SeAH



# 대리점 사원 교육자료

2018. 03.13

㈜ 세아제강 군산공장

# ■ 목 차

Ⅰ. ERW 강관의 이해

Ⅱ. 용융아연도금의 이해

Ⅲ. 강관 규격 설명

Ⅳ. 시험성적서(MTR)의 이해

Ⅴ. 강관의 시험 및 검사

Ⅵ. 기타 품질사항

-. 강관의 부식

-. 도금 백청

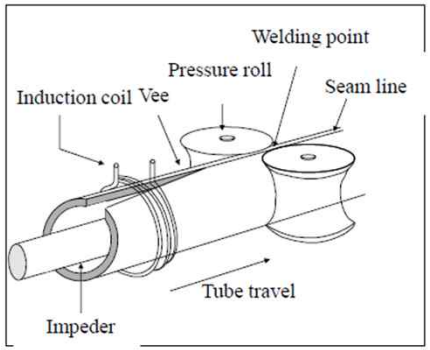
# Ⅰ. ERW 강관의 이해

## 1. 강관 제조 방법

### ERW ; 압접 Type

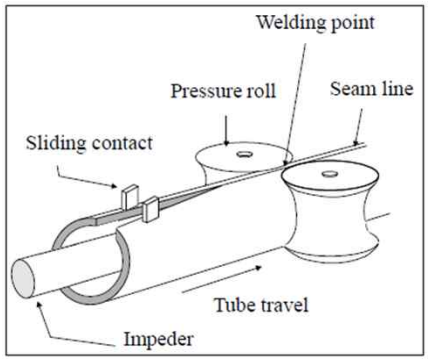
전기저항 용접
(Electric Resistance Welding)

#### 고주파 Induction Coil Type




- 워크코일을 감고 내면에는 임피더를 설치하여 외면 코일에 의해 고주파 전류가 유도되면서 가열 용접되는 방식
- 소경관 제조방법에 적용

#### 고주파 Contact Tip Type




- 용접효율이 높은 콘택트 팁을 접속시켜 가열 용접하는 방식
- 큰 외경에서 워크코일 전류 손실이 많은 중경관에 적용

### SAW ; 융접 Type

잠호 용접
(Submerged Arc Welding)

#### Longitudinal Type



- 서브머지드 아크 용접 방식
- PIPE를 길이방향으로 용접 제조함.
- 전기저항으로 자동용접이 불가능한 두꺼운 PIPE 제조방법에 적용

#### Spiral Type

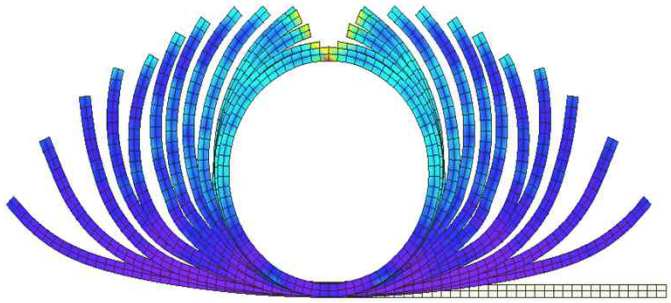


- 서브머지드 아크 용접 방식
- 코일을 나선형으로 말아서 용접 제조함.
- 대경관 제조방법에 적용

## 2. ERW 제조공정

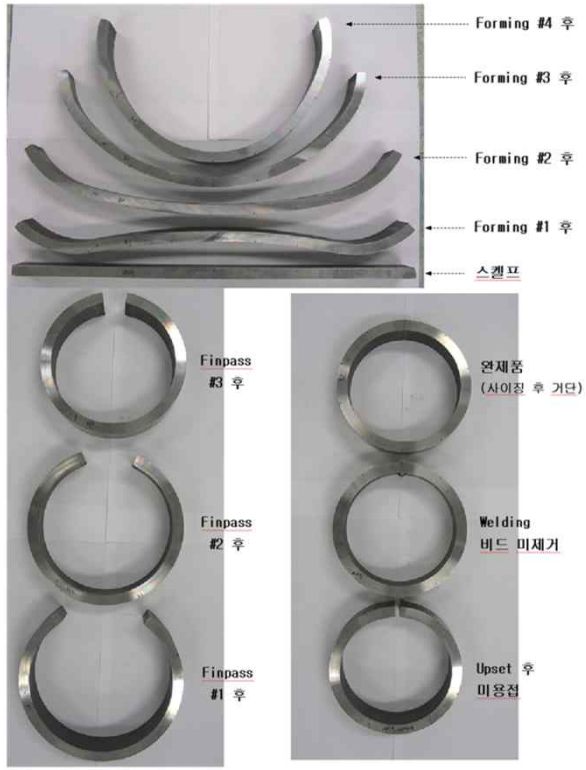

원자재 입고
슬리팅
언코일링
포밍
용접
내외면비드제거
용접부 열처리
(규격요구시 적용)
공냉
수냉
정형
절단
교정
면취
수압검사
(규격요구시 적용)
비파괴검사
(ET or UT)
제품검사
마킹
포장

## 3. ERW 성형 (Roll Flower)



Roll Flower

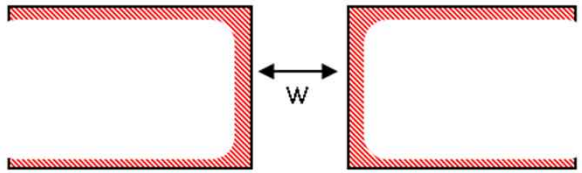


## 4. ERW 용접원리

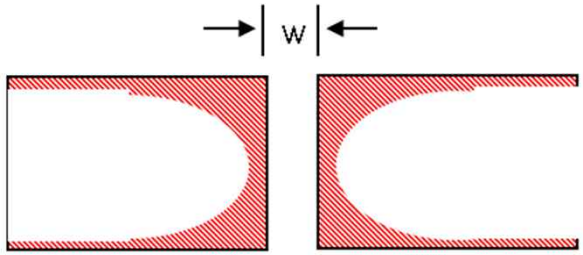
### 1) 표피효과

-. 고주파 전류의 특성 중 하나로 도체에 전류를 통하게 할 때, 도체의 표면에 전류 밀도가 집중되는 현상으로 강대 엣지의 표피만을 국부적으로 가열




### 2) 근접효과

-. 한쌍의 도체에 방향이 다른 전류가 흐를 때 그 도체 간의 간격이 좁을수록 도체에서의 전류 분포가 서로 가까운 쪽으로 모이는 현상.




### 3) ERW 용접과정

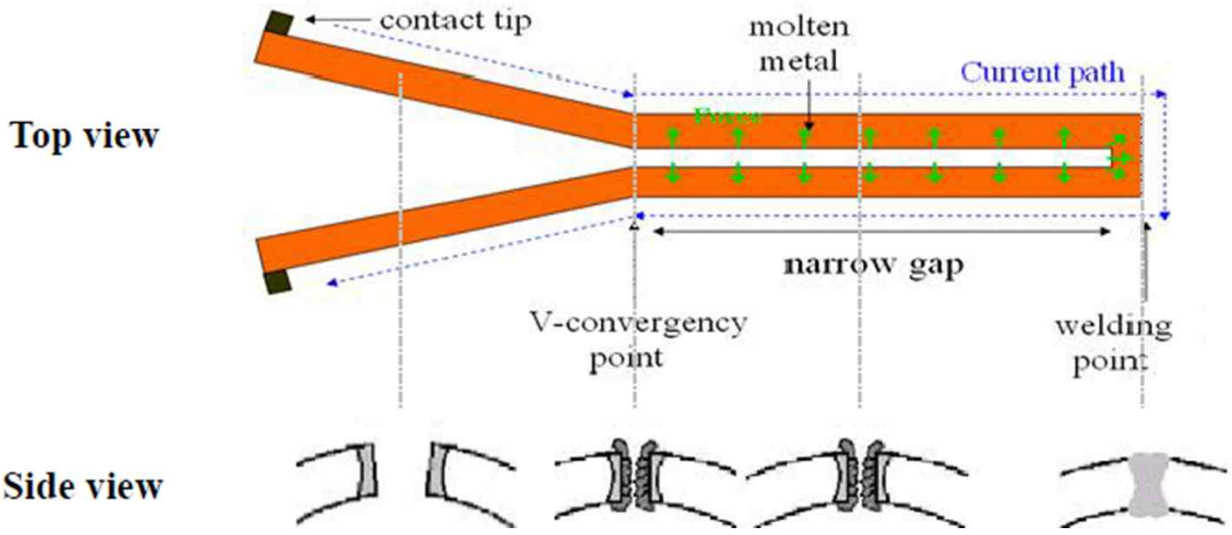
-. 강대 Edge면 전류인가되어 가열

-. V-point 지점에서 철이 녹는점 이상 가열

-. 용융물이 Edge면에 생성시작

-. Narrow gap 영역에서 전자기적 척력에 의해 용융물이 연속하여 배출되며 gap유지

-. 용접점에서 양 edge 접촉 및 업셋에 의해 edge면에 존재하는 산화물/불순물 상하부로 배출 (용접 비드)



# Ⅱ. 도금공정의 이해

## 1. 철강과 용융아연도금

-. 철강 : 강하지만 녹 발생이 쉽다.

-. 용융아연도금 : · 철강의 방식을 목적으로 가장 많이 사용하고 있는 도금방식

· 용융된 아연 욕조에 파이프를 침적시켜 철에 아연의 피막을 형성시키는 방법으로 방식효과가 좋고, 대량생산이 가능하며, 경제적 공급이 가능하다.

## 2. 아연도금의 기능

-. 아연도금은 아연 표면에 생성되는 보호피막 및 철과의 반응에서 희생양극으로서 전기화학적인 보호작용을 통해 철을 부식으로부터 보호하는 역할을 한다.

## 3. 아연도금 생산방식

| 기계식 Rotary 방식 (공장도금) | 수작업 Batch 방식 (외주 도금) |
|---|---|
|  |  |

## 4. 기계식 Rotary 방식 용융아연도금 제조공정


탈지 & 수세


산세


수세


후락싱


건조 & 예열


도금


브로잉


공냉


수냉


마킹


최종검사


포장

## 5. 수작업 Batch 방식 용융아연도금 제조공정


탈지


산세


수세


후락싱


건조


도금


냉각

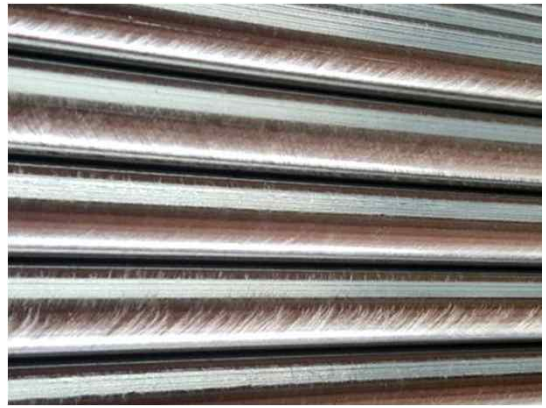

후처리



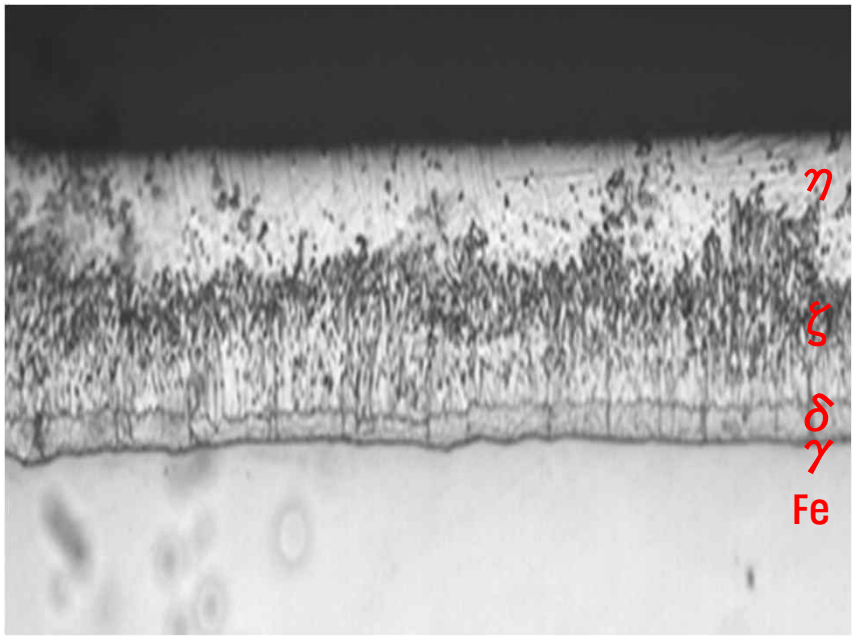
마킹

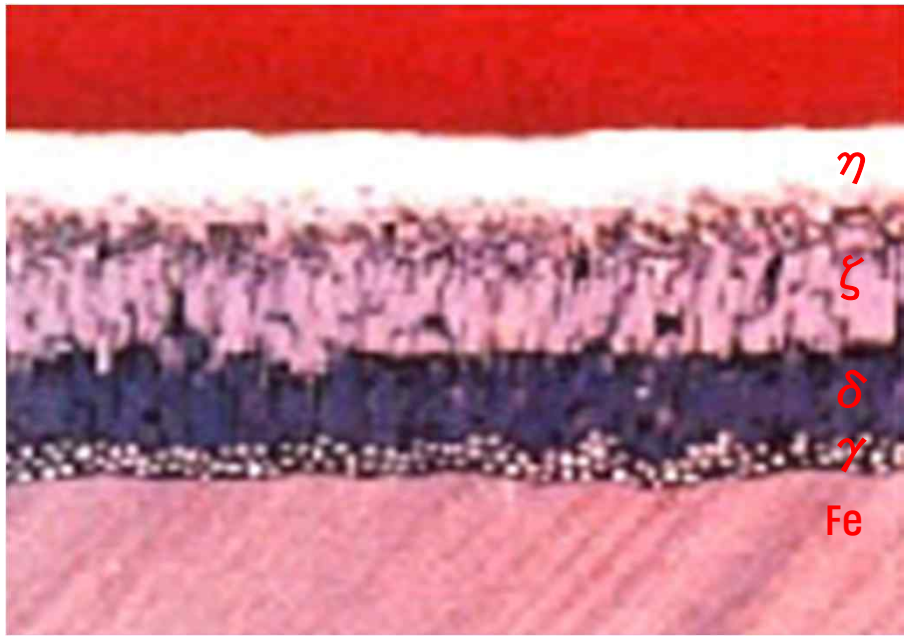

포장

## 6. 아연도금 생산방식에 따른 제품의 특징

| 구분 | 기계식 Rotary 방식 (공장도금) | | 수작업 Batch 방식 (외주 도금) | |
|---|---|---|---|---|
| 생산 사이즈 | -. 15A ~ 200A 까지 생산 | | -. 도금로 크기에 따라 생산 가능<br>→ 현재 200A 초과 제품은 모두 Batch방식도금<br>→ 소경(50A 이하)은 박리위험성으로 지양 (보증불가) | |
| 도금두께 | -. 도금두께 낮음 (박리위험성 小) | | -. 도금두께 높음 (박리위험성 大) | |
| 외관특징 | -. 내 / 외면 물결무늬<br>→ 내 / 외면 블로잉 공정에서 온도의 영향으로 발생. |  | -. 표면 드로스 부착<br>→ 도금과정에서 발생되는 드로스의 제품 표면 부착 |  |
| | -. 클램프 동전자국<br>→ 내면 블로잉 공정 크램프 접촉 냉각차에 의해 발생 |  | -. 외면 빗살무늬<br>→ 크레인 인양 과정에서 발생되는 빗살무늬 현상 |  |

## 7. 아연도금 피막구조




-. 순수아연층 η 상(Eta) : 최외층의 순수아연

-. 합금층 ζ상(Zeta) : 합금층외의 부분으로 Fe가  5.8~6.3%정도 함유.

-. 합금층 δ상(Delta) : 그 다음층으로 Fe가 7~11%정도 함유. 경하고 취약함.

-. 합금층 γ상(Gamma) : 철강표면에 가장 가까운쪽의 화합물 Fe가 21~28% 함유.
피막이 매우 얇고 강자성체

-. Fe

## 8. 크로메이트

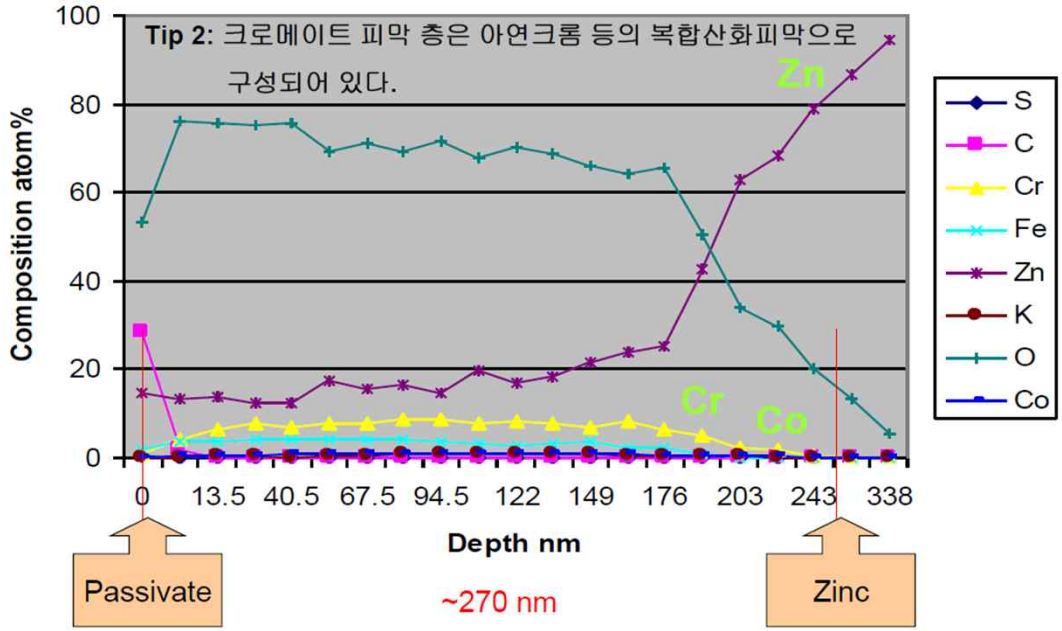
### 1) 크로메이트란?

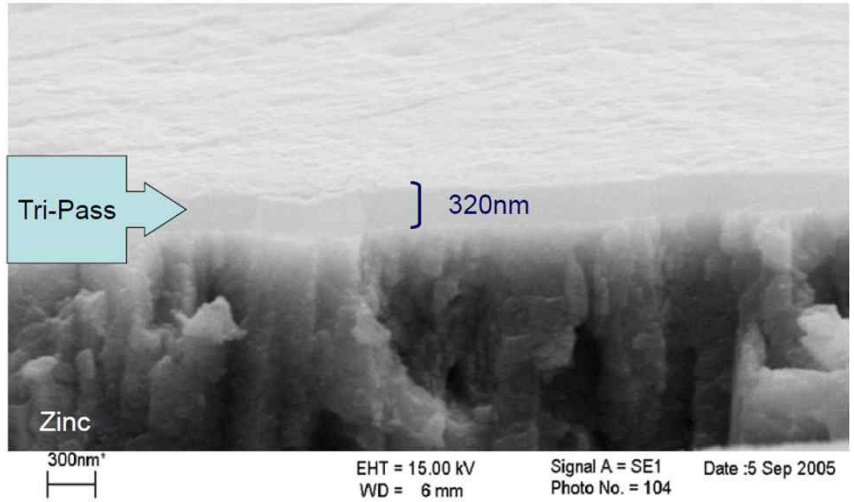
-. 아연도금의 특성(내식성)을 향상시키기 위해 도금표면에 3가 크롬 피막을 입히는 것 (**아연의 산화방지**)

### 2) 크로메이트 코팅의 원리

-. 크로메이트 피막은 아연도금 층의 소량의 아연이온이 용해될 때 아연표면과 용액 사이의 계면의 pH가 상승하면서 크롬 등과 화학적인 반응을 하여 형성된다.

### 3) 크로메이트 피막의 구성



# Ⅲ. 강관 규격 설명

## 1. 주요 제품 규격

| 규격번호 | 제품규격 | 제품명 | 용도 |
|---|---|---|---|
| **KS D 3507 (JIS G 3452)** | **SPP (SGP)** | 일반배관용 | 사용압력이 낮은 증기, 물, 기름, 가스 및 공기 등의 일반적인 배관에 사용 |
| **KS D 3562 (JIS G 3454)** | **SPPS380 (STPG370)** | 압력배관용 | 350℃이하의 온도에서 압력배관용으로 사용하는 탄소강관 |
| **KS D 3631 (-)** | **SPPG (-)** | 연료가스배관용 | 사용압력이 9.9kg/㎠ 이하인 도시가스 및 액화석유가스등의 공급배관에 사용 |
| **KS D 3566 (JIS G 3444)** | **SGT (STK)** | 일반구조용 | 토목, 건축, 철탑 및 그 외의 구조물에 사용 |
| **KS D 3568 (JIS G 3466)** | **SRT (STKR)** | 일반구조용 각형강관 | 토목, 건축, 철탑 및 그 외의 구조물에 사용 |
| **KS C 8401 (JIS C 8305)** | **후강전선관** | 강제전선관 | 전기배선에서 전선을 보호하기 위하여 사용하는 강제전선관 |
| **ASTM A53** | - | 배관용 탄소강관 (미국 ASTM 규격) | A53A : 일반배관용으로 사용 , A53B : 압력배관용으로 사용 |
| **API 5L** | **5LB / X42** | 송유관 | 석유 및 천연가스 산업에서 용수, 가스 및 석유 수송을 위한 배관 |
| **API 5CT** | **J55 / P110** | 유정용 강관 | 유정의 굴착 및 채유에 사용하는 강관 |

## 2. 제품규격별 품질특성

| 규격번호 | | 인장강도 (Mpa,이상) | 항복강도 (Mpa, 이상) | 연신율 (%) | 화학성분(%, 이하) | | | | | 편평 시험 | 수압 및 비파괴 | 균일성 시험(도금) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | C | Mn | P | S | Si | | | |
| D 3507 | | 294 | - | 30 | - | - | 0.040 | 0.040 | - | 2/3D | 선택 | 5회 |
| D 3562 (SPPS380) | | 380 | 220 | 30 | 0.25 | 0.30~ 0.90 | 0.040 | 0.040 | 0.35 | 2/3D | 선택 | - |
| D 3631 | | 334 | 206 | 30 | 0.30 | 0.95 | 0.040 | 0.035 | 0.35 | 2/3D | 65A이하 선택 80A이상 둘다 | - |
| D 3566 | SGT275 | 410 | 275 | 23 | 0.25 | - | 0.040 | 0.040 | - | 2/3D | 없음 | - |
| | SGT355 | 500 | 355 | 20 | 0.24 | 1.50 | 0.040 | 0.040 | 0.40 | 7/8D | 없음 | - |
| D 3568 | SRT275 | 410 | 275 | 23 | 0.25 | - | 0.040 | 0.040 | - | - | 없음 | - |
| | SRT355 | 500 | 355 | 23 | 0.18 | 1.50 | 0.040 | 0.040 | 0.55 | - | 없음 | - |
| C 8401 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 없음 | 3회 |

비고 1) 8mm미만의 제품 연신율은 1mm 감소에 대하여 1.5%의 비율을 뺀 것으로 한다.
비고 2) D3562 압력배관용의 경우 25A 이하의 관은 연신율을 적용하지 않는다. 다만, 기록하여 두어야 한다.
비고 3) D3631 연료가스배관용의 경우 80A 이상 제품은 용접부에 충분한 어닐링을 하여야 한다.
비고 4) 일반배관용 및 전선관을 제외한 규격제품이 백관일 경우 균일성시험 기준은 D3507 일반배관용의 기준을 적용한다.
비고 5) C8401 강제전선관의 경우, G28이하 제품은 굴곡시험을 실시한다.
비고 6) KS 제품 규격의 진직도 규정 : 관은 실용적으로 곧아야 한다. (수치화된 규정은 없음)
비고 7) KS 제품의 외관 규정 : 관의 내·외면은 마무리가 양호하고, 사용상 해로운 결함이 없어야 한다.

## 3. 구조용 강재 KS 규격 개정사항

### 1) KS D 3503 일반구조용 압연강재 화학성분 및 기계적성질

| 종류의 기호 | 인장강도 | 항복강도(16mm이하) | C | Si | Mn |
|---|---|---|---|---|---|
| SS235 (SS330) | 330~430 → 330~450 | 205 → 235 | - → 0.25 이하 | - → 0.45이하 | - → 1.40 이하 |
| SS275 (SS400) | 400~510 → 410~540 | 245 → 275 | | | |
| SS315 (SS490) | 490~610 | 285 → 315 | - → 0.28 이하 | - → 0.50 이하 | - → 1.50 이하 |
| SS410 (SS540) | 540이상 | 400 → 410 | 0.30이하 | - → 0.55이하 | 1.60이하 |
| SS450 (SS590) | 590이상 | 450이상 | | | |
| SS550 | 690이상 | 550이상 | 0.30이하 | 0.55이하 | 1.80이하 |

### 2) KS D 3566(일반구조용 탄소강관) / KS D 3568(일반구조용 각형강관)

| 규격 | 변경 전 | | | 변경 후 | | | 주요 변경내용 (Y.P 기준으로 기호 변경) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 기호 | 인장강도 ($N/mm^2$) | 항복강도 ($N/mm^2$) | 기호 | 인장강도 ($N/mm^2$) | 항복강도 ($N/mm^2$) | |
| 일반 구조용 탄소 강관 KS D 3566 | STK290 | 290 이상 | - | 삭제 | | | 1) 기호변경: STK → SGT<br>2) STK290 삭제<br>3) STK490/500 통합(성분 변경)<br>4) 항복강도 상향(10~40N)<br>5) 두께허용치 강화<br>-. 1호 4t 미만<br>: +0.6mm,-0.5mm -> ±0.4mm<br>-. 4t ~ 12t 미만<br>: +15%,-12.5% -> ±12% |
| | STK400 | 400 이상 | 235 이상 | SGT275 | 410 이상 | 275 이상 | |
| | STK490 | 490 이상 | 315 이상 | SGT355 | 500 이상 | 355 이상 | |
| | STK500 | 500 이상 | 355 이상 | | | | |
| | STK540 | 540 이상 | 390 이상 | SGT410 | 540 이상 | 410 이상 | |
| 일반 구조용 각형 강관 KS D 3568 | SPSR400 | 400 이상 | 245 이상 | SRT275 | 410 이상 | 275 이상 | 1) 기호변경: SPSR → SRT<br>2) 항복강도 상향(10~40N) |
| | SPSR490 | 490 이상 | 325 이상 | SRT355 | 500 이상 | 355 이상 | |

# IV. 시험성적서(MTR)의 이해

SeAH

PAGE : 1 / 1

증명서번호 CERTIFICATE NO.: GD201604-1208-010204(1559460-C1625)

계 품 명 COMMODITY : 일반구조용탄소강관

계 품 규 격 SPECIFICATION : KS D3566 STK400

# INSPECTION CERTIFICATE

## SeAH Steel Corp.
## (주)세 아 제 강

HEAD OFFICE; SEAH TOWER, 45 YANGHWA-RO, MAPO-GU, SEOUL, KOREA
GUNSAN STEEL PIPE PLANT; 52, JAYUMUYEOK-RO, GUNSAN-SI, JEOLLABUK-DO, KOREA

발 급 일 자 DATE OF ISSUE : 2016.04.14
계 약 서 번 호 L/C No. (P/O No.) :
수 요 가 CUSTOMER : 한국철재사
주 문 자 SHIPPER : 한국철재사

| NO. | HEAT NO. (BATCH NO.) | 판 단 TYPE *1 | 주 문 치 수 ORDER SIZE | 수 량 QUANTITY 본 수 PCS | 총 길 이 TOTAL LENGTH | 중량(M/T) WEIGHT | 비 고 REMARK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SP43152 (SVQ1121070) | GSC | 165.20 MM X 2.90 MM X 6.000 M | 10 | 60.000 M | 0.697 | |
| 2 | SP43152 (SVQ1122010) | | | | | | |
| 3 | SP46202 (SVQ3072010) | GSC | 165.20 MM X 2.90 MM X 6.000 M | 10 | 60.000 M | 0.697 | |

| NO. | HEAT NO (BATCH NO.) | HYDROSTATIC TEST Sec. | HYDROSTATIC TEST RESULT | N.D.T E *2 | VISUAL & DIMENSION | FLATTENING | SHOCK | COMPRESSION | RESIDUAL MAGNETISM GAUSS | BENDING *3 | DRIFT | CRUSH | FLARING | FLANGE | REVERSE FLATTENING | ZINC COATING TEST WEIGHT OF ZINC COATING | 균일성 C.S *4 | 알칼리 ALK *5 | CHEMICAL COMPOSITION(%) DESIG *6 | C | Si | Mn | P | S | CEQ *5 | TENSILE TEST (Gage Length : 50mm) DIR *9 | TENSILE STRENGTH N/㎟ | YIELD STRENGTH N/㎟ | EL % *10 | IMPACT TEST (℃) ENERGY Joule | SHEAR AREA % | HARDNESS TEST | HEAT TREATMENT *11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 기준 SPEC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MAX | 25 | | | 40 | 40 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MIN | | | | | | | | 400 | 235 | 23 | | | | |
| 1 | SP43152 (SVQ1121070) | | | G | G | G | | | | | | | | | | | 5 | | H | 15 | 1 | 45 | 10 | 6 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P | | | | | | | L | 473 | 345 | 36 | | | | |
| 2 | SP43152 (SVQ1122010) | | | G | G | G | | | | | | | | | | | 5 | | H | 15 | 1 | 45 | 10 | 6 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P | | | | | | | L | 473 | 345 | 36 | | | | |
| 3 | SP46202 (SVQ3072010) | | | G | G | G | | | | | | | | | | | 5 | | H | 14 | 1 | 49 | 5 | 5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | P | | | | | | | L | 477 | 339 | 34 | | | | |

NOTE *1 - *11: Refer To Others

OTHERS
*1-GSC:GALVANIZED SQUARE END(90°) *G:GOOD *Tr:Trace
*2-E:E:Eddy Current Test *4-C.S:Copper Sulphate Test
*6-H:Heat Analysis, P:Product Analysis, W:Weld Analysis *7-2:X100, 3:X1000, 4:X10000
*9-L:Base Metal Longitudinal *10-E.L:Elongation

* THIS CERTIFICATE IS ISSUED ACCORDING TO EN 10204 3.1 ; 2004 ISO 10474 3.1 ; 2013(3.1.B;1991)

Surveyor :

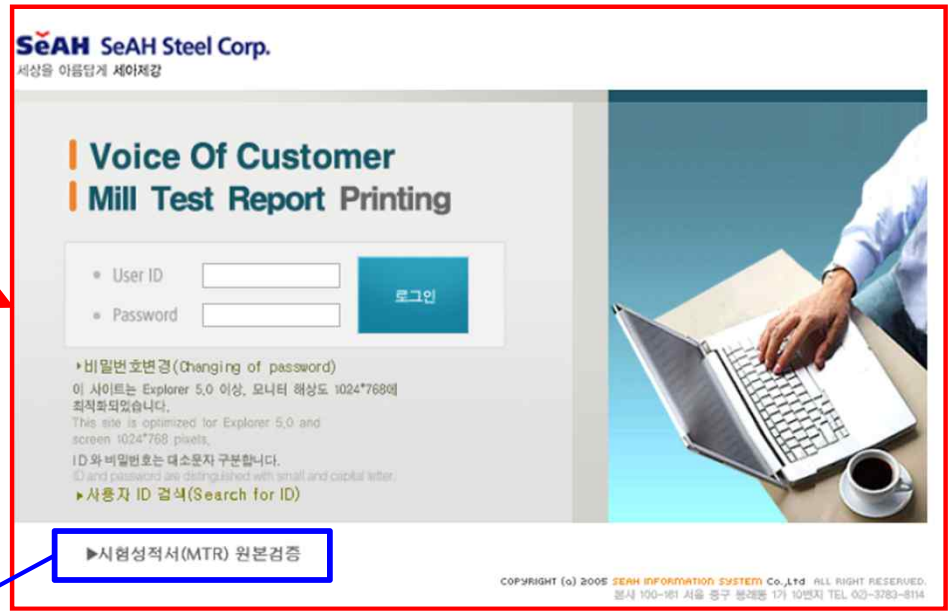
- 본 제품은 관련 규격에 정한 시험 및 검사에 합격하였음을 증명합니다.
(WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN MADE AND TESTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE SPECIFICATION AND THE RESULTS OF ALL TEST ARE ACCEPTABLE.)
- 본 검사 증명서에 명기된 규격용도의 사용시 안전상 또는 재산상의 문제가 발생할 수 있으며, 검사증명서 위.변조시 사문서 위조(형법 231조)로 불이익을 당하실 수 있습니다.
- 원본검증(MTR Verification)은 세아제강 홈페이지(www.seahsteel.co.kr) 시험성적서EVOC에서 확인할 수 있습니다.

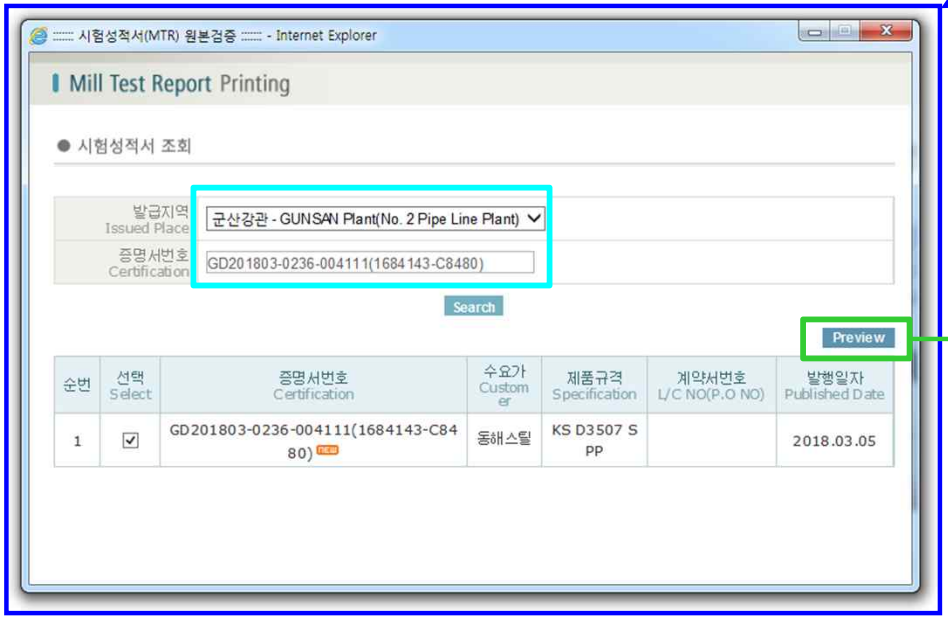
Manager of Q.M Dept.

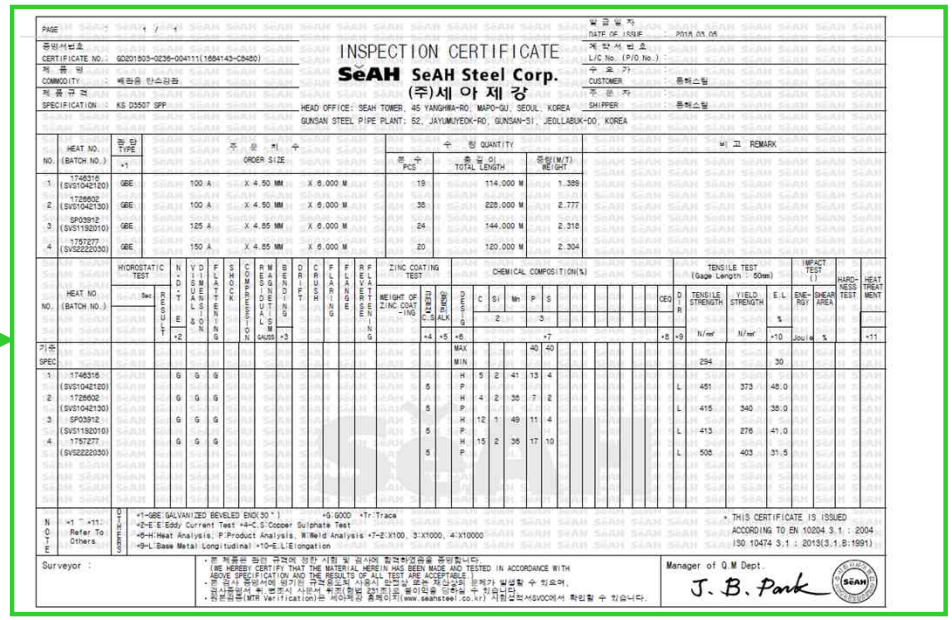
# Ⅳ. 시험성적서(MTR)의 이해

## 1. 성적서 진위여부 확인

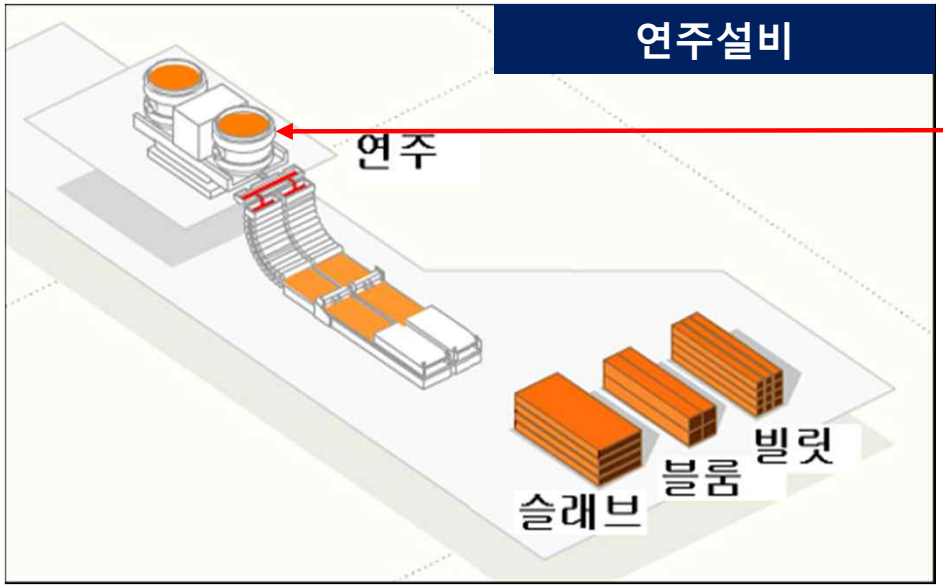


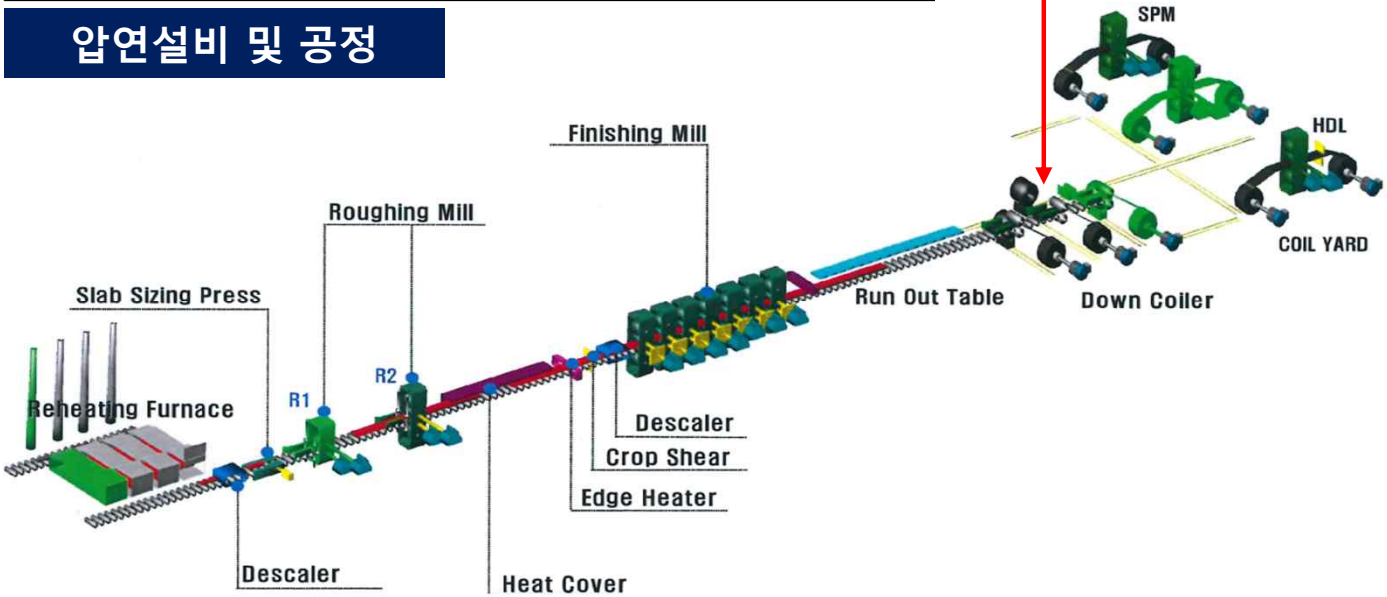



## 2. 히트번호 및 코일번호




히트번호 부여 : 래들 용강단위 (약 200 ~ 300톤)

코일번호 부여 : 압연한 개별의 코일단위 (약 15 ~ 30톤)



## 1. 기계적성질

◆ 인장강도, 항복점, 연신율

O 인장시험

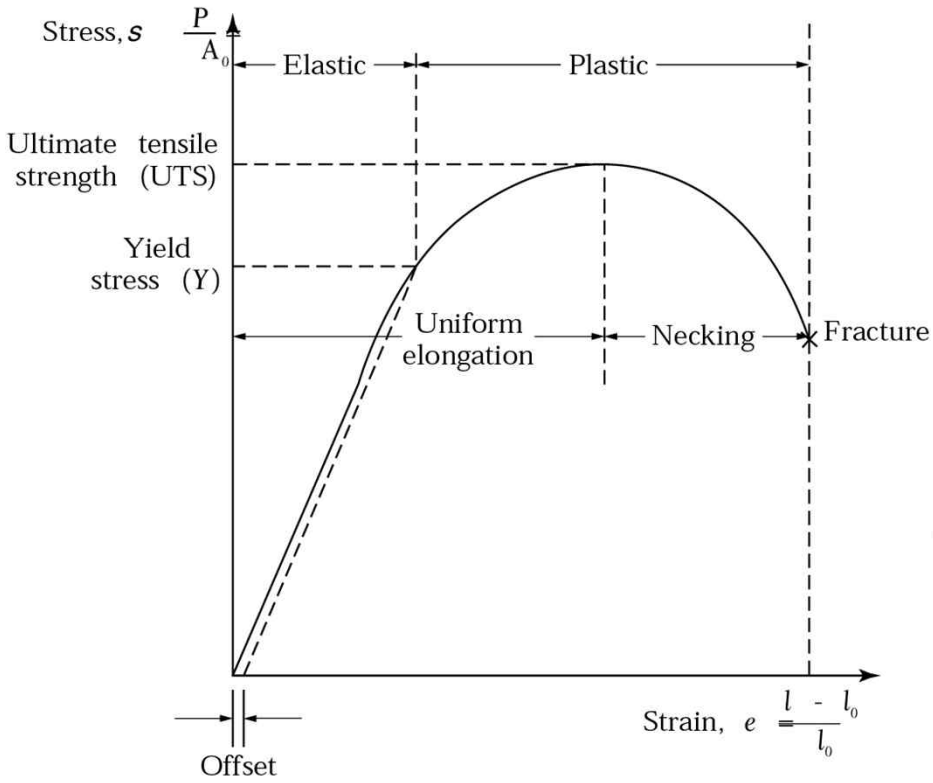
1) 인장강도(N/㎟)= 최대 하중 /시편단면적

2) 항복점(N/㎟) = 항복점하중 / 시편단면적
(소성이나 항복이 시작되는 시점의 응력)

3) 연신율(%) = $\frac{(\ell' - \ell)}{\ell}$

탄성(彈性): 힘을 가하면 변형하고 힘을 제거하면 원상태로 복귀하는 성질
소성(塑性): 힘을 제거해도 원상태로 복귀하지 않고 변형상태로 있는 것
연성(延性): 늘어나는 성질
전성(展性): 넓게 퍼지는 성실
취성(脆性): 깨지는 성질
인성(靭性): 질긴 성질

Stress-Strain Curve






## 2. 화학성분 (5대 원소: C, Si, Mn, P, S)이 기계적성질에 미치는 영향

**1) 탄소(C)**
- 항복점,인장강도,경도 : 탄소량의 증가에 따라 **증가**한다.
- 연신률,연성,내충격성 : 탄소량의 증가에 따라 **감소**한다.

**2) 규소(Si)**
- 경도, 탄성한도 및 강도를 증가시킨다.
- 연신율과 충격값을 감소시킨다.
- 0.03% 이상 함유 시 도금 과부착, 회도금 등 도금품질에 악영향을 미친다.

**3) 망간(Mn)**
- 강도, 경도 및 인성을 증가시켜 준다.
- 강의 점성증대 및 고온가공을 용이하게 한다.

**4) 황(S)**
- **가장 유해한 원소**이며, 인장강도, 연신율 및 충격값을 대단히 저하시킨다.
- 적열 취성을 일으킨다(연성감소)
- 가공 시 균열 일으켜 고온 가공성을 해침. 강도, 연신율, 충격특성도 감소.
- 최대 0.04%이하로 함유하는 것이 좋다.

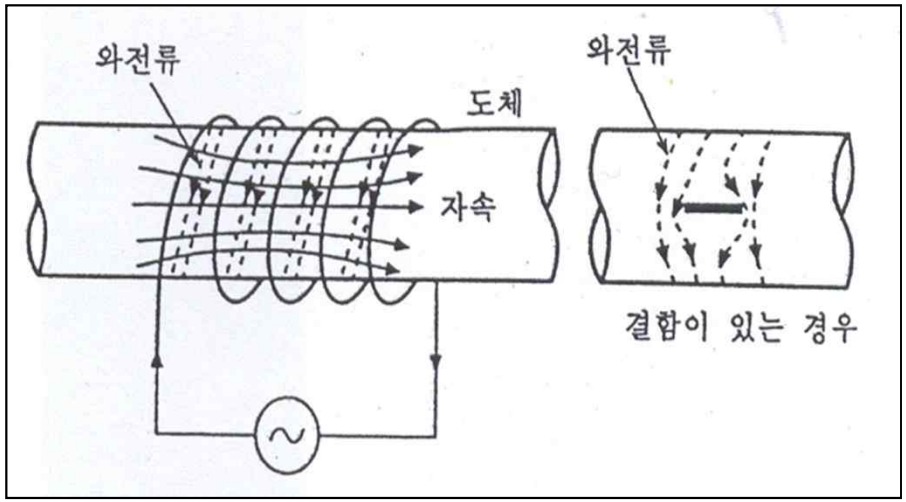
**5) 인(P)**
- **상온 취성의 주된 원인.**
- 연신율, 충격값 감소. 강도, 경도의 증가.
- 최대 0.04%이하로 함유하는 것이 좋다.

주) **적열취성** 강철이 빨갛게 달았을 때 나타나는 부스러지는 성질. 흔히 강철을 1,200℃에서 압착 가공할 때 결정 입자 경계에 있는 공정 조직이 녹는데, 이것이 원인이 되어 강철이 부스러진다.

## 3. 비파괴시험

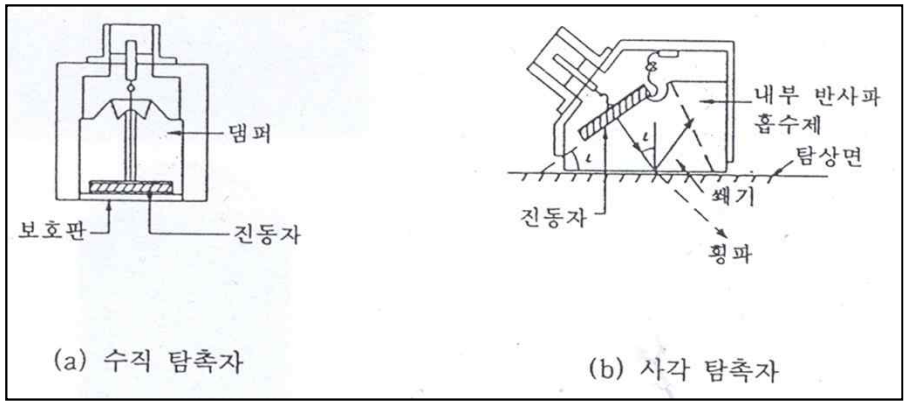
### 1) ET (Eddy Current Testing, 와전류 탐상 시험)

전도체에 교류가 흐르는 코일을 접근시키면 코일 주위에 생긴 자장의 영향으로 금속 내부에 와전류가 유도된다. 와전류는 도체 중에 균열등의 결함이 있으면 변화하므로 이 변화를 감지하여 결함의 유무 및 위치를 확인하는 시험




### 2) UT (Ultrasonic Testing, 초음파 탐상 시험)

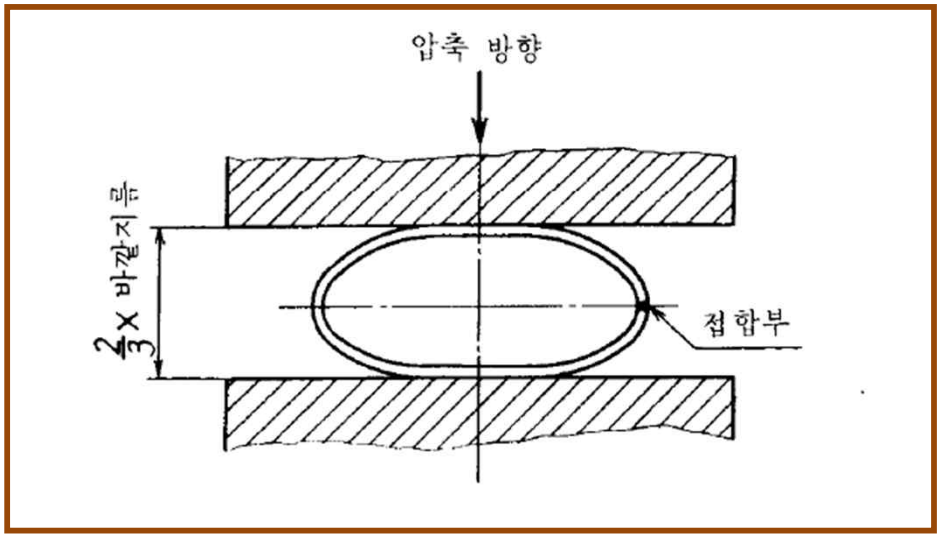
초음파를 시험편 내부에 투사하여 결함부에서 반사되는 초음파로 결함의 크기 및 위치를 확인하는 시험



## 4. 파괴시험

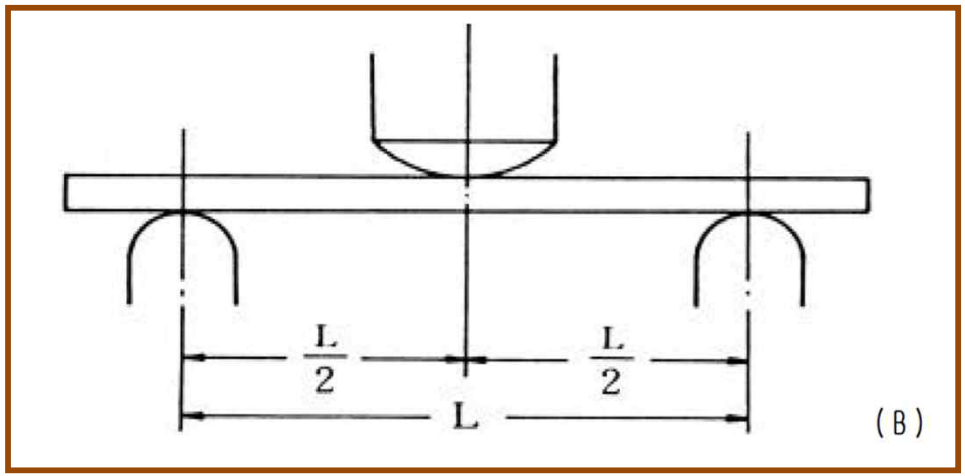
### 1) 편평시험(Flattening Test)

시험편을 상온에서 그림과 같이 평판 사이에 끼우고 평판 사이의 거리가 규정된 높이로 될 때까지 압축하여 편평하게 했을 때 관벽에 흠, 균열 발생 여부를 검사한다. 일반적으로 용접부는 압축방향에 직각으로 놓는다.




### 2) 굽힘시험(Bending Test)

시험편을 상온에서 규정된 굽힘각도, 안쪽 반지름으로 원통주위로 굽혔을 때 관벽에 흠, 균열 발생 여부를 검사한다. 일반적으로 용접부는 굽힘의 최외부로부터 직각방향으로 놓는다.



## 5. 도금시험

### 1) 도금 부착량

① 부착량($g/m^2$) 측정방법

시험편의 표면을 잘 세척하고 건조시킨 후 중량을 측정한 후, 삼염화안티몬액 속에 담가 수소 발생이 적어지고, 도금층이 제거되면 시험편을 꺼내어 물로 씻고 충분히 건조시킨 후 다시 측량하여 그 감량을 시험편의 표면적으로 나눈 값을 부착량으로 한다.

$$\frac{W_1 - W_0}{\text{표면적}(\pi DL)} \quad \text{(원주*시편길이)}$$

② 도금두께(㎛)의 측정

도금(도막)두께 측정기로 도금 표면의 한 점에 대하여 직접 측정한다.

③ 부착량과 도금두께의 상관관계

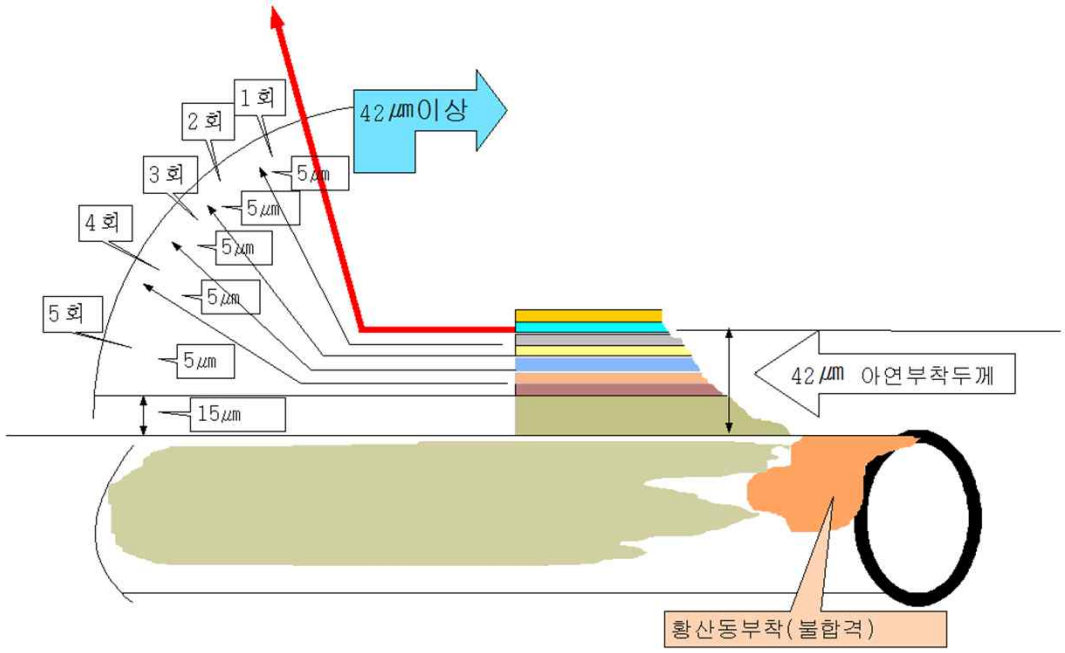
- 도금두께 50 (㎛) x 아연비중 7.14 ($g/cm^3$) = 부착량 357$g/m^2$
- 부착량 400 ($g/m^2$) / 아연비중 7.14 ($g/cm^3$) = 도금두께 56 (㎛)
- 단위환산 : $50x10^{-6}$ (m) x 7.14 ($g/cm^3$) x $10^6$ ($cm^3/m^3$) = 357 ($g/m^2$)

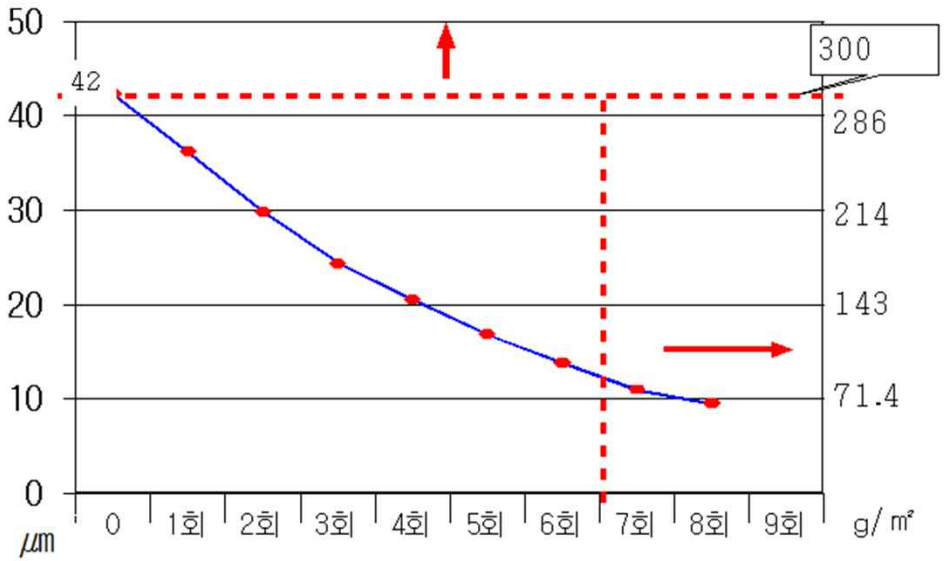
## 2) 도금 균일성(황산구리시험)

세척한 시험편을 황산구리 시험용액 가운데에 움직이지 않도록 1분간 담근다. 이 때, 액을 휘저어 섞거나 시험편이 용기의 벽에 닿지 않도록 한다. 꺼낸 시험편은 즉시 물로 세척하여, 표면에 석출된 구리를 브러쉬 등으로 닦아서 제거한다.
이 조작을 반복하여 시행한다.

- 배관용 탄소강관 균일성 시험 합격기준 : 5회 이상



# VI. 기타 품질사항 – 강관의 부식

## 1. 부식의 정의

- 부식(Corrosion)이란 금속이 주위환경의 여러가지 물질과 화학적 또는 전기화학적 반응을 일으켜 금속물성의 파괴 및 유효수명 단축을 초래하는 현상을 말한다.
- 금속은 대부분 자연상태의 광석에 많은 에너지를 가하여 정련한 불안정한 물질로써 다시 안정한 자연상태로 되돌아 가려는 성질을 가지고 있으며, 이러한 성질을 React성질(재반응 성질)이라 한다.
- 또한 금속은 금속덩어리 자체로서 보다 이온(양이온 or 음이온)으로서의 형태가 안정적이므로 React성질과 마찬가지로 조건만 주어진다면 이온화 하려는 경향도 가지고 있다.

## 2. 부식의 원인

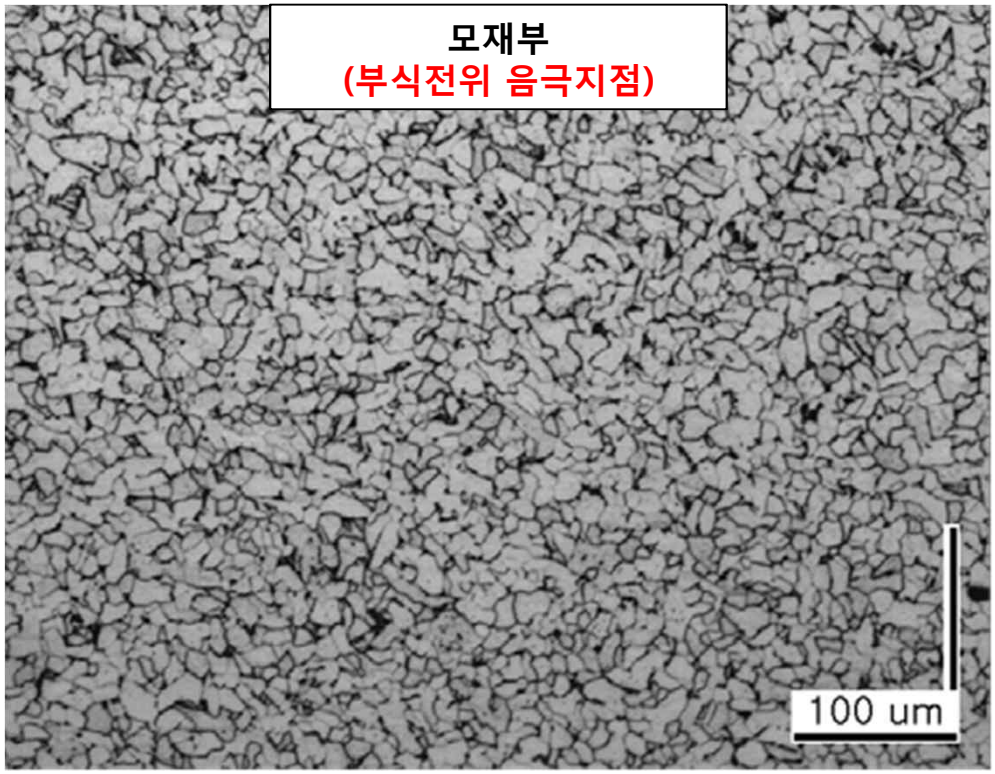
- 부식의 발생 조건 : 양극(Anode) + 음극(Cathode) + 전해질(Electrolyte) + 전기적 회로(Return Circuit)
- 금속 內 전위차로 인해 양극과 음극이 형성되며, 양극에서 금속이온의 용출에 의해 부식이 발생하게 된다.
- 금속 內 전위차 발생 원인 : 조직의 차이, 불순물의 존재, 결함의 존재 등에 따른 전위 차 발생
- 부식발생 이온화 반응식

| | |
|---|---|
| $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$ | (Anodic Reaction) |
| $1/2\ O_2 + H_2O + 2e \rightarrow 2OH^-$ | (Cathodic Reaction) |
| $Fe + 1/2\ O_2 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2$ | (Net Reaction) |

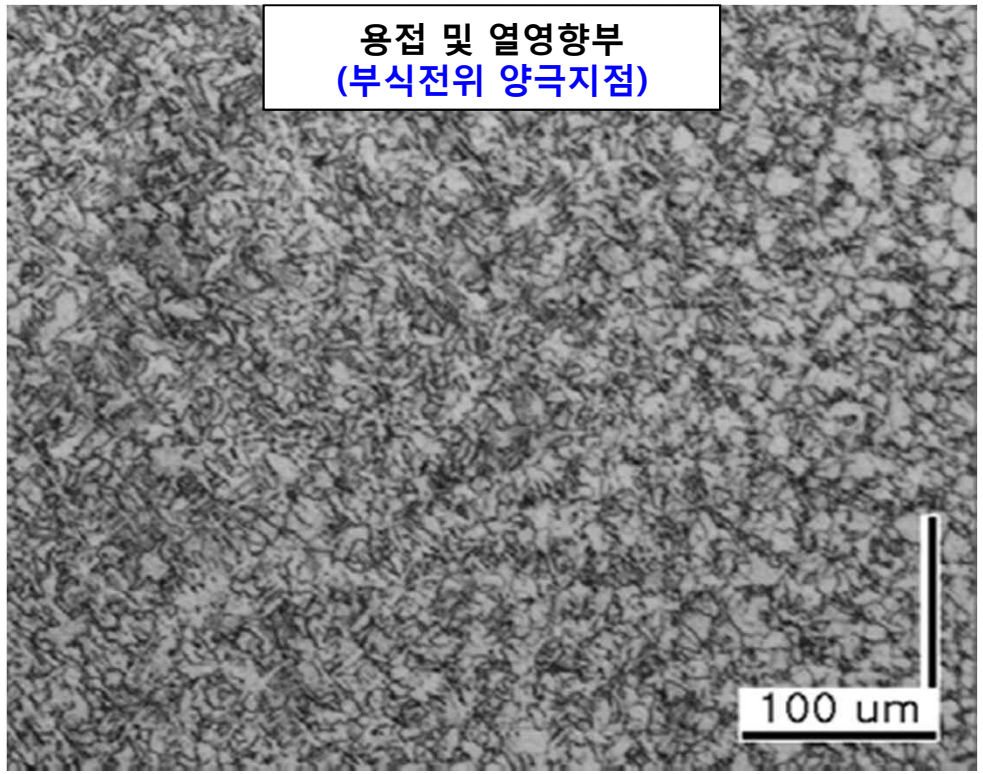
# VI. 기타 품질사항 – 강관의 부식

## 3. 구상부식(Groove Corrosion)

- 전기저항용접(Electronic Resistance Welding, ERW)강관을 급.배수, 냉각수, 공업용수, 해수 등의 배관용으로 사용할 때 용접부를 따라 부식이 일어 나는 현상을 말하며, 이때 부식된 단면은 용접부 또는 열영향부가 마치 도랑(溝) 이 파진 것처럼 선택 부식을 당한 모습을 보이게 된다.
- 구상부식은 용접부와 모재부의 전기화학적 거동차이 및 강종의 비금속 개재물(MnS개재물)에 의한 영향으로 발생되며 수질, 온도, 유속, 용존산소, 염소이온 및 불순물 등에 의해 부식속도가 영향을 받게 된다.
- 용접부와 모재부간의 금속 조직 차이



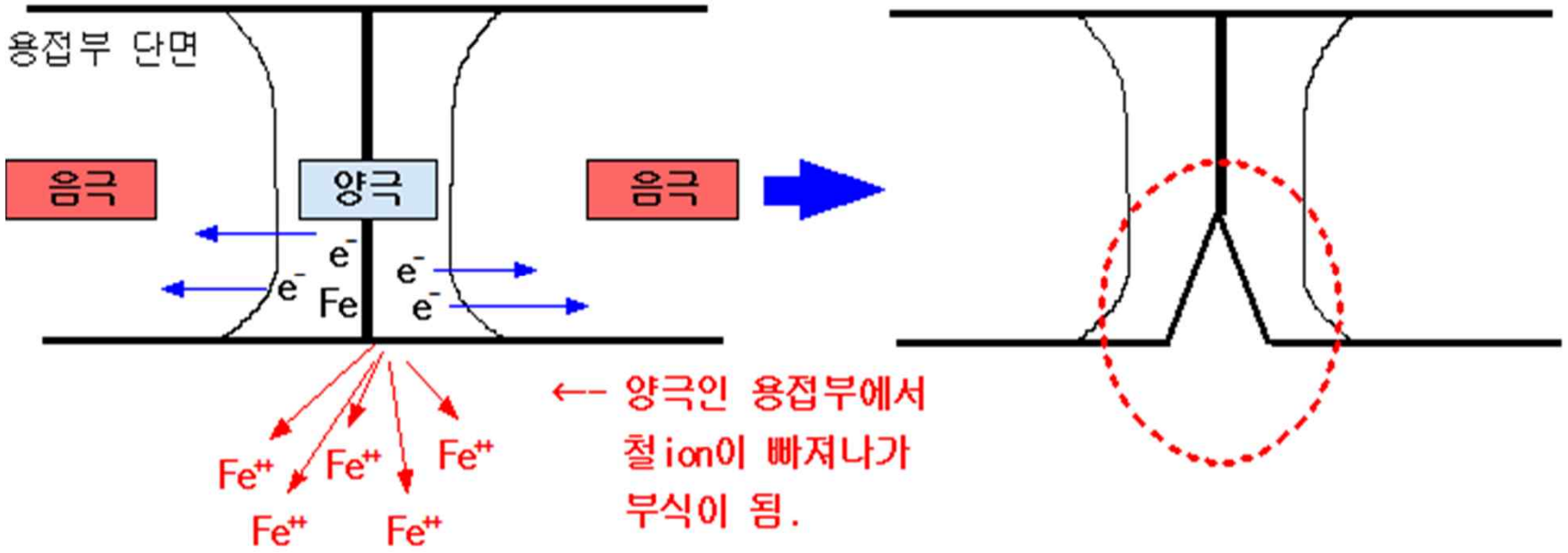

용접 및 열영향부에 비해 전위가 높음

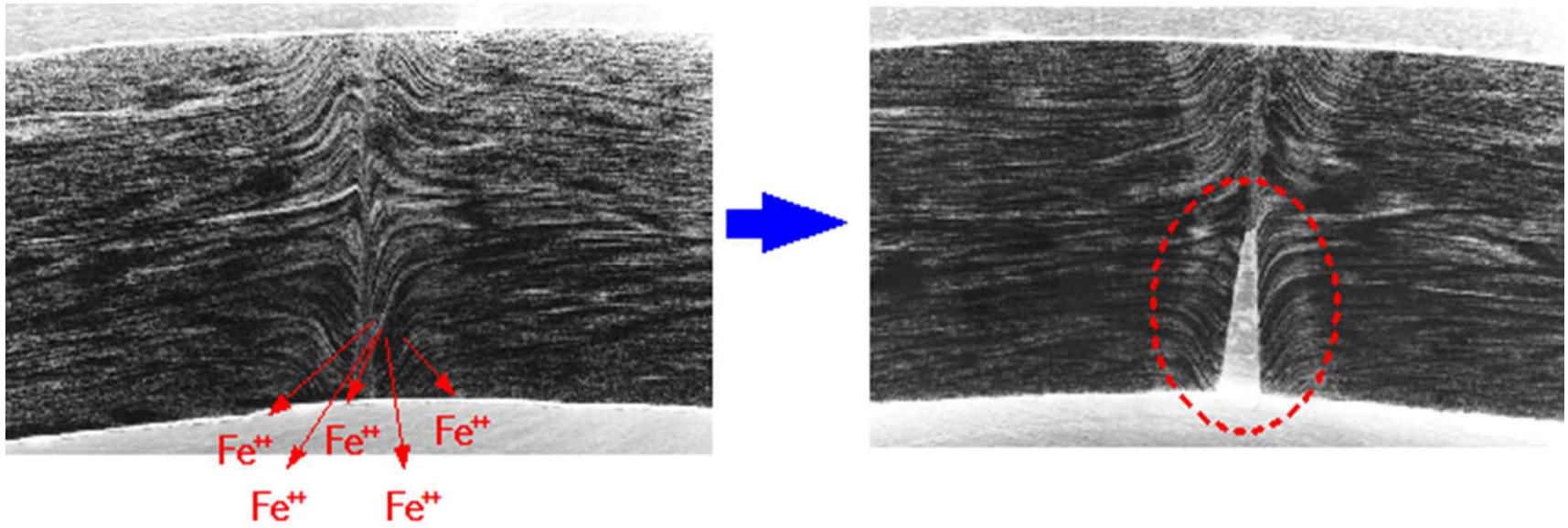



모재부에 비해 전위가 낮음

# VI. 기타 품질사항 – 강관의 부식

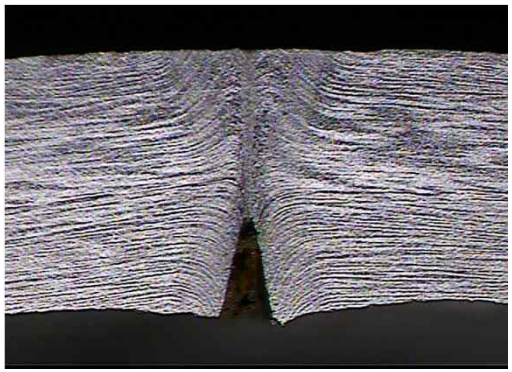
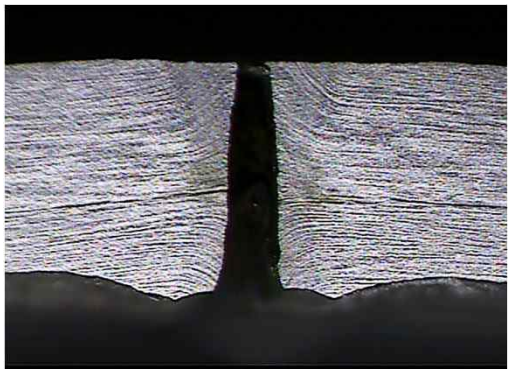
▶ 구상부식 원리



# VI. 기타 품질사항 – 강관의 부식

▶ 구상부식 사례

| | | |
|---|---|---|
| 스케일 제거 前 |  |  |
| 스케일 제거 後 |  |  |
| 해당샘플 조직사진 |  |  |

# VI. 기타 품질사항 – 강관의 부식

▶ 구상부식의 대책

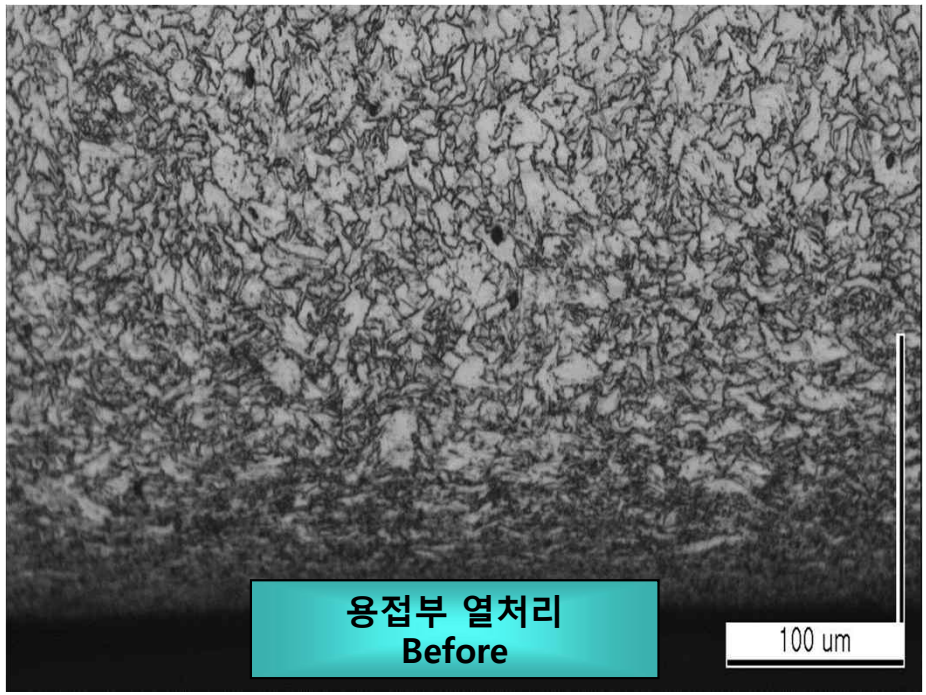
① 부식 환경 제어

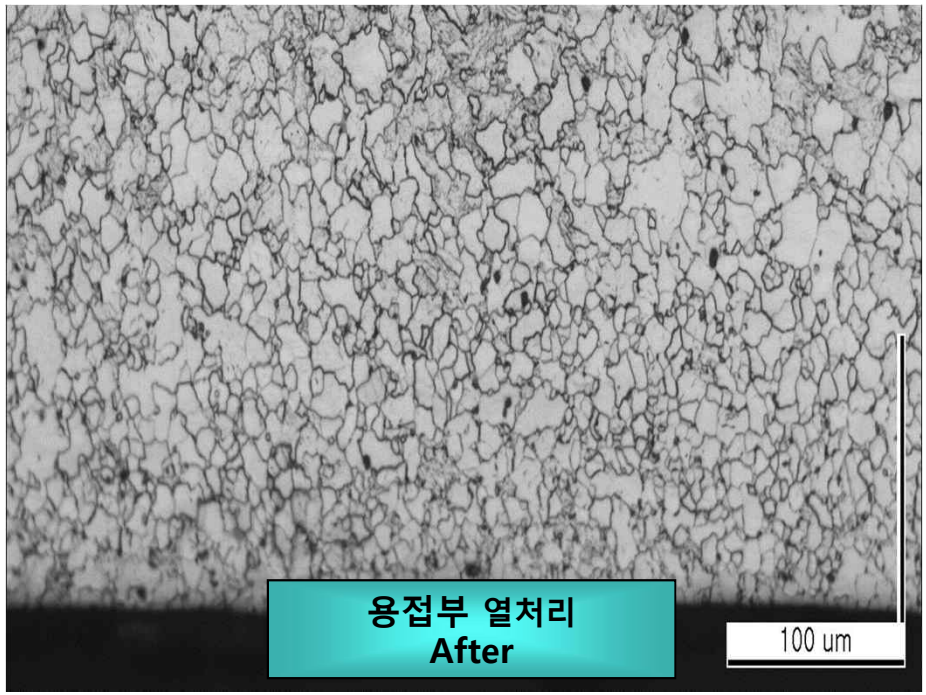
- 부식현상은 유체의 온도가 67℃ 부근에서 최대가 되므로 해당되는 경우 배관 설계 시 고려

② 주기적인 점검

- 정기적으로 배관의 부식 상태를 점검하고 이상 발생시 교체
- 유체 수질관리(pH, 알칼리도 등)
- 부식 억제제 투입(인산염, 규산염 등)

③ 모재부와 용접부 간의 조직 차이를 억제하기 위한 급속냉각 지양, 용접부 열처리 등 시행(비용증가)




→ 용접부는 모재부에 비해 조직이 미세하여 상대적으로 전위가 낮아 양극반응을 나타냄

# VI. 기타 품질사항 – 백청

## 1. 백청 발생 메커니즘

### (1) 아연도금

① 아연도금은 **아연의 희생양극 부식**으로 철(Fe)의 부식을 억제함.

② **장기간**에 걸쳐 생성되는 산화층은 초기 광택을 잃게 하지만, 산화층이 치밀하여 **안정한 보호피막** 역할을 함.

③ **단기간**에 발생되는 비평형적인 산화, 즉 **백청**은 아연도금층을 손상시키나 백청으로 인한 소모량은 0.7~4g/㎡ 수준으로 모재부(Steel pipe)에 대한 방식 수명 차이는 없음. (실제 아연 부착량은 350g/㎡ 이상)

### (2) 백청 발생 메커니즘

① 산화 아연 피막 : 도금 직후 450℃ 고온에서 공기와 접촉하여 생성된 **산화 피막층(산화아연)**

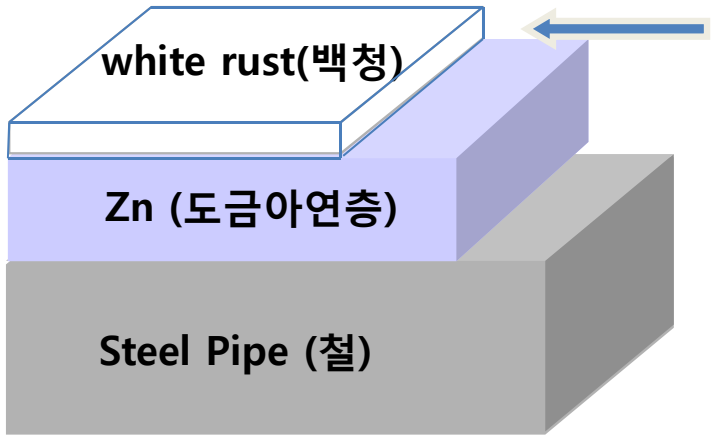
$$2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$$

② **백청**(White Rust) : 빗물, 결로, 통풍미흡 등의 영향으로 단기간에 생성된 **염기성 탄산 아연층.**

$$ZnO + CO_2 \text{ (공기)} \rightarrow ZnCO_3 \text{ (탄산 아연)}$$

$$ZnO + H_2O \text{ (빗물/결로)} \rightarrow Zn(OH)_2 \text{ (수산화 아연, 치밀하고 밀착성)}$$

$$ZnCO_3 + Zn(OH)_2 \rightarrow 2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2 \text{ (백청, 염기성 탄산아연)}$$



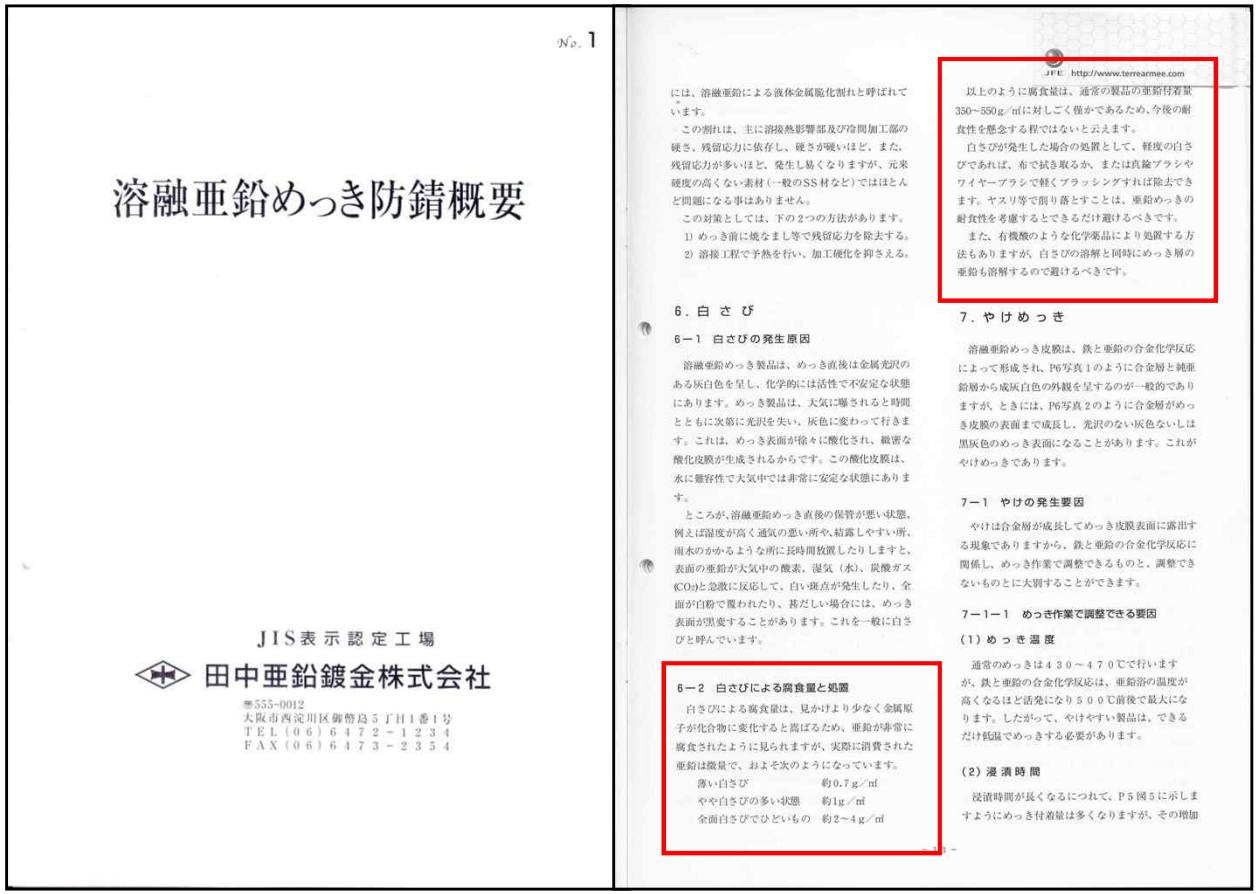

✓ **백청 :** 다공질 백색 가루 (염기성 탄산아연)
→ $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$

# VI. 기타 품질사항 – 백청

※ 참고문헌: 용융아연도금 방청개요 제1권, 田中亞鉛鍍金株式會社(JFE), page 13.

▶ 백청 부식량 및 내식성

- 백청으로인한 아연층 부식량은 0.7 ~ 4g/㎡수준으로 실부착량 350 ~ 550g/㎡대비 내식성의 저하와 무관



No. 1

溶融亜鉛めっき防錆概要

JIS表示認定工場

田中亜鉛鍍金株式会社

〒555-0012
大阪市西淀川区御幣島5丁目1番1号
TEL（06）6472－1234
FAX（06）6473－2354

には、溶融亜鉛による液体金属脆化割れと呼ばれています。

この割れは、主に溶接熱影響部及び冷間加工部の硬さ、残留応力に依存し、硬さが硬いほど、また、残留応力が多いほど、発生し易くなりますが、元来硬度の高くない素材（一般のSS材など）ではほとんど問題になる事はありません。

この対策としては、下の2つの方法があります。

1）めっき前に焼なまし等で残留応力を除去する。
2）溶接工程で予熱を行い、加工硬化を抑さえる。

6．白 さ び

6－1 白さびの発生原因

溶融亜鉛めっき製品は、めっき直後は金属光沢のある灰白色を呈し、化学的には活性で不安定な状態にあります。めっき製品は、大気に曝されると時間とともに次第に光沢を失い、灰色に変わって行きます。これは、めっき表面が徐々に酸化され、緻密な酸化皮膜が生成されるからです。この酸化皮膜は、水に難容性で大気中では非常に安定な状態にあります。

ところが、溶融亜鉛めっき直後の保管が悪い状態、例えば湿度が高く通気の悪い所や、結露しやすい所、雨水のかかるような所に長時間放置したりしますと、表面の亜鉛が大気中の酸素、湿気（水）、炭酸ガス（$CO_2$）と急激に反応して、白い斑点が発生したり、全面が白粉で覆われたり、甚だしい場合には、めっき表面が黒変することがあります。これを一般に白さびと呼んでいます。

6－2 白さびによる腐食量と処置

白さびによる腐食量は、見かけより少なく金属原子が化合物に変化すると嵩ばるため、亜鉛が非常に腐食されたように見られますが、実際に消費された亜鉛は微量で、およそ次のようになっています。

薄い白さび　約0.7g／㎡
やや白さびの多い状態　約1g／㎡
全面白さびでひどいもの　約2～4g／㎡





以上のように腐食量は、通常の製品の亜鉛付着量350～550g／㎡に対しごく僅かであるため、今後の耐食性を懸念する程ではないと云えます。

白さびが発生した場合の処置として、軽度の白さびであれば、布で拭き取るか、または真鍮ブラシやワイヤーブラシで軽くブラッシングすれば除去できます。ヤスリ等で削り落とすことは、亜鉛めっきの耐食性を考慮するとできるだけ避けるべきです。

また、有機酸のような化学薬品により処置する方法もありますが、白さびの溶解と同時にめっき層の亜鉛も溶解するので避けるべきです。

7．やけめっき

溶融亜鉛めっき皮膜は、鉄と亜鉛の合金化学反応によって形成され、P6写真1のように合金層と純亜鉛層から成灰白色の外観を呈するのが一般的でありますが、ときには、P6写真2のように合金層がめっき皮膜の表面まで成長し、光沢のない灰色ないしは黒灰色のめっき表面になることがあります。これがやけめっきであります。

7－1 やけの発生要因

やけは合金層が成長してめっき皮膜表面に露出する現象でありますから、鉄と亜鉛の合金化学反応に関係し、めっき作業で調整できるものと、調整できないものとに大別することができます。

7－1－1 めっき作業で調整できる要因

（1）めっき温度

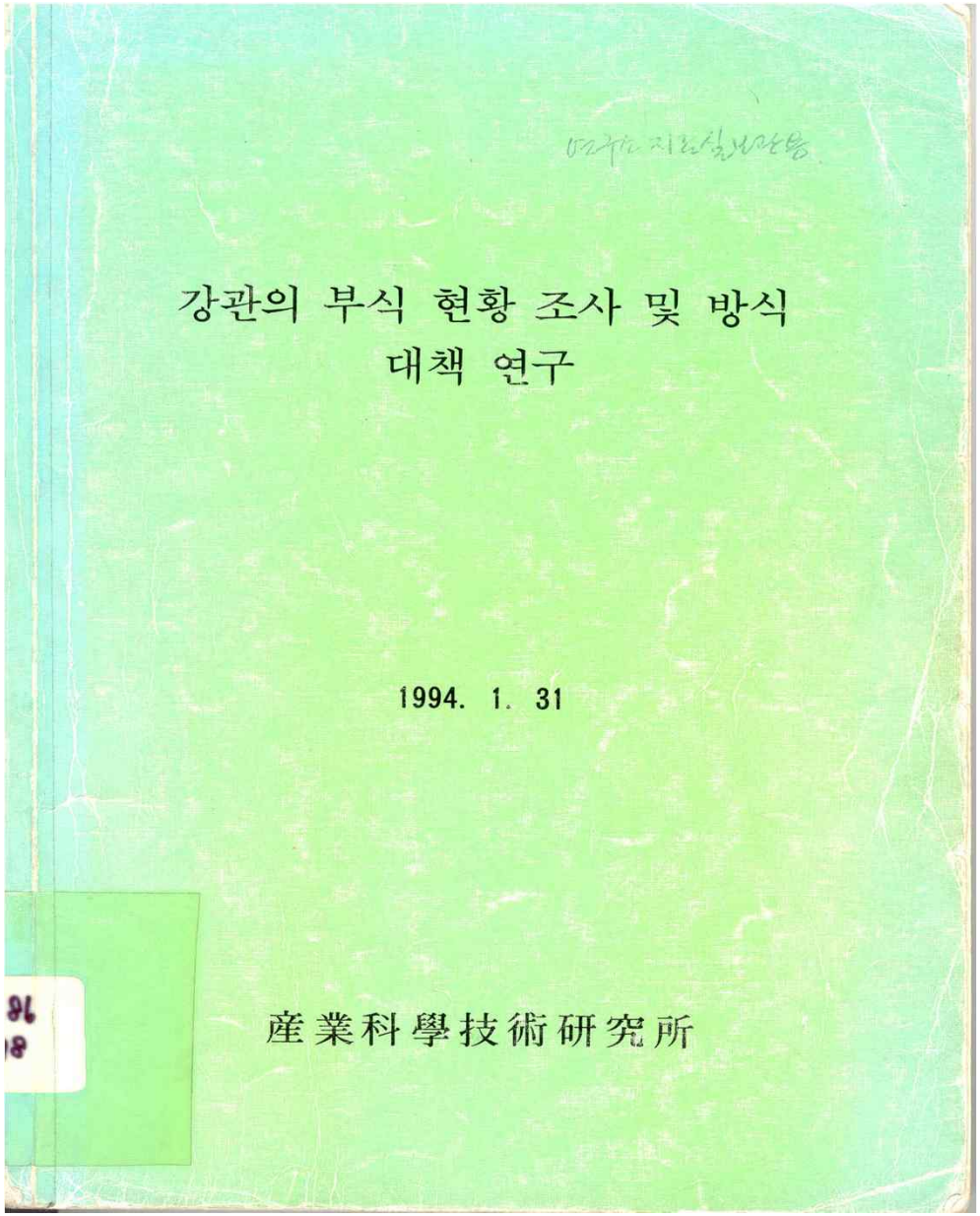
通常のめっきは430～470℃で行いますが、鉄と亜鉛の合金化学反応は、亜鉛浴の温度が高くなるほど活発になり500℃で前後で最大になります。したがって、やけやすい製品は、できるだけ低温でめっきする必要があります。

（2）浸漬時間

浸漬時間が長くなるにつれて、P5図5に示しますようにめっき付着量は多くなりますが、その増加

# VI. 기타 품질사항 – 백청

**※ 참고문헌: 강관의 부식 현황 조사 및 방식 대책연구 (산업과학기술연구소, 1994. 1. 31)**



강관의 부식 현황 조사 및 방식
대책 연구

1994. 1. 31

産業科學技術硏究所

## 3.2 아연도 강관 대기 부식

1. 서론

아연도 강관 (일명 백관)을 장기간 야적하거나, 또는 해외등으로 장거리 이송한 후에는 도금층 표면에 다음의 <그림 3.2.1>에서 보는 것과 같은 흰색의 발청 현상이 점 또는 선형으로 나타나는 경우가 종종 있다. 이 하얀색 부위는 일종의 분말 비슷한 형태를 띄고 있어 부서지기 쉽고, 내부에 기공등이 많이 형성되어 있다. 또한 그 발청 부위를 벗겨내 보면 그 밑부분은 검회색을 띄는 것이 보통이다. 이러한 발청 현상을 일명 아연도 강관의 '백청 (또는 백점 - white rust)' 또는 '습기중 보관 발생 녹 (wet-storage stain)' 이라고 부른다.

보통 백청은 부피가 크므로 (voluminous) 실제 발생량에 비해 외관상 매우 심한 부식인 것처럼 보인다. 그러나 통상적인 경우에는 이러한 백청이 발생되어도 원래의 아연 도금층의 방식 성능에는 별 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다. 그러나 혹 도

백청 현상은 주로 도금한지 얼마 되지 않은 광택면 또는 부위 (bright surfaces)에서 잘 나타나는 것으로 알려져 있으며[1], 특히 도금된 제품을 쌓아놓을 때 제품과 제품이 맞닿아 형성된 틈부위 (crevice) 같은 곳에서 자주 발견 된다. 이것은 백청의 발생이 주로 빗물, 응축수, 습기 등에 의해 발생이 되게 되는데, 틈부위 등에서는 틈이라는 물리적 특성에 의해 습도가 높게 될 경우가 많기 때문이다. 따라서 아연도 강