성시킨다. 가수분해반응으로 생성된 염산성분은 손잡이의 크롬층을 용해시켜서 부식을 일으킨다.

* 화학반응식



3. 부식 방지 방안

1) 재질변경 : 내식성 좋은 스테인레스 스틸로 변경

→ 크롬 16%이상 첨가된 STS304 계열 스테인레스 스틸을 사용한다. 실제로 외부환경에 노출되는 문손잡이에는 뛰어난 내식성을 가진 STS304 계열을 사용한다.

2) 전해질차단

손잡이에 고무패드등을 장착시킨다. 고무패드 장착시 표면의 결로현상 및 손의 이물질 접촉을 방지하여 부식을 일으키는 전해질을 사전에 차단할 수 있다.

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전
SEE OCEAN, SEA CORROSION
여상준
부경대학교 공업화학과



1. 부식 재료 및 발생 장소

- 1) 부식 재료 : 탄소강, 스테인리스 강, 청동
- 2) 발생 장소 : 통영 바닷가의 어선

2. 부식 원인

우리나라는 삼면이 바다로 이루어져 있기 때문에 예로부터 어업이 발달했다. 생계를 위해 어부들은 어선을 타고 바다로 나섰고 이때 어선을 구성하는 금속은 일반적으로 코팅 및 페인트에 의해 방식 처리가 된다. 그러나 이 코팅은 시간 경과에 따라 해수의 수분을 흡수하고 파도와 해류에 의해 약해진 코팅층이 박리와 함께 파괴가 일어나는 일반 부식이 발생한다. 그렇게 노출된 금속은 해수 및 용존 산소에 의해 전기화학적 부식이 발생한다.

(1)번 사진에서는 어선의 해수배수구 틈 부분을 중심으로 부식이 집중적으로 발생한 것을 볼 수 있는데 이러한 틈 부식은 금속과 금속, 혹은 금속과 비금속 사이의 틈으로 해수와 같은 전해질 용액이 침투하게 되고, 협소한 틈의 내부에서는 부식반응에 의해 용존 산소가 고갈된다. 이때 틈 내부는 작은 크기의 양극, 틈 외부는 큰 크기의 음극으로 작용하게 되어 갈바닉 연결로 인해 부식이 빠른 속도로 진행된다. 따라서 사진에서 보이는 해수배수구의 주변에 생긴 녹들은 틈 내부에서 진행된 부식이 틈 외부로 노출된 부식으로 판단된다.

(2)번 사진은 어선의 대기 폭로부에 적용된 못에서 발생한 부식이다. 해당 부식 부위는 해수 침적부가 아니지만, 어선의 다른 대기 폭로부에 비해 일반 부식이 심하게 발생한 것을 볼 수 있다. 이 부분은 파도나 해류에 의해 금속이 해수에 젖었다가 다시 대기에 노출되어 건조되는 과정이 반복되어 발생한 Wet/Dry 부식이라고 판단된다. 따라서 Wet/Dry 과정에서 금속 표면에 해수의 염분 농도가 점차 높아지고 따라서 부식이 가속화되는 환경이 만들어짐으로써 이러한 현상이 관찰된 것이라고 판단된다.

마지막으로 선박의 프로펠러에서 발견할 수 있는 마모 부식이 있는데 (3)번 사진처럼 프로펠러 날개 끝부분에서 관찰되는 케비테이션 마모 부식이다. 이 부식의 원인은 고속으로 회전하는 프로펠러의 끝부분에서 생긴 작은 증기 기포가 높은 압력과 온도로 금속 표면과 부딪쳐 폭발하고, 그 결과 금속의 케비테이션 마모 부식으로 진행되었다고 판단된다.

3. 부식 방지 방안

1) 실링 처리

⇒ 틈 부식은 내식성 재료인 스테인리스 강, 알루미늄에서도 발생하기 쉽기 때문에 틈이 발생 할 수 있는 부분에 실리콘과 같은 재료로 실링 처리를 해주어 해수 침투를 막아주는 것으로 틈 부식을 방지할 수 있다.

2) 고내식성 금속

⇒ 선박의 대기 폭로부에 사용되는 금속은 해수 온도나 염분 농도를 고려하여 일반적인 스테인리스 강 304나 316 혹은 Cr이나 Ni의 함량이 높은 고 내식성 스테인리스 강을 사용하여 부식을 방지할 수 있다.

3) 코팅법

⇒ 케비테이션 마모 부식은 가장 파손이 잘 일어나는 프로펠러 날개 끝단 부분에 마모에 강한 재료(anti-cavitation paint)를 코팅하면 케비테이션 마모 부식을 방지할 수 있을뿐더러 어선은 육상수리가 쉽기 때문에 보수가 용이하다는 장점도 있다.

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전

GOODBYE, RUST!

고려대학교 신소재공학부

박한길 박용준 윤건웅



1 부식 재료 및 발생 장소

재료 : 철근, 콘크리트
장소 : 철산교

2 부식 원인

교량은 하천, 바다 뿐만 아니라 도로 위를 가로질러 원활한 교통이 이어지도록 하는 매우 중요한 사회기반 시설이다. 교량 건설 기술이 발달하면서 규모가 큰 교량이 건설되었고 이에 따라 안전 문제가 중요해졌다. 우리나라 대부분의 교량은 1970~80년대에 준공되어 30년 이상이 지나 유지 보수 및 안전 관리가 절실하다. 사진 속 철산교 또한 1989년에 준공되었다. 최근 2018년에 이탈리아 제노바에서는 모란디 교량이 붕괴되어 막대한 재산과 인명피해가 발생했다. 교량 붕괴에는 주변 환경 요인도 있지만 그 외 부식으로 노후화된 구조물의 안전 관리 소홀이 주 원인이다.

직접 철산교를 현장 조사한 결과, 사진 (1)과 (2)에서 볼 수 있듯이 교량 도로 위의 신축 이음 장치가 부분적으로 녹이 솟아 있음을 확인할 수 있다. 교량의 신축 이음 장치는 산소와 수분에 직접적으로 노출되어 철의 부식 반응에 의해 녹이 든다. 이 반응으로 인해 발생한 붉은 녹은 철의 부피의 약 2.5배이기 때문에 팽창압이 작용해 양쪽에서 응력이 작용하고 콘크리트의 균열을 유발하여 결과적으로 부식의 진행률을 높인다. 이로 인해 이음 장치 아래에 있는 교량 받침에 오염된 물이나 빗물이 스며들어 심각한 부식을 일으킬 수 있다.

또한 사진 (3)과 (4)를 통해 교량 받침과 교각을 이루는 콘크리트의 열화가 어느 정도 진행되었음을 확인할 수 있다. 교량은 철근과 이를 둘러싸고 있는 콘크리트로 이루어져 있으며 콘크리트의 강한 염기성 환경에서 철근 표면에 얇은 부동태 피막이 생기는데 이 피막은 비활성 상태로 철근의 표면으로부터 산소와 수분을 차단해 부식을 막는다. 하지만 제설제(염화칼슘)의 염화 이온, 하천의 오염 물질 성분인 황산염 이온 등에 의해 교각을 이루는 콘크리트의 pH가 낮아지면 철근 표면의 산화를 피막이 활성화가 되어 파괴되고 철근이 주위 산소에 노출되어 부식이 진행된다. 추가로 사진 (4)를 보면 다리 밑에 많은 비둘기가 우리 지어 생활하는데, 강한 산성을 띠는 비둘기의 배설물에 의해 교각 콘크리트의 열화 및 부식이 진행된 것을 알 수 있다.

이 외에 다른 부식의 원인으로 콘크리트에 존재하는 세공을 통해 물과 용존 산소가 안쪽 철근으로 유입될 수 있는데 콘크리트의 투수성이 크면 철근 표면에 수분과 용존 산소가 더 많이 유입되므로 철근의 부식률이 커지게 된다. 또한 부동태 피막이 파괴되고 다리 주변의 전기설비에서 새어 나오는 전류가 콘크리트 내부의 철근으로 유입되면 철근의 부식이 촉진될 수 있다.

3 부식 방지 방안

1 스테인리스강

→ 부식에 강한 재료로 탄소농도가 0.1~1%인 탄소강에 12% 이상의 크롬을 섞어 만든 합금인 스테인리스강이 널리 알려져 있다. 강 표면에 크롬 산화물 피막이 형성돼 강의 부식을 막기 때문에 크롬의 농도가 클수록 내식성이 강해진다.

2 콘크리트의 투수성 낮추기

→ 철근 부식의 근본적인 원인은 콘크리트를 투과하는 수분이므로 콘크리트의 투수성을 낮추면 철근의 부식을 막을 수 있다. 콘크리트의 구성 비율 조합에 따라 투수성이 달라지는데 콘크리트의 물/시멘트 비율을 낮추면 철근과의 접촉성을 높이고 공극을 줄여 콘크리트의 투수성을 낮출 수 있다.

3 산화극의 면적 크게 하기

→ 철근의 부식률은 전기밀도에 비례한다. 공기 중에 노출된 철근과 콘크리트로 보호된 철근이 접촉해 있을 때 공기 중에 노출된 철근이 부식될 것이므로 산화극에 해당한다. 이 산화극의 면적을 크게 하면 전기밀도가 작아지므로 부식률, 즉 부식의 속도를 줄일 수 있다.

4 콘크리트의 비저항 크게 하기

→ 콘크리트의 비저항을 크게 하면 철근의 부식 속도를 늦출 수 있다. 콘크리트의 비저항에 영향을 주는 요인으로는 콘크리트의 조성, 수분, 염분 함유량 등이 있다. 콘크리트의 조성을 달리하여 강하면서도 비저항이 큰 이상적인 조합을 연구하거나 교각과 교량 받침 등 교량의 하부 구조에 제습 장치를 설치하여 콘크리트의 건조상태를 유지함으로써 비저항을 크게 한다.

5 외부 전원법

→ 철보다 반응성이 큰 금속을 철근과 도선에 연결하여 철이 부식되는 것을 막는 방법을 음극화 보호라고 하는데 이 방법은 산화되는 금속이 지속적으로 소모되므로 일정 기간이 지나면 교체해야 한다. 음극화 보호와 같은 메커니즘으로 철에 전자를 공급해 철의 산화를 막는 방법으로 외부 전 원법이 있다. 이는 외부 직류 전원 장치의 음극을 철근에 연결하고 양극을 전해질 내의 전극에 연결하여 철근에 전자가 지속적으로 유입됨으로써 철근의 산화를 막는 원리이다.

6 예폭시 피복 철근

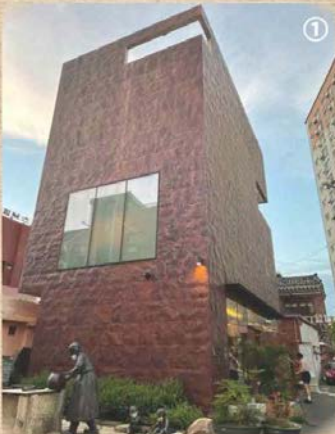
→ 콘크리트 내부에서 염화 이온이 일정 농도를 초과하면 콘크리트가 중성화 되지 않은 상태에서도 피막이 파괴되어 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 이를 해결하기 위해 예폭시 피복 철근을 사용할 수 있을 것이다. 예폭시는 철근과의 접촉성과 내식성이 뛰어나고 시공이 편리한 장점이 있어 많이 이용되고 있다.

한국부식방식학회 2021년도
제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

녹슨(NOXON) 고층

울산대학교 첨단소재공학부

상성철 시종규



부식 발생 재료와 장소

재료 : Copper Carbide (Cu_2C_2)
장소 : 울산 중구 옥골샘8길 23 '카페NOXON(녹슨)'

부식 발생의 원인

그림 ①은 카페 외관으로, 한 가족이 함께 운영하는 작은 가게를 노후화된 지역을 다시 활성화시키는 원동력으로 만드는 방안을 제안했다. 더불어 이 작은 가게가 지역의 시간을 온전히 담아내는 장소가 되기를 희망 한다고 한다.

그림 ②는 건물 외피에 쓰인 탄화동판의 확대 모습이다. 가로, 세로 60cm 크기의 탄화동판 1,549장은 한 장, 한 장 사람의 손으로 두들기고 불로 구워서 만들어진 것으로, 같은 모양은 하나도 없다. 탄화구리에 불을 가하는 것이 산화반응이고, $Cu_2C_2 + 3O_2 \rightarrow 2CuO + 2CO_2$ 이와 같은 반응을 통해 탄화구리와 산소가 만나 녹슨 구리인 산화구리와 이산화탄소가 만들어지게 된다. 망치로 두들긴 동판에 열을 가하면 온도차에 의해 산화속도가 달라지는데, 이는 온도가 높을수록 화학적 퍼텐셜이 커짐으로 인해, 원자의 움직임이 활발해져 산화반응이 잘 일어나기 때문이다. 그래서 한 동판에서도 산화에 따른 시간성이 다르게 나타난다. 이것이 불을 사용한 이유이다. 건축설계자는 이 건축물이 시간에 따라 노랑, 갈색, 검정, 청록색으로 바뀌게 된다는 의도로 설계를 했다. 그림 ③은 출입문의 동판으로 부식의 정도를 높이기 위해 산화 방식을 바꾸어 소금물로 닦아서 마감했다. 2019년 4월 건물이 완공됐을 때, 건물 외벽은 노란빛이 강했다. 그 후 동판은 점점 갈색으로 변모하더니 2년이라는 세월이 흐른 지금은 검은색, 청록색도 조금씩 나타난다. 또한, 녹슨은 동판의 해머링 기법에 의해 표면이 굴곡져 있어, 햇빛에 반사되는 빛 각도가 다르기 때문에 건축물의 표정은 매 순간마다 달라진다. 아침/저녁, 오전/오후가 다르고, 밝은 날, 흐린 날, 비 오는 날도 그 표정도 다르다. 고객 입장에서는 시간과 세월의 흐름을 건물 외벽을 통해 느낄 수 있으니, 새로운 경험이다.

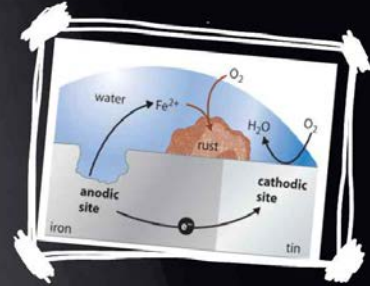
부식 방지 방안

- 1) 도금처리
▶ 원자재 값이 비교적 저렴하고, 이온화 경향이 높으면서 전위가 낮은 아연이나 주석 등으로 구리에 도금처리를 하는 것을 통해 희생 양극의 효과를 볼 수 있다.
- 2) 도장처리
▶ 부식에 직접적인 영향을 끼치는 물 혹은 산소와 같은 물질과의 물리적인 접촉을 방지한다.
- 3) 청동의 활용
▶ 구리에 주석 5-12%를 첨가하여 만들 수 있는 청동은 구리보다 강도와 내식성이 크다는 특성을 갖게 된다.
- 4) 부식방지제의 활용
▶ 동판을 부식방지제가 함유되어 있는 이온수에 침지시킨 후 건조함으로써, 부식의 속도를 늦출 수 있다.

한국부식방식학회 2021년도
제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2021년도 제 2회 부식 사례 사진 포스터 공모전

당신의 안전 지지대
믿을만 한가요?



부식 재료 및 발생 장소

> 철강 재료, 전봇대 및 가로등 지지대의 볼트와 너트

부식 원인

> 이종금속간의 접촉으로 인한 갈바닉 부식

부식 방지 방안

> 최대한 갈바닉 시리즈의 가까운 재료를 사용

> 볼트와 너트의 체결부에 절연체를 삽입

한국부식방식학회 2021년도
제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품



부식사례



1. 발생 장소

제주시 한림읍 협재해수욕장 (전력 케이블용 기둥)



2. 부식 원인 & 메커니즘

○ 이종 재질이 염수에 노출되어, 부식전위차 발생

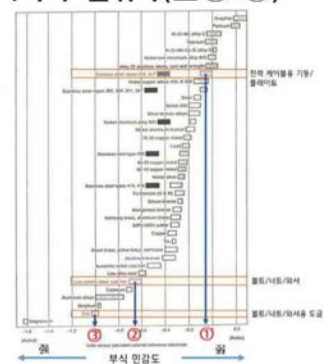
기둥 / 플레이트	볼트/너트/와셔
오스테나이트계 STS 316L (상당)	도금된 고장력강 (아연계열 도금)

○ 볼트와 너트, 와셔에 도금된 아연계열(일반적으로 아연알루미늄복합피막)은 희생양극 역할로, 도금층 일부가 소실되고 스틸이 노출되면 Large Anode Small Cathode가 형성되어 아연층 도금소실은 급격히 발생

○ 도금층이 완전히 소실되면 일반 탄소강 - 스테인리스강 사이의 전위차(□①-②)로 인해 갈바닉부식이 촉진

3. 부식방지 방안

- ① 동일한 재질을 사용하여 전위차를 최소화
- ② 볼트와 너트가 조립되는 면에 캡을 씌워 부식환경, 모래와 같은 물질에 의해 도금층 손상 방지
- ③ 이종재 매칭면에는 부식환경에서 전기적 접촉이 발생하지 않도록 인슐레이터용 플라스틱 와셔 또는 페인팅과 같은 방법 적용




한국부식방식학회 2021년도
제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2021년도 제2회 부식 사례 사진 포스터 공모전

STAY $\frac{IN}{UN}$ SAFE

전북대학교 금속공학과
정창우



1. 부식 재료 및 발생 장소
재료 : Fe강
장소 : 여수엑스포

2. 부식 원인
여수 엑스포 건물은 2012년 세계여수박람회를 위해 여수 바다 앞에 건축되었다. 사진의 난간은 엑스포 건물과 바다를 사이에 두고 설치된 안전을 위한 난간이다. 기존의 철 제품을 보호하고 있던 도장이 파도와 조류로 인해 벗겨지거나 자외선과 바닷물로 인한 열화가 일어나 틈이 생기면서 공기과 염화물이 다량 포함된 바닷물에 노출되어 빠르게 산화, 부식된 것을 볼 수 있다. 철은 물에 아주 쉽게 부식되며 전해질 역할을 하는 염화물이 다량 포함된 바닷물에는 그 부식 속도가 더욱 빠르게 진행된다. 2012년에 완공된 여수 엑스포 건물은 건축된 시점에 비해 그리 오래 되지 않았음에도 바닷물이 직접적으로 닿은 부분들이 부식이 된 것이 그 증거이다. 사진 2)에서도 바닷물이 닿는 부분들에는 도장이 벗겨지고 틈이 생겼고, 그러한 부분에 심각한 부식이 발생된 것을 볼 수 있다. 사진 3)에 바닷물이 닿는 부분(파란원)과 그렇지 않은 부분(붉은원)의 차이가 뚜렷한 것으로 보아 바다 환경이 철의 부식을 가속시킨다는 것을 알 수 있다.

3. 부식 방지 방안

- 1) 도금
 - 철과 도장층 사이에 내식성이 뛰어난 금속을 입히는 방식이다. 부식 환경에 가장 많이 사용되는 도금은, 아연 도금이다. 아연은 표면에 안정한 산화물을 형성하여 부식환경의 노출을 감소시키기 때문에 내식성을 향상시킨다. 또한, 아연은 철보다 순위가 낮기 때문에 Galvanic 부식에 의해서 철보다 먼저 부식이 진행된다. 따라서 약간의 표면 손상이 생기더라도 희생부식방식으로 철을 보호한다. 또한, 기존 아연도금 제품보다 합금아연도금 제품을 사용하면 Al, Mg 등이 더 안정한 산화물을 형성하여 내식성을 수배 상승시키는 것으로 보고되었다.
- 2) 스테인리스 스틸
 - 난간에 Cr을 첨가한 스테인리스 스틸과 같은 내식성이 좋은 금속을 사용하여 부식을 방지한다. Cr이 안정한 부동태 피막을 형성하여 철이 산소와 만나 산화되는 부식 현상을 효과적으로 방지한다.
- 3) 부식억제제
 - 양극반응을 억제하고 음극 반응의 촉진을 막는 크롬산나트륨, 폴리브덴산나트륨과 같은 산화형 부식억제제를 사용하여 균일한 부동태피막을 만들어 부식을 억제한다.
- 4) 도장층 안정화
 - 햇빛과 바닷물이 있는 환경에서는 내후성이 뛰어난 도료가 필요하다. 불활성이고 안정한 폴리비닐리덴디플로라이드 수지인 불소수지를 적용하여 부식을 방지할 수 있다.

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전 『대상』 수상 작품



① 부식 발생 장소·재료와 위험성

1. 차체 부식

장소: ITX-새마을 열차
재료: 알루미늄 합금
구조물 두께의 감소를 유발하여 초기 설계 하중값을 초과하는 부분이 생겨 내구성 저하로 이어질 수 있다.

2. 철도차량 하부 구조물 중 대차 부식

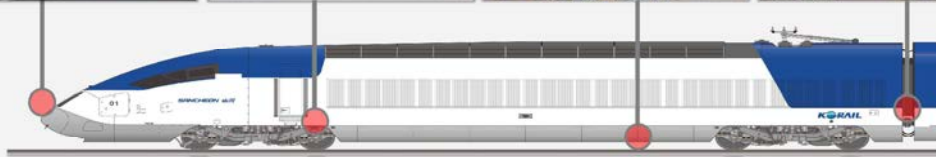
장소: 무궁화호 열차
재료: 탄소강
구동장치 및 제동장치의 고장 가능성을 높인다. 이로 인해 곡선레일에서의 회전기능이 저하되고, 탈선 위험성이 있다. 또한, 주행 시 철로로부터의 충격 감쇠 기능을 떨어뜨린다.

3. 선로 부식

장소: 서울역 3번 승차홈
재료: 고탄소강
레일의 부식은 승차감을 악화시키며, 심각할 경우에는 기차의 빠른 속도와 하중으로 인한 압력을 견디지 못하여 고속주행, 곡선주행의 성능을 저하시킨다.

4. 열차 연결기 헤드 부식

장소: 무궁화호 열차
재료: 저합금강
부식이 심각할 경우 기차 간 연결이 풀려 탈선사고 발생, 객차 및 승객에게 위험이 될 수 있다.



② 부식 원인

1. 자갈 도상에 의한 부식

①-1, 3의 부식 사례에 영향을 미치는 원인이다. 철도는 자갈 도상 위를 주행하므로 자갈의 비산에 의해 하부 구조물의 도장 표면에 흙이 발생하기 쉽다. 열차 주행 중에 외부 물체 충격에 의하여 철도 차량의 하부 구조물이 파손되거나 결함이 발생하면 부식이 시작된다. 외부의 영향으로 결함이 발생하면 안전 허용치 이하의 응력에 대해서도 균열을 발생시킬 수 있기 때문이다.

2. 철도 대기 부식

①의 네 가지 부식 사례 모두에 영향을 미치는 원인이다. 철도 주행 중 공장 시대 및 도시 지역과 같은 매년 지역으로부터 부식을 촉진시키는 인자에 노출되기 쉽다. 공장 시대의 이산화 황은 수분에 다량 용해되어 대기 부식에 있어 중요한 인자다. 대기 중 수분은 화학적 부식을 야기하는데, 수분은 공기 중에서 다량의 유해가스를 흡수하여 금속 표면의 전기화학적 반응을 지속시켜 부식을 촉진시킨다. 이산화 황은 철도 차량의 수분막에 용해되어 황산을 형성하여 부식을 가속시킨다. 이외에도 이산화 질소, 염소, 불소 이온 등 금속 표면에 용해성 용질을 형성하여 부식을 가속시킨다.

3. 철도 차량 하부 부식

①-2의 부식 사례에 영향을 미치는 원인이다. 철도 차량의 하부는 차량의 측면 및 상부에 비하여 다습한 상태로 유지되기 쉽다. 습도가 낮으면 부식의 진행이 느리지만, 바람이 잘 통하지 않고 습기가 있으면 부식의 진행이 쉬워진다.

4. 전차도장에 의한 부식

①-1의 부식 사례에 영향을 미치는 원인이다. 일부 도시철도차량은 제작 시 차체 강판부위에 전차도장을 한다. 전차도장의 결함 또는 수명이 도래하여 전차 도장과 강판 사이에 부식 생성물이 형성되고, 생성된 부식물은 젖음과 건조가 반복되는 과정에 따라 부피가 팽창하여 전차도장의 박리를 유발하게 된다. 일단 전차도장의 박리가 일어나게 되면, 그 부분은 양극으로 작용하여 다른 부분에 비해 부식이 집중적으로 일어나게 된다.

5. 누설 전류에 의한 전기 부식

①-2의 부식 사례에 영향을 미치는 원인이다. 국내의 대표적인 직류 전기철도인 도시철도는 가공 전차선과 레일 사이의 1500V의 직류전압을 인가하여 운행된다. 이때 레일로부터 대지로 누설전류가 발생하여 이는 인근의 금속 매체에 유입되어 흐르다가 인근 레일로 귀환된다. 이때 전류가 누출되는 지점에서 집중적으로 부식이 일어난다. 이를 전식 혹은 표류 전류부식이라 한다.

③ 부식 방지 방안

1. 도장 및 도금

②-1, 2, 3, 4의 부식을 방지할 수 있는 방안이다. 부식 분위기와 접촉을 막기 위해 표면을 다른 금속으로 얇게 피복한다. 금속 표면에 내구성, 내수성이 우수한 폴리우레탄 라이닝, 수지 라이닝 등의 재료로 피복한다. 한편, 피복에 결함이 생기면 오히려 부식이 빨라진다는 단점이 있다.

2. 내식성이 우수한 금속 사용

②-2, 3이 부식을 방지할 수 있는 방안이다. 철도를 내식성이 우수한 금속으로 대체하여 부식을 방지한다. 내식성이 우수한 재료로는 크롬이 12%이상 첨가된 스테인리스 스틸 등이 있다. 교체 비용이나 어려움 등의 문제가 있다.

3. 전기 부식 방지

②-5의 부식을 방지할 수 있는 방안이다. 전기 부식이란 물이나 도양과 같은 전해질 속의 금속이 전류의 흐름으로 이온화하여 소모되는 현상으로, 금속이 이온화하여 떨어져 나가는 것을 말한다.

1) 희생 양극법

금속이 그 표면의 전위차이에 의해서 부식을 일으키므로, 어떤 금속의 표면에서 가장 부식성이 큰 전위(가장 음[-]전위)보다 더 음전위를 가진 금속을 전기적으로 연결하여 부식을 억제하는 방법이다. 이 때 양극으로 사용될 비철금속으로는 철보다 이온화 경향이 큰 아연과 알루미늄이 있다. 알루미늄이 아연보다 단가가 낮고 이온화경향도 약하기 때문에 반응이 잘 일어나므로 알루미늄이 더 용이하다. 전원이 불필요하여 분산 배치가 용이하고 공사비가 저렴하다는 장점이 있으나, 방식폭력전류에 제한이 있고 방식 유효 범위가 좁아서 주로 국부 방식에 쓰이므로 방식대상물이 대형인 경우에는 부적합하다. 또한 양극의 지속적 소모로 일정한 수명을 가지므로 수시로 교체해 주어야 하는 등의 단점도 있다.

2) 외부 전원법

금속의 표면에서 전류가 방출되면 부식하고, 전류를 흡수하면 부식이 되므로 부식성이 적은 금속을 직류 전원의 [+극], 피방식체를 직류전원극에 연결하여 강제적으로 전류를 흐르게 하여 방식하는 방법이다. 직류전원설비가 소요되지만 방식효과가 크고 유효범위도 넓은 장점이 있다. 그러나 주위의 다른 매질물의 간섭에 의한 전식을 일으킬 수 있으므로 도심 지역에서는 주의해야 한다.

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『고등부-우수상』 수상 작품

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전

RUSTED SAFETY

KAIST 부설 한국과학영재학교 임효린



<가스 배관 부식> <보일러 분배기 밸브 부식> <각형강관 부식>

1. 부식 발생 재료와 장소

- ❖ 부식 발생 재료: 가스 배관, 보일러 분배기 밸브: 스테인리스강, 각형강관: 탄소강
- ❖ 부식 발생 장소: 서울시 강남구 대치4동 소재의 공동 주택

2. 부식의 발생 원인

부식이란?
화학적, 전기화학적 반응에 의하여 두개의 극으로 형성되고 양극부가 되는 금속 표면에서 녹이 쓰는 현상.

- ❖ 가스배관, 보일러 분배기 밸브, 그리고 각형강관 부식의 발생 원인은 강수나 물로 인한 습식 부식이 주원인이고 환경오염으로 인한 산성비 또한 표면에 부식 발생 정도를 증가시켰을 것임.
- ❖ 가스배관의 관과 관 사이의 접합부에서 부식된 표면이 다른 곳보다 많다는 것을 관찰할 수 있는데, 연결부에 사용되는 금속이 달라 더욱 강한 전위차가 발생하여 이로 인한 갈바니 부식이 일어 남.
- ❖ 보일러 분배기 밸브는 배관 내부의 수증 산소로 인하여 추가적으로 부식이 발생하였는데, 물에는 CaCO₃와 같은 다양한 염들이 녹아 있어 부식 발생에 필요한 전해질들을 공급하기 더욱 유리하고 수도 시설 등에서 미처 정화되지 못한 염소이온 또한 부식의 원인이 되었을 것임.
- ❖ 탄소강은 탄소 함량이 높을수록 수소 확산 계수가 낮아지고 수소 용해도가 높아지는데, 탄소 함량이 높은 각형강관은 부식이 일어나기에 용이함.

3. 부식으로 인한 피해

- ❖ 최근 수도관에서 발생한 홍수와 같은 상황에서 부식된 관들로 인하여 파상풍 등 다양한 질병이 발생할 확률도 있으니 안전에 유의하여 미리 예방하는 것이 좋다.
- ❖ 가스배관이 부식되어, 홀이 생기면 운반되던 도시가스가 외부로 방출되어 가스 흡입으로 인한 피해가 우려되며 부식된 보일러 관에 의한 피해로 난방 시스템이 고장 나가거나 난방수에 녹물이 섞여 나올 수도 있다.
- ❖ 각형강관에 부식이 일어나게 되면, 건물을 지지하는 지지력이 감소하여 안정성에 영향을 준다.

4. 부식 방지 방안



- ❖ 외부와의 접촉을 막아주는 방법
재질에 따라 부식방지 기능이 있는 도료로 코팅하거나, 플라스틱(PP,PE)테이프나 열수축 튜브로 차단
- ❖ 동일한 재질의 금속을 사용하여 관을 제조(갈바니 부식을 방지)
- ❖ 아연도금의 일부를 용해시켜 크롬산을 주성분으로 하는 혼산을 사용한 도금
- ❖ 산과 규산염계 부식억제제 이용하거나 양극 반응 또는 음극 반응을 억제하는 양극 부식 방지제를 사용
- ❖ 접합부와 관에 사용된 두 금속보다 활성이 큰 제 3의 금속(희생양극)을 부착

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-우수상』 수상 작품

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전

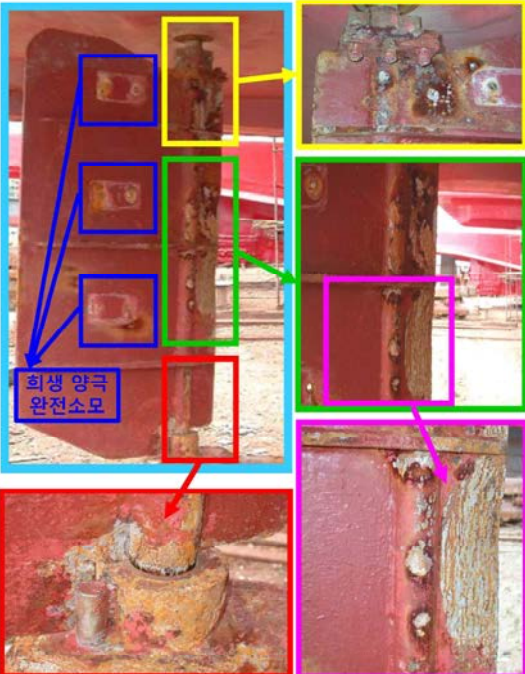
캐비테이션 현상으로 애타는 방향타 / Rudder는 너덜너덜

¹김강산, ²황현규, ²신동호, ²허호성
¹한국해양대학교
²목포해양대학교

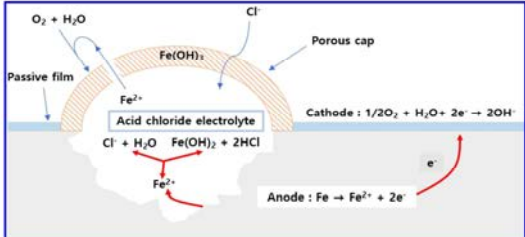
1. 부식 재료 및 발생장소

- 재료 : 고장력강
- 캐비테이션 발생 장소 : **방향타(Rudder)**



2. 부식원인

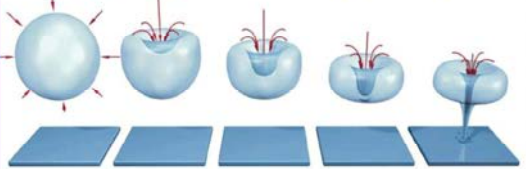
- 해수에서의 부식 원리
- 양극: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ / 음극: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
- 수산화물(OH-)과 철(Fe²⁺)이온의 부식생성물 **Fe(OH)₃** 형성
- 해수의 NaCl 조성은 부식이 가장 잘 발생하는 **3.5%**임



3. 부식 방지 방안

➤ 캐비테이션(Cavitation)

- 정의: 유체의 속도변화 → 증기압 이하의 압력변화 → **증기 기포 발생** → 증기 기포의 **충격으로 손상 발생**



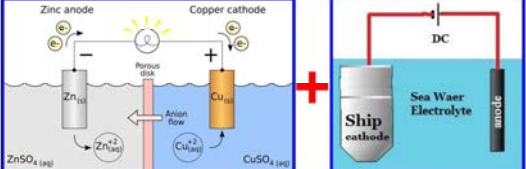
※ 물리적손상(캐비테이션) + 화학적손상(부식) = 손상가속화

➤ 희생양극법(Sacrificial Anode System)

- 피방식 금속에 **저전위 금속인 아연(Zn)**을 양극으로 접속하여 방식전류가 전달되도록 하는 방법

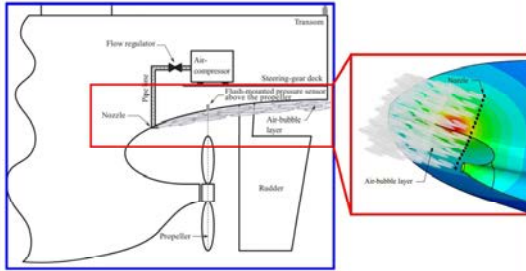
➤ 외부전원법(Impressed Current Cathodic Protection)

- **불용성 양극**을 사용하여 피방식체에 방식전류를 전달하는 방법



➤ 에어 인젝션(Air injection system)

- 프로펠러 리딩 엣지(Leading edge)에 **공기 주입** → 캐비테이션에 의한 **충격파를 상쇄**시키는 방법
- 공기 주입으로 **캐비테이션 붕괴에 의한 충격 완충 효과** 진동과 소음 감소 → 현재 군함에 적용되는 기술



한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-우수상』 수상 작품



사단법인 한국부식방식학회
The Corrosion Science Society of Korea

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전

DMZ 부식을 막아라...

De-Metal corroZon

현대자동차 연구개발본부 김병수 책임연구원

부식현상

원인

부식방지 방안

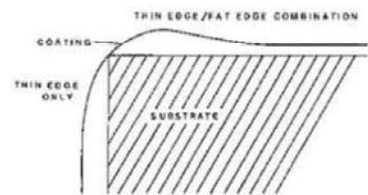


임진각 민통선 평화곤돌라 시그니처 철재의 용접부 부식과 도장박리

- 첫째, 용접으로 인해 발생된 산화스케일은, 도장/도금 등 표면처리 부착력 약화
- 둘째, 철 엷지부 표면장력 차이로 인해 도장두께 불균일과 부착력 약화
- 셋째, 도장의 결함으로 인해 수분침투와 도장열화 발생되어 도장 박리



[용접 스케일]



[엷지부 도장결함]

- 첫째, 용접후 산화스케일을 제거한다.
-브러싱 또는 산세처리
- 둘째, 균일한 페인팅 처리
-도장 부위의 크기에 따라 분체도장 또는 전착, 로봇 또는 수작업으로 도포
- 셋째, 도장후 경화를 위해 열풍과 같은 방법을 통해 밀착력 향상

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

AI, Already

발생 장소: 경북 경산시 대학로 (소재관 건물)
부식 재료: AI 합금(알루미늄 합금)

영남대학교 신소재공학부 김시현 학과회 이예진



(a), (b) 알루미늄 문 부식 부분 광학현미경 사진

부식 원인

대학에서는 겨울에 눈이 오면 학생들의 안전을 위하여 건물 주위에 소금을 뿌렸다. 알루미늄은 대기중에서 안정하여 많은 건축재에 이용되고 있지만, 소금(NaCl)에는 매우 약한 특성을 가진다. 학생들의 안전을 위해 뿌려진 소금이 알루미늄 문에 부식을 야기한 것이다.

알루미늄은 중성과 약산성(pH4~9)에서 표면에 부동태 피막이 생성되어 부식 속도를 지연할 수 있다. 때문에, 기전력계열에서 큰 활성전위를 가지고 있음에도 불구하고 내식성이 우수하여 대기 중에 안정한 원소로서 많은 알루미늄이 사용되고 있다. 하지만 부동태 피막도 국부 부식인 공식과 침식, 입계 부식 등에 의해서 파괴될 수 있다. Hoar는 부동태 피막이 파괴되는 4가지 유형을 제안했는데 우리는 그 4가지 유형 중에서도 염화물과 같은 치명적인 원소에 의한 경우에 주목했다. NaCl은 가장 대표적인 염화물 중 하나로, 우리가 알루미늄 문에 영향을 줬던 소금과 소금물에 주목하는 이유이다.

알루미늄은 Galvanic부식, 공식 등 다양한 형태의 부식이 발생하는데, 공식은 알루미늄의 가장 흔한 부식의 형태이다. 그리고 부동태 피막이 안정한 중성 수용액에서는 전면 부식보다 국부적인 공식이 일어나기 쉽다. 또한, 소금물에 포함된 Cl-이온은 알루미늄 산화 피막을 파괴하여 공식을 일으키는 가장 대표적인 원인 중 하나이다. 이유는 Cl-이온같은 음이온의 흡착은 부동태 피막의 피팅 부식을 일으키기 때문이다. 그래서 부동태 피막의 우수한 부식 억제력에도 불구하고, 음이온들은 산화 피막을 국부적으로 파괴하여 공식을 일으키는 것이다. 저농도 Cl-에서는 Al3+이온이 Cl-이온과 반응하지 않고, 보통 OH-로 가수분해하기 때문에 공식의 성장이 느려지지만, 이와 같이 소금을 많이 뿌린 고농도에서 Al3+ 이온은 수용성 복합체를 생성하는 Cl-이온과 반응한다. 그리고 이것은 공식의 성장을 가속화시킨다.

메커니즘

- * 염화물 이온이 알루미늄의 산화막에 흡착된 후, 수 nm의 미세한 균열이 생성되면서 산화막의 파괴가 발생함.
- * 피막이 파괴된 곳에서 복합 염화물인 AlCl₄-를 형성됨.
이로 인해 음극 부위에서 산소가 감소하고 알루미늄을 빠르게 산화시킴.
(Al(OH)₃에 의해 구멍이 채워지기 때문에 보통 공식의 깊이가 깊을수록 공식이 성장하는 속도는 감소함)
- * 알루미늄 표면에서 새로운 공식이 생기거나 공식 아래에 고농축된 Al³⁺ 이온은 위쪽으로 확산되어, 알루미늄 표면의 알칼리성 용액과 반응하여 Al(OH)₃를 형성함.
- * 구멍 안에 형성된 H⁺ 이온은 구멍 표면 주위의 하얀 침전물인 Al(OH)₃를 형성에 도움을 줌.
또한, 공식의 아래 Al³⁺ 이온은 Cl-이온을 당겨 AlCl₄-의 형성을 촉진하여, 공식의 깊이가 더 깊어짐.
- * 침전물인 Al(OH)₃의 축적은 공식의 표면에 돌을 형성하여 공식의 상부를 차단하여 공식의 성장을 지연시킴.
- * 따라서, 공식은 cathode에 둘러 쌓인 국부 anode로 성장할 수 있음.
공식이 시작되면, 공식 전위보다 낮은 전위에서 공식의 성장이 가능해짐.

부식 방지 방안

1. anodizing 처리 후, 유기물 도포
 - 외부의 물질이 안 들어가게 도포를 하는 방법
 - 알루미늄에 anodizing 처리를 하고 나서, 그 위에 좀 더 강한 유기물 도포함. (ex. 예폭시)
2. 부식 억제제
3. 알크래드 법
 - 표면을 순 알루미늄으로 감싸서 그 내부를 보호하는 방법
 - 알크래드 법을 거친 재료는 조금의 손상이 생겨도 순 알루미늄이 먼저 녹을기 때문에 내부를 보호할 수 있음.
4. 재료 교체
 - 학생들의 안전을 위하여 제설제를 안 뿌릴 순 없으니, 알루미늄 문을 쓰지 않고 NaCl에 저항성이 높은 재료 사용함.
5. 금속의 분무
 - 알루미늄을 특수 분무기에 넣고 부식을 방지하려는 표면에 용해시켜 고착시키는 방법

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

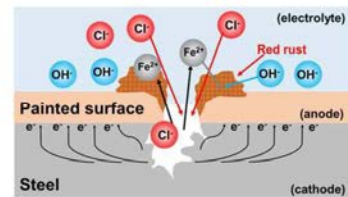


부식 양상 및 원인

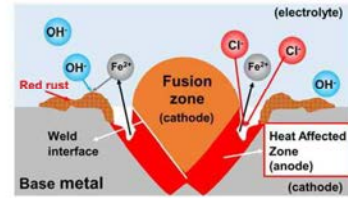
1. 선체내부 도장면 탈락 후 부식



2. 닻의 용접부 부식



[갈바닉부식 모식도]



[용접부식 모식도]

▪ 부식 재료 및 발생 장소: 탄소강 / 부산 영도구 동삼동 1182 하리항

▪ 부식 원인:

1. 갈바닉 부식: 도장 면이 물리-화학적으로 손상되어 선체의 모재가 해수 환경 중 노출됨에 따라 발생한 강재와 도장면 간의 소양극-대음극 갈바닉 부식 셀 형성
2. 용접부식: 용접 열영향부에서 발생한 석출물 형성 및 미세조직 조대화로 인해 열영향부(HAZ)가 모재 및 용접부 대비 양극으로 작용하여 모재와의 전기화학적 부식 셀 형성

부식 방지 방안

▪ 갈바닉 부식:

1. 재도장(Repainting) : 블라스팅(Blasting) 공정을 통해 녹, 스케일, 기존 도막 등을 제거 후 선박의 용도에 따라 적합한 도료의 선택 및 재도장이 이루어져야 함
2. 도금(Plating) :
 - ① 전기도금: 전원 장치(전기에너지)를 이용하여 용액 속의 금속 이온이 피도금체의 표면에서 환원 반응을 일으켜 도금됨
 - ② 용융도금: 철강을 용융액에 침지하여 용융금속이 피 도금체 표면에서 화학 반응을 일으켜 도금층을 형성함
3. 희생 양극법: 피방식체 보다 활성인 금속(아연, 마그네슘, 알루미늄 등)을 붙여 부식 시키고자 하는 곳을 음극으로 만들어 주어 부착한 금속이 우선적으로 소모 될 수 있도록 설계함
4. 음극 방식법: 외부전원용 전극을 설치하여 불활성물질에 양극을 연결하고 강재(피방식체)에는 음극을 접속시켜 외부 전원을 공급함

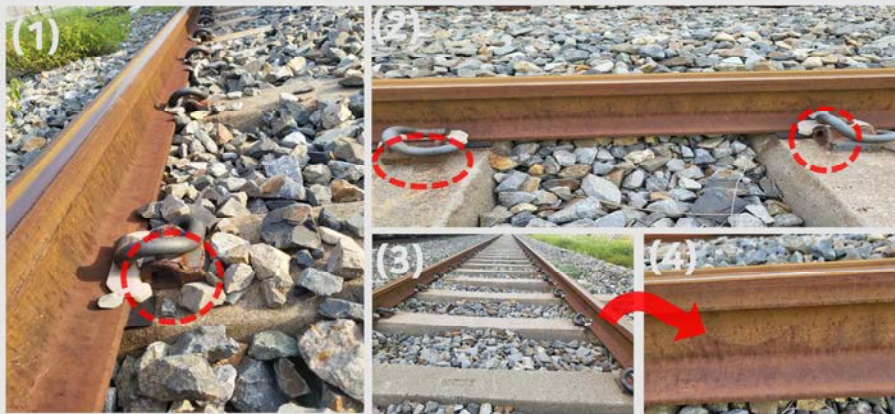
▪ 용접 부식:

1. 용접 입열량 조절: 용접 모재, 용접 재료, 용접 후 열처리와 같은 용접 시공 등을 엄밀히 검토 후 최적의 용접 온도조건을 형성하여 내식성을 향상시킴
2. 응력 제거 풀림: 용접에 의해 생긴 잔류응력을 제거해주기 위해 조직이 변하지 않는 온도에서 가열한 뒤 냉각하여 전위를 제거함

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전

전북대학교 금속시스템공학과 나예슬



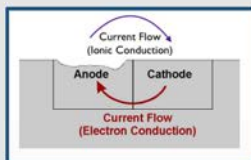
부식 재료 및 발생 장소

발생 장소

- 대전역 철도 선로의 바닥틀

재료

- 고탄소강
(일반 레일의 경우 탄소 0.68~0.80%,
규소 0.15~0.58%, 망간 0.70~1.20%)



- QT열처리: 레일강을 가열한 후, 400°C 이상의 온도에서 급랭시켜 솔바이트(Sorbite) 조직을 얻음
- Slack quenching: 레일강을 가열한 후, 공기 중에서 서냉시켜 페라이트(ferrite) 조직을 얻음

부식 원인

선로의 구조적 문제

- (3),(4) 사진 참고
- 대부분 개상식 구조
>> 외부환경에 직접적으로 노출됨
>> 대기 중 산소와 반응 or 산성비 및 열차 주행 시 발생하는 오물이 선로 바닥틀에 퇴적
>> 철의 산화반응으로 인해 부식 발생

철도 이음새의 갈바닉 부식

- (1),(2) 사진 참고
- 철도의 이음새에서 서로 다른 금속 접촉
>> 금속 간의 전위가 달라 전위차가 발생
>> 음극과 양극으로 나뉘고 이 중 전위가 더 낮은 양극에서 부식 발생

레일 및 부재의 마모

- 레일 위로 차륜의 진동 및 슬립 발생
>> 마찰 마모 진행 및 손상 발생
>> 균열이 성장하거나 부식이 진행됨

부식 방지 방안

레일의 내식성 강화 방안

- 스테인리스강 사용 (탄소강보다 부식 적음)
>> 단점: 비용적인 문제로 실제로 사용 어려움

- 코팅법
>> 단점: 기계적 특성이 좋지 않음

- 레일의 열처리
예시: QT열처리, Slack quenching
운행 횟수가 많은 선로에 우선적으로 사용함
>> 단점: 선로 설치 전에 열처리 해야함
이미 부식이 진행된 레일에는 적용 불가

- 표면처리
예시: UNSM - 초음파 진동에너지를 이용해 금속 표면에 초당 수만 번의 타격을 가해 표면층을 강화
>> 열처리 한 레일과 비슷한 내구성을 얻음
>> 장점: 열처리와는 달리 선로 설치 후에도 가능
선로 보수 시에도 사용 가능
크롬 도금 시 발생하던 크롬 잔류물이 발생하지 않아 친환경적

선로의 구조 변형

빗물이나 오물이 고이지 않도록 가림막 설치

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『대학부-장려상』 수상 작품

To Prevent Corrosion by Rust

고려대학교 신소재공학부 하승원



■ 부식 재료 및 발생 장소

재료: 코르텐강(내후성강)

발생 장소: 하나고등학교 정문

■ 부식 원인

철의 일반적인 부식은 공기 중 산소와의 화학적 결합으로 인하여 표면에서부터 시작된 부식(Fe_2O_3/Fe_3O_4)이 공기 중의 수분(H_2O)과의 결합으로 인한 부피팽창을 수반하는 부식으로 발전하며 이것이 내부로 점차적으로 침투하면서 확대된다. 구체적으로 철이 산화되어 만들어진 물질($Fe_2O_3 \cdot H_2O$)이 철의 표면에 위치적으로 일정하지 않게 만들어지는데 일반적으로 이를 녹(rust)이라고 부른다. 녹은 부피 팽창하면서 점차로 철의 표면에 미세한 균열을 만들고 이를 통하여 수분이 침투되어 녹이 주변과 내부로 확대 진행하게 된다.

■ 부식 방지 방안(코르텐강 사례)

구리의 경우 표면에 발생한 부식이 표면에 고르게 발생하는데 이 부식층이 일정 두께에 이르면 부식이 안정화되고 더 이상의 부식현상이 멈추게 된다. 철의 부식은 표면에서 랜덤하게 녹이 형성되는데 이 과정에서 팽창이 발생하여 점차 내부로 녹이 확대 진행된다. 미국의 USS사에서 1933년도부터 상용화를 시작한 구리, 크롬, 니켈, 인 등의 합금인 코르텐강(Corten steel, 내후성강)은 철의 표면에 녹이 고르게 생성되고, 5~10년이 경과하면서 만들어진 치밀한 녹층은 안정화되어 일종의 외부환경에 대한 보호막이 되고 이후 부식이 거의 생성되지 않는다.(사진-1,2,3,4 참조) 즉, 강재의 구조적 기능이 녹에 의하여 손상되지 않는 것이다. 코르텐강의 부식현상은 아직까지 물리화학적 설명이 정립되지 않았다. 이에 대한 의미 있는 연구 성과를 낸다면 다양한 합금강에 대한 상업화가 이루어질 것이다. 또한, 재료의 마감 특성을 잘 활용한다면 코르텐강은 구조재 및 건물 등의 마감재 대안으로 활용 가능성이 확대될 수 있을 것이다.

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전

Don't Trust Under the Truck

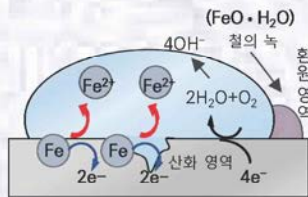
김희원
연세대 신소재공학부



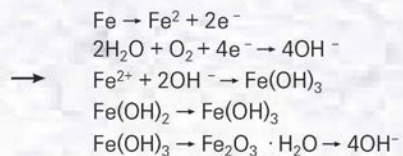
➤ 부식 발생 대상 재료 및 장소

- 대상 재료: 트럭의 하부 부품 (탄소강, 부식이 심하게 발생) 및 적재함 (아연도강판, 상대적으로 부식이 덜 발생)
- 발생 장소: 신림동에 위치한 자취방 인근 주차장 (서울특별시 관악구 신림동 1460-22)

➤ 탄소강 부식 반응 및 발생 원인 고찰



- 철의 산화 과정 (oxidation)
- 물의 환원 (reduction)
- 수산화철 생성
- 수산화철 생성 (철의 산화)
- 녹의 생성



- 물리적 요인에 의한 탄소강 표면 도장 및 페인트 훼손

운전 중 도로 위의 모래나 자갈 등으로 인해 차량 하부의 긁힘, 흠집 등으로 도장 및 페인트가 손상되면서, 그 사이로 빗물과 외부 요인이 영향을 끼쳐 부식 발생 및 가속화됨.

- 염화물로 인한 탄소강 국부 부식 및 부식 가속화

겨울철 제설작업에 사용되는 염화칼슘이나 염화나트륨에 존재하는 염화이온은 강판의 국부 부식(localized corrosion)을 발생시킬 수 있고, 자기보다 14배나 많은 양의 물기를 빨아들이고 낮은 습도, 온도에서도 수분을 흡수 할 수 있는 특성이 있기 때문에 강한 제습력과 산성으로 눈이 녹은 물기를 머금게 되면서, 강판 표면이 수분에 장시간 노출되어 부식 발생.

➤ 부식 방지 방안

- 눈길 주행 후 염화칼슘이 묻은 차량 하부 세척 후 차체의 잔여 수분을 제거 (염화이온 제거).
- 눈, 비를 피할 수 있는 곳에 주차하여 수분 접촉을 최소화, 여름철 장시간 햇빛에 노출을 피함 (온도 및 수분 등 환경 제어).
- 차체 하부 재료를 내식성 우수 합금이나 아연합금으로 전기도금된 차량용 강판으로 교체 (내식성 향상 재료 교체).
- 차량 하부 금속재료 표면에 우레탄이나 에폭시 수지 등 유성계 조성물로 언더코팅을 하여 염화칼슘이나 부식을 가속화시키는 오염물질들로부터 원천적으로 차단 (재료 표면 특성 향상).

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품

한국부식방식학회 2022년도 제3회 부식 사례 포스터 공모전
해변 관광지의 **은밀한** 뒷모습

한 제 오
연세대학교 신소재공학과



1. 부식 재료 및 발생 장소

- 부식 재료 : 스테인리스 스틸, 주철
- 부식 장소 : 부산 해운대 해변에 위치하고 있는 해양용 안전 난간, 샤워부스 및 수목보호덮개

2. 부식 원인

- 안전 난간 [사진 1,2,3] : 염소 이온(Cl^-)을 함유하고 있는 해풍에 오래 노출될 경우 또는 태풍에 의해서 파도에 노출될 경우 스테인리스 스틸의 부식 발생
- 샤워부스 [사진 4] : 해풍의 영향도 있지만, 바닷물에 젖은 옷 또는 수건을 샤워부스 지지대에 올려 놓고 씻는 경우가 많음. 따라서 안전 난간에 비해 더욱 극심한 부식 현상이 발생하는 것으로 판단됨
- 수목보호덮개 [사진 5] : 해수욕을 즐긴 사람들이 물에 젖은 채로 지나가며 부식 발생. 특히, 해수욕장의 모래와 마찰로 인해 도장이 벗겨져 모재가 직접적으로 노출될 경우 부식 가속화 발생

3. 부식 방지 방안

- 해수와 직접적인 접촉을 원천적으로 막을 수 있는 방법이면 모두 효과적으로 부식 방지 가능
- 해수 환경에서의 내식성이 더욱 좋은 스테인리스 스틸 또는 타 강종 (ex. Ti 합금)으로 대체
- 샤워부스 지지대 외부를 고무 덮개로 코팅하여 해수와 직접적인 접촉을 막음
- 내마모성이 우수한 방청(防鏽) 도료를 이용하여 수목보호덮개 외부를 도장

한국부식방식학회 2022년도
제3회 부식 사례 포스터 공모전 『일반부-장려상』 수상 작품



금해야 할 것은 폭언만 아니죠, 부식!

국립안동대학교
원석연

부식 재료 및 발생 장소



부식 재료 및 발생 장소

부식 재료 : 스테인리스강
발생 장소 : 골프장 내 골프 카트

부식 원인

스테인리스강의 태그 용접



부식 메커니즘

- 용접은 스테인리스강이 구조재료로 사용됨으로써 내식성에 영향을 미치는 요인이다. 용접을 함으로써 재료에 발생하는 부식은 다양하게 존재한다. 고온균열, 지연 균열, 고온취화, 475도 취화, 시그마상 석출취화, 탄화를 입계 석출, 열 피로, Creep파단 등이 존재한다.
- 위와 같은 용접은 두개의 금속 부품을 연결하기 위해 가용접(Tack Welding)을 진행 하였다. 이를 통해 다양한 방식으로 재료의 내식성이 감소되어 부식이 발생하였다.

부식 방지 방안

1) 합금성분의 변화

- 주 재료를 내식성이 보다 뛰어난 재료를 사용함으로써 상변태를 조절해 재료의 부식을 방지한다.

2) 열처리를 통한 조직의 변화

- 용접부에 존재하는 잔류응력을 해소하기 위해 PWHT(Post Weld Heat Treatment)를 실시하여 재료의 부식을 방지한다.

3) 도장을 통한 표면처리

- 부식이 발생할 수 있는 외부 상황을 차단함으로써 재료의 부식을 방지한다.