

방청필름에 대하여

송선우/(주)동도상사 영업부 차장·포장관리사

목차

1. 방청필름이란?

- 1-1. 부식의 정의
- 1-2. 녹의 전기화학적 특성
- 1-3. 기화성 방청제 및 작용
- 1-4. 기화성 방청필름
 - 1) 개요
 - 2) 특징
 - 3) 경제적 이익

2. 국내 방청필름 개발·생산현황

3. 지러스트 필름

- 3-1. 지러스트 방청필름의 개발

- 1) 기존의 방청방법과 문제점
- 2) 환경규제
- 3-2. 지러스트 방청필름 생산
- 3-3. 필름의 형태
- 3-4. 방청성능의 극한 조건 실험
 - 1) 철용(MYF)
 - 2) 비철용(HOF)
 - 3) 염수분무시험
 - 4) 침분시험
- 3-5. 지러스트 방청필름의 용도
- 3-6. 지러스트 VCI 응용기술제품

4. 맺음말

1. 방청필름이란?

1-1. 부식의 정의

부식(corrosion)이란 금속이 액체용액에 의해 퇴보되는 현상이라고 정의될 수 있다.

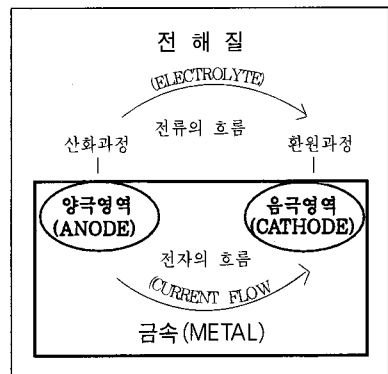
이를 다른 말로 표현하면 주위 환경과의 전기화학적(電氣化學的) 또는 화학적 반응에 의해 금속에 가해지는 파괴적인 공격이라고 할 수 있다. 이처럼 부식의 가장 중요한 특징은 전기화학적 기구(electrochemical mechanism)에 의해 발생한다는 것이다.

부식과정의 전기화학적 성질은 [그림 1]에 나타나 있다.

이러한 전기화학적 과정에서 다음과 같은 몇가지 사항이 요구된다.

▲ 양극과 음극이 존재하여 전지(電池; cell)를 형성해야 한다.

[그림 1] 부식과정의 전기화학 도형



▲ 양극과 음극이 전기적으로 접촉해야 한다.

▲ 액체가 전해액으로 작용해야 한다. 그리하여 양극에서는 산화반응(酸化反應)이 일어나며 금속이온이 분해하여 용액 속으로 들어간다.

한편 음극에서는 환원반응(還元反

應)이 일어나는데 주로 용해된 산소의 환원과 수소기체의 발생이다.

전기화학적 기구에 의해서 발생하는 이러한 금속의 부식은 금속이 그들의 본래 상태인 산화물(oxide)로 되돌아가려는 본질적인 성질, 또는 자연적인 경향이라고 말할 수 있다. 금속 그 자체가 자연 속에 존재하는 산화물 상태의 광석(ore)에 에너지를 가하여 얻은 것이기 때문이다. 예를 들어, Fe는 갈철광(limonite), 적철광(hematite), 자철광(magnetite) 및 그의 탄산철광(siderite), 규산철광, 황화철광 등으로부터 얻은 것이다. 따라서 금속은 에너지를 방출함으로써 더욱 안정된 상태인 산화물로 되돌아가려고 하는 것이다.

우리 인간이 태어난 고향을 향시 그리워 하듯이 금속도 그들의 고향인 산화상태를 못잊어 하는 것일까? 분명히 부식은 금속의 고유한 성질이라고 말할 수 있다.

물리적 원인에 의해서 금속이 퇴보되는 것은 부식이라고 하지 않으며 침식(erosion), 골링(galling), 마모(wear) 등으로 일컬어진다.

어떤 경우에는 물리적 퇴보에 이어 화학적 공격이 뒤따르는데 침식부식(erosion corrosion), 부식마모(corrosive wear), 접촉진동부식(fretting corrosion) 등이 이에 속한다.

녹슴(rusting)이라고 하는 것은 강 또는 그 합금이 부식 생성물을 형성하면서 부식되는 것을 말한다.

1-2. 녹의 전기화학적 특성

금속이 녹이 스는 것은 그 원인이 바닷물, 센물, 빗물에 의하거나 금속

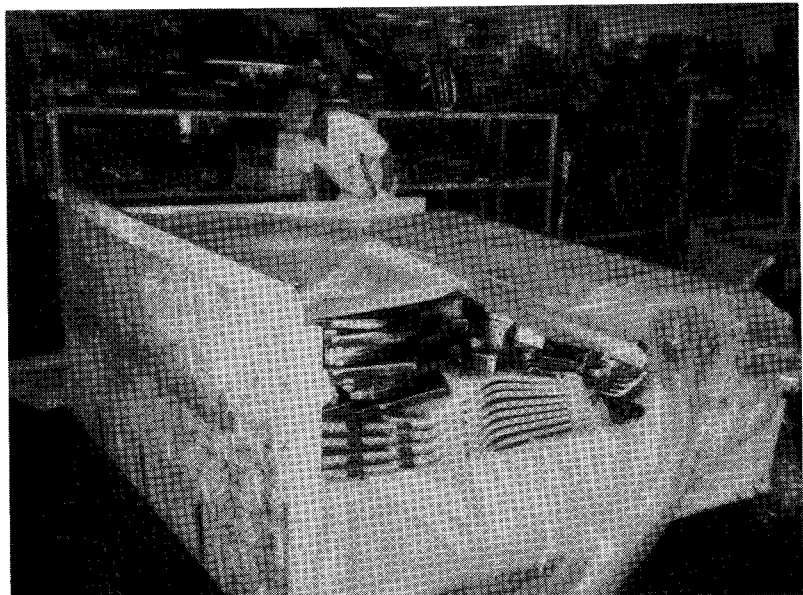
을 습도 높은 곳에 방치해서 생기든가에 상관없이 전기화학적 과정이다. 부식은 금속표면의 에너지가 높은 영역, 곧 양극에서 에너지가 낮은 영역, 곧 음극으로 전해질(전기가 통하는 전도성의 수용액)을 통하여 전자가 이동하는 과정에서 발생한다. 이러한 에너지가 높고 낮은 영역이 이루는 쌍의 수는 각 금속에 따라 특수하며, 녹이 슬기 쉬운 금속은 그렇지 않은 금속보다 이 쌍들을 더 많이 가지고 있다.

금속이 절삭된 표면은 녹이 슬기 더 쉽다. 아무리 미세하게 가공되었어도 금속 표면에는 산과 골이 생기고, 이때 평평한 상태보다 더 많은 면적을 공기중에 노출시킨다. 부식은 이 산과 골중에서 발생하고, 이 과정은 일반적인 공장환경에서 수분만에 진행될 정도로 빠르다. 이때 양극(Anode)은 산화, 즉 부식이 일어나는 금속표면 부분이고 이곳에서 전류가 나와 전해질

을 통해 흐른다. 음극(cathode)은 전해질로부터 금속표면으로 전류가 돌아오는 부분이다. '전해질이 없이는 부식이 일어나지 않는다.' 전해질의 전도 능력은 이온의 존재에 좌우된다. 이온이란 수용액 내의 양이나 음으로 하전된(전기를 띤) 원자 또는 원자의 묶음이다. 예를 들면 순수한 물은 양적으로 하전된 수소이온(H⁺)과 음으로 하전된 수산화 이온(OH⁻)을 갖고 있기 때문에 전해질이다.

부식을 위해서 금속은 많은 양의 전해질에 젖을 필요가 없다. 습도 65% ~ 85%의 대기중에 있는 미세한 물방울들은 금속표면에 전해질을 형성하고 부식을 돕는다. 사실 대기중에서 일어나는 부식은 금속의 경제적 손실중 상당부분을 차지한다.

1-3. 기화성 방청제 및 작용 기화성 방청제(VCI; VOLATILE

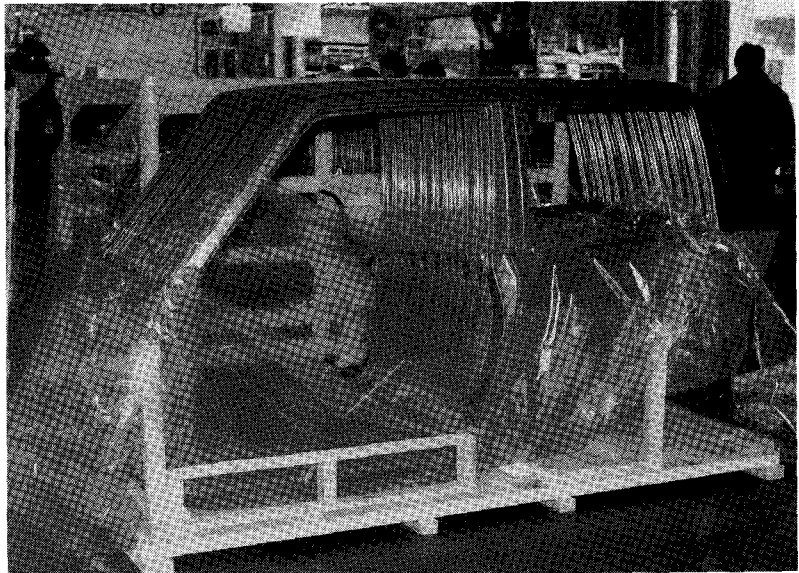


▲ 지러스트 방청필름으로 KD (Knock Down) 포장하는 모습(일·이스즈 자동차)

CORROSION INHIBITOR)는 자체의 분자를 공기 중으로 분산(휘발)시킬 수 있는 충분한 에너지를 가진 부식 방지제이다. 한번 휘발된 분자들은 (온도의 상승과 하강으로 발생한) 자연스런 공기의 흐름을 타고 밀폐된 공간 안에서 분산에 의해 작용할 자리까지 이동한다. 이러한 VCI의 휘발성은 방지제의 이용을 편리하게 한다. VCI는 빠르고, 지속적인 부식방지 효과를 목적으로 할 때 적합하다. 그러므로 VCI는 부식방지를 위한 모든 공간에 빠르게 퍼지고, 충분한 농도를 유지할 수 있도록 휘발성이 커야 하는 반면, 동시에 VCI가 쓰이는 상자나 콘테이너의 구멍, 또는 틈새로 너무 빨리 유실되지 않도록 적당한 휘발성을 유지해야 한다. 최적의 VCI 기체 압력은 노출된 금속표면에 부식방지를 유지하기 위해 적합한 기체농도를 유지할 수 있는 정도이어야 한다.

VCI의 가장 큰 장점은 건조한 상태에서 오랜기간 금속의 부식을 막을 수 있다는 점이다. 곧 코팅으로 부식을 방지할 경우에 소요되는 코팅제 비용과 코팅을 입히고 벗겨내는데 필요한 비용이 필요없기 때문에 원가절감 효과를 볼 수 있다.

VCI의 분자들이 금속표면에 도달해 흡착되기까지는 약 12~24시간이 걸린다. VCI기체 입자는 금속표면과 접촉하여 응축하고 습기에 의해 분해되면서(수소화) 전해질 속에 부식방지 작용을 하는 이온들을 방출한다. 그후 전해질의 이온들은 금속분자와 반응하는 대신 VCI의 분해된 이온들과 반응하고 그로 인해 금속표면은 상대적으로 반응성이 적어진다. 따라서 앞에서 언급한 음극과 양극의 반응은 감소한



▲ 역시 지러스트 필름으로 KD 포장한 제품(일·미쓰비시 자동차)

다. 방청제 이온들이 자신들을 희생함으로써 부식방지 효과를 내며 소비되면 VCI기체의 분압이 낮아지고, VCI는 소비된 이온의 자리를 보충하기 위해 기체를 좀 더 방출한다. 이 반응은 습기, 염, 오염물질의 존재 하에서도 진행되어 부식방지 효과를 발휘한다.

1-4. 기화성 방청필름

1) 개요

1980년에 필름에 사용가능한 VCI 물질이 미국의 노던 인스트루먼트사(NORTHERN INSTRUMENTS CORPORATION)에 의해 발명되어 철의 부식방지를 위한 기화성 방청필름이 개발되었다. 방청필름의 제조는 발명된 방청제 성분을 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)과 섞어서 만들었다. (기화성 방청필름(VCI FILM)은 방청제가 필름표면에 코팅된 것이 아니고 처음부터 필름의 성분중 하나로 방청제를 첨가하여 제조한다.)

기화성 방청필름 안에는 기체상태로 작용하는 방청제와 접촉시 방청효과를 내는 방청제 성분이 함께 들어있다.

한편 노던 인스트루먼트사는 비철금속을 위한 방청제 성분의 개발에도 노력, 1990년부터 비철금속 부식방지 방청필름을 시판하기 시작했다.

2) 특징

▲ 히트실링(Heat Sealing)이 가능하다. 또한 묽거나 접기, 테이핑에 의한 포장에 있어서도 실링과 같은 밀폐성이 발휘된다.

▲ 방청유 도포 과정이 필요없다.

▲ 기화성 방청 필름만으로 수년간 방청효과가 보장된다.

▲ VCI기체는 포장 내부의 모든 공간으로 확산되므로 고른 방청효과를 발휘한다.

▲ 방청제 입자가 조각나서 떨어져 오염시키거나 기계제품의 성능을 떨어



▲ '93서울팩(4.9~13)에 출품해 관심을 끈 지러스트 방청필름

뜨리지 않는다.

▲ 방청성분이 제품의 전기적, 기계적 성질에 아무런 영향을 주지 않는다.

▲ 거칠게 취급하여도 필름의 화학적 성능은 손상받지 않는다. 취급이 간편하다.

▲ 기존의 포장공정에 쉽게 적용 가능하다.

▲ 기존의 중성이나 순한(neutral or light) 방청오일과 함께 쓸 수 있다.

▲ 일반 규격의 백(bag), 시트(sheet), 튜브(tube) 등 여러 형태로 만들 수 있다.

▲ 필요에 맞는 특수한 형태와 크기로 생산 가능하다.

▲ 포장내 제품이 수시로 확인가능한 '투명한 형태'와 가시광선이나 자외선으로부터의 보호를 필요로 할 경우에 적합한 '불투명한 형태'의 두 가지로 생산된다.

3)경제적 이익

▲ 기화성 방청필름은 방청을 위해 방청유나 그리스를 코팅하고 사용시 세척해야만 하는 공정을 줄임으로써 여타 방청포장 방법과 비교하여 노동력, 물자, 공간의 측면에서 큰 경비절감을 꾀할 수 있다. 또한 생산된 제품을 장기간 안전하게 보관할 수 있는 장점이 있다.

▲ 방청필름은 방청효과의 작용기간이 매우 길기 때문에 사용자에게 포장물 개봉하여 사용하는 순간까지 처음 생산된 상태를 유지할 수 있다.

2 국내 방청필름 개발·생산현황

불행히도 우리나라에는 필름에 적용 가능한 방청제가 아직 개발되지 않고 있다. 최근 일반적인 기화성 방청제를 외국으로부터 수입하여 필름의 성분중 하나로 투입하여 방청필름을 생산한 업체가 있었으나 방청성능이 약해 방청필름 개발에 실패한 적이 있

다.

(주)동도상사는 미국의 노던 인스트루먼트 회사 및 일본의 大洋液化가스(주)와 합작회사를 설립하여 '지러스트(ZERUST)'라는 상품명으로 기화성 방청필름을 생산할 계획으로 있다.

3 지러스트 필름

그림1. 지러스트 방청필름으로 'KD(Knock Down)' 수출포장 장면 (일, 이스즈 자동차)그림2 일본의 미쓰비시 자동차 KD 수출포장 모습.

3-1. 지러스트 방청필름의 개발

지러스트 필름(ZERUST FILM)은 방청포장 기술부분에서 혁신적인 변화를 가져온 제품이다. 이 제품은 철에 대한 방청기술분야에서 선구적인 연구, 개발과 실험을 거쳐 폴리에틸렌 필름 형태로 1980년에 노던 인스트루먼트사에 의해 개발되었다.

1) 기존의 방청방법과 문제점

▲ 구리스, 방청유 등을 금속표면에 도포

▲ 많은 경비와 작업공정에 비해 효과 미비

▲ 작업환경의 악화로 인한 근로자의 건강에 악영향

▲ 사용자의 세정 작업으로 인한 인력, 시간, 경비추가 소요

2) 환경규제

최근에는 일본을 비롯하여 미국, 유럽 각국에서 환경규제 기준이 엄격해져 프레온(FREON)가스의 사용억제를 위해 구리스, 방청유 등의 세정처리가 곤란하게 되었고 수입제품의 깨끗한 방청포장이 강력히 요망되고 있

어 종래의 방법으로는 수출이 더욱 어렵게 되었다.

3-2. 지러스트 필름 생산

미국의 노던 인스트루먼트회사와 일본의 대양액화가스(주)는 (주)동도상사와 합작회사(회사명: (주)한국지러스트)를 설립하여 1993년 9월부터 지러스트 필름(ZERUST FILM)을 생산키로 하였다.

3-3. 필름의 형태

- ▲ 종류: 철용, 비철용, 철비철공용
- ▲ 두께: 0.06mm/m~0.15m/m
- ▲ 폭: 40mm/m~2200m/m
- ▲ 형태: 백(BAG)
 스위트롤(Sheet Roll)
 튜브롤(Tube Roll)
- ▲ 색상: 노란색(철용 필름)
 오렌지색(비철용 필름)
 살색(철, 비철공용 필름)
- ▲ 수명: 29℃이하에서 약 5년간

3-4. 방청성능의 극한 조건 실험

1) 철용(MYF)

▲ 실험방법: 연철(Mild steel)을 각각 두께 0.1m/m와 0.15m/m의 지러스트 철용백과 두께 0.15m/m의 일반 폴리에틸렌 백으로 썼다.

이들을 염용액이 스프레이되는 실험용기(ASTM-B-117-73)에 넣고 30℃, 습도 95% 상태에서 180일간 방치한 후 변화를 관찰하였다.

- ▲ 결과: a. 지러스트백 0.1m/m 녹 발생 없음.
- b. 지러스트백 0.15m/m 녹 발생 없음.
- c. 일반폴리에틸렌백 0.15m/m 심한 부식

2) 비철용(HOF)

▲ 실험방법: 비철금속 조각들을 각각 0.1m/m 지러스트백과 0.1m/m 일반 폴리에틸렌백에 넣고 밀봉한 후 습기있는 실험용기(ASTM-B-117-73)에서 38℃, 습도 100% 상태로 95일간 방치했다.

실험결과

금속	일반폴리에틸렌 백	ZERUST 백
6061T6 알루미늄	상당한 부식	부식없음
QQ-C-565 구리	심한 부식	부식없음
260 연황동	심한부식	부식없음
521 인산청동	심한부식	부식없음
도금강	상당한 부식	부식없음

* 현재 사용되고 있는 비철금속 합금은 수백종이나 된다. 따라서 이 모두에 대해 본 필름의 효과를 실험하는 것은 실용적이지 못하다. 그 대신 현재 가장 널리 쓰이는 금속들을 몇가지 골라 실험했다. 이들에 대한 만족할

만한 실험결과가 나머지 비철금속에 대해서도 같은 방청효과를 발휘할 수 있으리라는 충분한 근거가 된다고 본다. 그러나 이러한 기대를 실지로 입증하기 위한 실험을 권장한다.

3) 염수분무시험(ASTM B117)

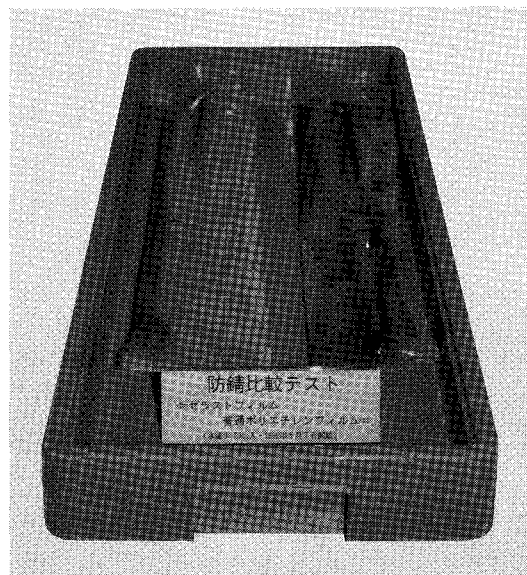
- ▲ 시험편: 기계구조용 탄소강
- ▲ 시험기간: 840시간

ZERUST VCI FILM	발청없음
DAUBERT VCI FILM(U.S.A)	70~80% 녹 발생
A사 방청 FILM(JAPAN)	70~80% 녹 발생
비교용 LDPE FILM	전면부식(내부부식)

4) 침분시험

- ▲ 시험편: 열간압연강판
- ▲ 기화성 방청필름 봉지(70m/m 80m/m)에 수돗물 0.1cc와 시험편을 넣고 상온에서의 녹의 진행을 관찰

3-5. 지러스트 방청필름의 용도



◀ 지러스트 필름과 비교용 LDPE와의 방청 비교 테스트

침분시험 결과

구 분	1일후	2일후	1주일후	1년후
ZERUST VCI FILM	◎	◎	◎	◎
A사(JAPAN)	○	×	×××	×××
비교용 LOPE FILM	××	×××	×××	××××

◎ 발청없음 XX전면에 발청 ○ 약간 부분 발청 XXX부식도 증대
 X 전면에 얇게 발청 XXXXX전면부식(내부 부식)

총기, 총기부품/금속부품/분쇄기/와이어드로잉밀/철, 강철 단조물/식기, 연장/요리, 난방용품, 보일러, 보일러판/금속판/자동차판금/금속가구/철사제품, 스프링/엔진/농업기계/건설, 광선기계/기계부품/기계공구/식품가공기/방직기계/인쇄기계/디젤기계/사무기계/가정용품/볼, 롤러베어링/전기모터부품/자동차부품/항공기엔진부품/조선/의료기기/과학실험기기/수출, 산업용포장/병원기기.

3-6. 지러스트 VCI 응용기술제품

ZERUST VCI 필름의 개발기술은 폴리에틸렌 필름에 대한 응용 뿐만 아니라 새로운 분야의 방청포장제품의 제공을 가능하게 했다.

- ▲ 지러스트 콘테이너 박스: BLOW 성형, 사출성형에 의한 부품상자 및 합.
- ▲ 지러스트 폴리페이퍼
- ▲ 지러스트 방청골판지
- ▲ 지러스트 철 부식방지 버블 쿠셔닝 등

4. 맺음말

우리나라도 이제 기화성 방청필름 생산국 대열에 들어가 방청포장업계에 새바람을 일으킬 것으로 보인다. 선진국에서는 방청필름을 사용함으로써 품질의 향상, 원가절감, 공정개선을 통

한 대외 경쟁력을 높이고 있는 것을 우리나라도 조만간 따라 잡을 수 있으리라 본다.

최근엔 '3D' 기피현상에 따른 방청유 작업이 기피되고 있고, 선진국에서도 세정처리에 필요한 프레온가스 사용규제가 엄격해지고 있다. 또한 산업폐기물 발생에 있어서는 발생자 회수를 원칙으로 하고 있다. 그러므로 방청포장작업이 더욱 어려울 것으로 보이지만 방청필름을 사용함으로써 해소될 수 있으리라 본다. 특히 지러스트 방청필름은 회수의 용이성과 재활용이 가능하며 또한 소각도 가능하다.

다만 주의해야할 점은 방청필름의 방청제 성분에 따라 방청능력이 미미한 제품이 국내에 완제품 상태로 도입되고 있다는 것이다. 사용자가 방청필름 사용 전에 방청성능을 확인한 후 사용하는 게 방청실패를 막는 길이다.

이상과 같이 방청필름은 다른 방청재에서 갖지 못하는 장점 외에 포장재로서의 고기능을 지니고 있다. 하지만 포장기법의 개발에 따른 생산성 향상, 원가절감 등 앞으로도 연구가 지속되어야 할 여지도 많을 것이다. 이는 방청필름 생산업체 뿐만 아니라 방청산업계의 지속적인 관심과 노력이 뒤따라야 할 것이다.

● 포장업계에도 '3D' 현상에 따른

방청유 작업이 기피되고 있다.

더욱이 선진국에서는 세정처리에 필요한 프레온가스 사용을 엄격히 규제하고 있으며, 산업폐기물 처리문제에 있어서는 발생자 회수를 원칙으로 하고 있다. 이러한 움직임으로 볼 때 방청포장작업에서 방청필름의 사용은 계속 확대될 것으로 예상된다.