

용 용 알 루 미 늬 도 금

# HOT-DIP ALUMINIUM COATING

 **DUKSAN INDUSTRIAL CO.,LTD** TEL 052)287-0443~5  
FAX 052)287-1657





# 용융알루미늄도금 공정





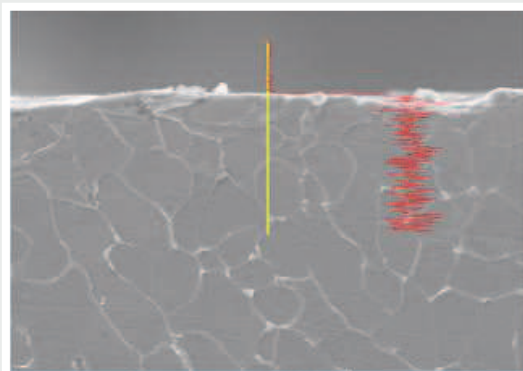


# 내식성

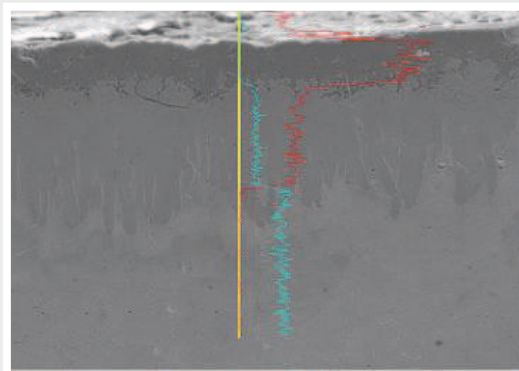
## 염수분무시험 (KS D 9502)

울산대학교 첨단소재연구소

■ 조건 온도 : 35℃ / 농도 : 5%NaCl ■ 해수조건 농도 : 3.5%NaCl



용융 아연 도금 강재의  
염수분무시험 1,500시간  
경과 후 표면상태



용융 알루미늄 도금 강재의  
염수분무시험 7,000시간  
(약 10개월) 경과 후 표면상태

## 자연해수침적

### ■ 알루미늄도금



2003년 11월 7일



2007년 8월 6일

### ■ 아연도금



2003년 11월 7일



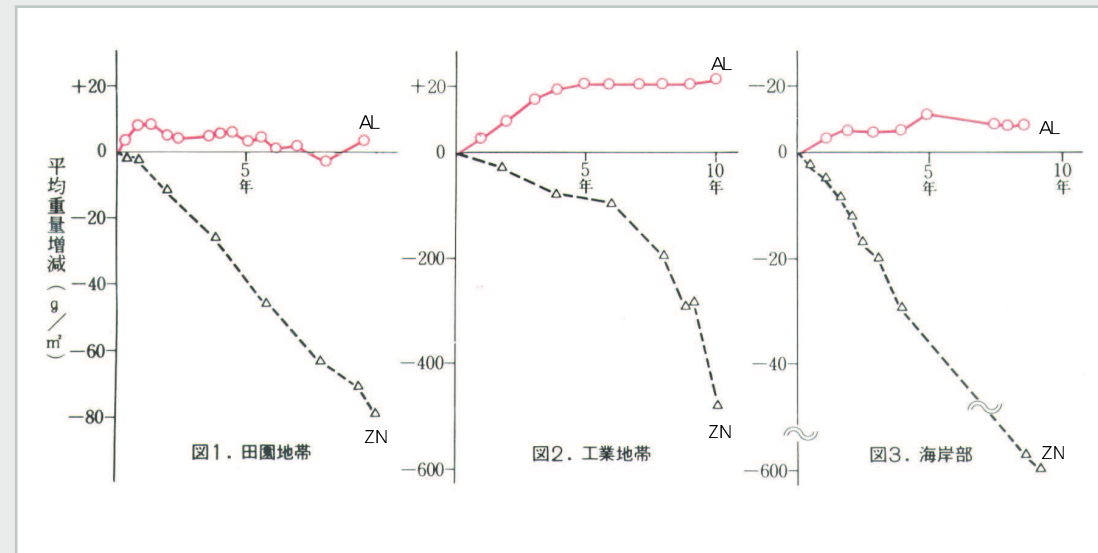
2007년 8월 6일



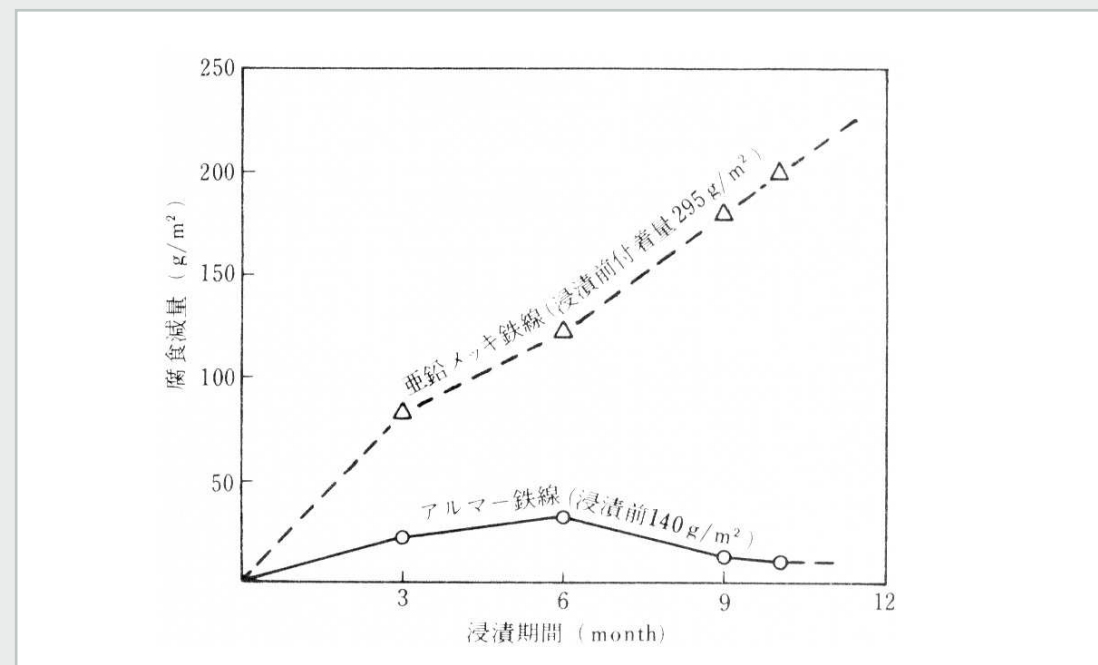
# 내식성

## 부식감량비교

### ■ 대기환경노출



### ■ 해수 중 침적



알루미늄  
기술 편람  
경금속출판,  
JAPAN

## 해수완전침적

供 試 材 料		海 水 全 浸 せ き <sup>(1)</sup>				
種 類	合 金	腐食量 (g/m²)	平均侵食深さ (μm)	定常腐食度 (μm/yr)	孔 食 深 さ	
					平均 <sup>(2)</sup>	最 大 <sup>(3)</sup>
アルミニウム	1100	70	26	0.8	0.43	0.84
	6061-T6	60	23	0.8	0.36	2.01
非 鉄 金 属	鉛 (99.9%)	1400	124	7.6	0.71	1.22
	ニッケル (99%)	4340 <sup>(4)</sup>	<sup>(4)</sup>	<sup>(4)</sup>	4.88	P <sup>(5)</sup>
	銅 (99.9%)	1360	152	2.3	0.79	1.45
	亜鉛 (99.5%)	1490	208	10.2	1.57	2.72
非 鉄 合 金	モネル (70 Ni-30 Cu)	1950	221	7.6	0.86	1.40
	銅ニッケル (70 Cu-30 Ni)	510	58	2.5	<0.13	0.94
	アルミ青銅 (95 Cu-5 Al)	260	38	2.5	<0.13	0.53
	70/30 黄銅 (70 Cu-30 Zn)	780 <sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>	<sup>(6)</sup>
鉄 鋼	炭素鋼 (0.25 C)	9080	1222	69	2.29	3.94
	含銅鋼 (0.22 C-0.3 Cu)	9810	1252	69	2.16	3.15
	低合金鋼 (Corten)	16040	2045	122	2.51	P <sup>(5)</sup>
ステンレス鋼	302 (18 Cr-8 Ni)	1870	<sup>(4)</sup>	<sup>(4)</sup>	3.84	P <sup>(5)</sup>
	316 (18 Cr-13 Ni-2.3 Mo)	1460	<sup>(4)</sup>	<sup>(4)</sup>	6	P <sup>(5)</sup>

注 (1) 試験場所: Naos 島 (パナマ運河地帯).  
 (2) 試験場帯: Gatun 湖 (パナマ運河地帯), 軟水 (50 ppm).  
 (3) 最も深い 20 個の平均.  
 (4) 孔食が著しく, 意味のある値が得られない.  
 (5) 厚さ 6mm の板を孔食が貫通.  
 (6) 脱亜鉛がおこっているため正確な測定が不可能.

16년간  
시험결과

공통시험재료		해수 전침지		
종류	합금	평균침식 깊이(μm)	정상부식속도 (μm/year)	공식깊이 최대(mm)
알루미늄	1100 (pure Al)	26	0.8	0.84
비철금속	니켈	C	C	D
	동	152	2.3	1.45
	아연	208	10.2	2.72
연강	탄소강(0.25C)	1222	69	3.94
스테인레스강	316 (18Cr-13Ni-2.3Mo)	C	C	D

시험장소 : Naos섬 파나마운하지대

C : 공식이 현저하여 의미 있는 값을 얻을 수 없음

D : 두께 6mm의 판을 공식이 관통





# 내식성

# 용융알루미늄 / 아연도금 비교

## 부식 비교

10년 간 사용 후

3회 보수 도장



알루미늄 도금

4년 간 사용 후

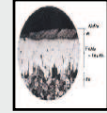
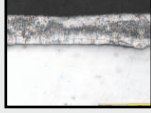
알루미늄 도금 미처리



알루미늄 도금

13년 간 사용한 알루미늄 도금 해수배관



	용융알루미늄도금	용융아연도금
외 관	광택이 없는 은백색	광택을 지니는 백색
품 질	합금층 형성 박리 가능성 희박 3개의 도금층 구성 	합금층형성 박리가능성 높음 3개의 도금층 구성 
특 징	부동태피막에 의한 방식작용 합금층의 경도 높음 내식, 내마모성 우수 아연도금 대비 2-5배 사용가능	보호피막에 의한 방식작용 알루미늄보다 부식속도 빠름
사용환경	옥외 대기 분위기 공장지대 및 온천지역 해수침적 및 해양환경	옥외대기 분위기
환 경	인체에 무해한 물질 환경에 대한 오염 없음	중금속으로 수질 기준 제한
생산성 및 경제성	도금온도 : 690℃ 전후 침적시간 : 수분 (5-15분) 고가의 플럭스 약품 사용 열원소비량 많음 초기비용 다소 상승 사용 수명이 길어짐 교체 주기 연장	도금온도 : 450℃ 전후 침적시간 : 3분 미만 저가의 플럭스 약품 사용 열원소비량 적음 초기 비용 저렴 사용 수명이 짧음 교체주기 빠름





## 주요거래처

### | 거래처 |

- ▶ 삼성중공업, 현대중공업, 대우조선해양, 현대삼호중공업 등 국내 주요 조선사.
- ▶ GS건설, POSCO
- ▶ 원자력 발전소 외 다수

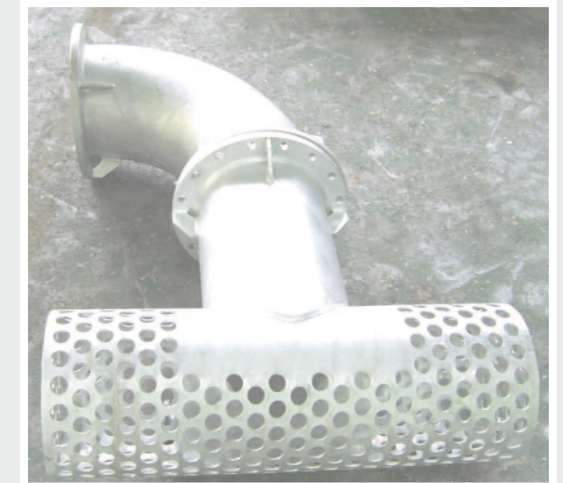
### | 적용개소 |

- ▶ 해수배관, 해수 취수구 및 주변 구조물
- ▶ 소각로, 보일러, 열처리로, 열교환기 튜브
- ▶ ASH 처리장치, 통신탑, 조명탑



## 생산실적사진

### | 양식장 배관 교체 공사 - 제주도 |



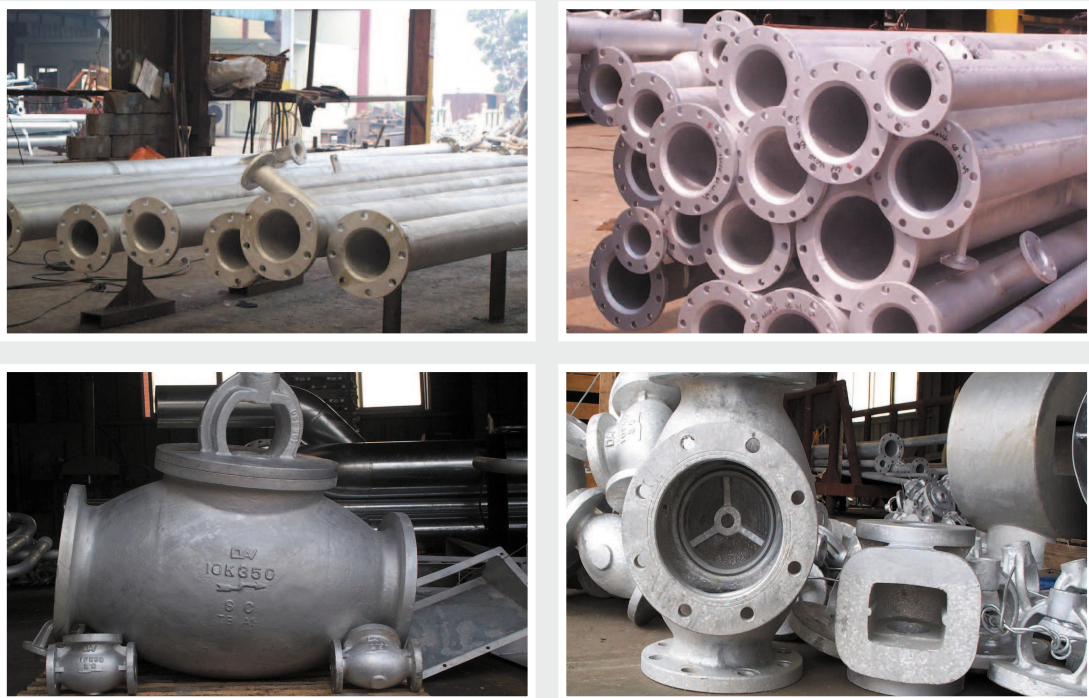
### | POSCO 노후해수배관교체공사 |





생산실적사진

| 선박용 |



| 카타르 LAFFAN PROJECT 해수용 배관 GS건설 / 대우건설 |



특허 및 인증서

| CERTIFICATES |







## 신뢰성 평가기준

### 용융 알루미늄 도금 강판 및 강관

RS D 0038 : 2005 신뢰성전문위원회 심의  
• 2005년 1월 5일 제정 • 산업자원부 기술표준원 발행



### | 신뢰성전문위원회 명단 |

■ **위원장** • 당연직(기술표준원 기술표준기획부 부장) ■ **위 원** • 당연직(산업자원부 자본재산업총괄과 과장) / 이순복(한국과학기술원 교수) / 서문호(건국대학교 교수) / 이중휘(산업기술시험원 연구위원) / 이종희(항공우주연구원 센터장) / 권일수(수출보험공사 본부장) / 유동수(삼성전자(주) 상무) / 김재곤(대우중합기계(주) 소장) / 김희진(주)광명전기 상무) / 고문수(자동차공업협동조합 상무) / 김정규(한양대학교 교수) / 최희천(EPRI 소장) / 오테영(LG전자(주) 센터장)  
■ **간 사** • 당연직(기술표준원 과장 · 기술정보신뢰성과)

### | 기술위원회 명단 |

■ **위원장** • 강정윤(부산대학교 재료공학부 교수) ■ **위 원** • 당연직(산업자원부 자본재산업총괄과 과장) / 당연직(산업자원부 기초소재산업과 과장) / 당연직(기술표준원 기술정보신뢰성과 과장) / 윤원영(부산대학교 교수) / 이종수(포항공과대학교 교수) / 전치혁(포항공과대학교 교수) / 이준희(동아대학교 교수) / 남원중(국민대학교 교수) / 차상원(수원대학교 교수) / 정원욱(현대자동차(주) 수석) / 박종경(주)포스코그룹장) / 박창남(FAG베어링코리아(유) 소장) / 구명희(창원특수강(주) 소장) / 박상득(삼성전자(주) 부장) / 반덕영(고려제강(주) 소장) / 정우현(고려용접(주) 소장) ■ **간 사** • 이종주(포항산업과학연구원 센터장)

### | 워킹그룹 명단 |

■ **위원장** • 이창희(한양대학교 교수) ■ **위 원** • 홍성호(한전기술주식회사 팀장) / 이성인(현대중공업 부장) / 구본곤(주)덕산 상무) / 전승권(주)평산 과장) / 이배근(주)포항강판 팀장) ■ **간 사** • 김영섭(포항산업과학연구원 팀장)

■ **제정자** : 산업자원부 기술표준원장 ■ **제 정** : 2005년 1월 5일 ■ **원안작성협력자** : 포항산업과학연구원  
■ **심의위원회** : 신뢰성전문위원회 ■ **산업자원부 공고 제** 00-000호

### 서 문

이 기준은 내식성, 내후성, 내열성 등이 필요한 곳에 적용되고 있는 용융 알루미늄 도금제품의 신뢰성을 높이기 위하여 제정되었다.

### 1 적용범위

이 기준은 내후성, 내식성, 내열성을 향상시키기 위하여 해수, 탈황설비 슬러리 및 토목구조에 사용되는 용융 알루미늄 도금 강판 및 강관에 대한 신뢰성인증 시험방법에 대하여 규정한다.

### 2 인용규격

다음에 나타내는 규격은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

KS D 0229 용융 알루미늄 도금 시험 방법

KS D 8309 용융 알루미늄 도금

JIS H 9126 Recommended Practice for Aluminium Coating(Hot-Dipped)

ASTM A 463 Standard Specification for Steel Sheet, Aluminium-Coated, by Hot-Dip Process

ASTM A 902 Standard Terminology Relating to Metallic Coated Steel Products

ASTM A 929 Standard Specification for Steel Sheet, Metallic-Coated by the Hot-Dip Process for Corrugated Steel Pipe

ASTM G 151 Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources

ASTM G 155 Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials

### 3 정의

기준에서 사용되는 주된 용어의 정의는 다음과 같다.

- ㉠ 용융도금 제품 표면에 코팅할 금속의 용탕에 금속 제품을 침적하여 도금하는 방법
- ㉡ 무도금 도금층이 국부적으로 없고 소재면이 노출되어 있는 상태
- ㉢ 버닝 알루미늄층이 없고 소재와 알루미늄으로 된 합금층이 노출되어 있는 상태
- ㉣ 핀홀 바늘 끝 크기만큼의 도금층이 없는 상태

### 4 종류

이 평가기준에 적용되는 도금의 종류 및 기호는 KS D 8309의 분류에 따라 표1과 같이 분류한다.





## 신뢰성 평가기준

### 5 품질수준

일반적인 품질수준은 KS D 8309 에 따라 정한다.

#### ① 도금의 겉모양

도금의 겉모양은 육안으로 검사하고, 실용적으로 매끄럽고, 무도금 그 밖에 사용상 해로운 결함이 없어야 한다. 다만 용융 알루미늄 도금 3종에 대해서는 버닝이 인정되어도 된다.

#### ② 도금두께

도금 두께는 7.2 에 따라 시험하며 표 1 에 적합하여야 한다.

#### ③ 도금 부착량

도금 부착량은 7.3 에 따라 시험하며 표 1 에 적합하여야 한다.

#### ④ 도금의 핀홀

도금의 핀홀은 7.4 에 따라 시험하며 용융 알루미늄 도금 1 종 및 2 종인 경우에는 핀홀이 없어야 한다.

#### ⑤ 도금의 밀착성

도금의 밀착성은 7.5 에 따라 시험하여 자국사이에 연속된 도금층의 박리 또는 부풀음이 없어야 한다.

표 1 도금의 종류

종류	기호	도금두께 $\mu\text{m}$	부착량 $\text{g/m}^2$	비고
용융 알루미늄 도금 1종	HDA 1	60 이상	110 이상	내후성을 목적으로 하는 것
용융 알루미늄 도금 2종	HDA 2	70 이상	120 이상	내식성을 목적으로 하는 것
용융 알루미늄 도금 3종	HDA 3	합금층 두께 50 이상	—	내열성을 목적으로 하는 것
	HDA 3-D	합금층 두께 70 이상	—	

### 6 샘플링 방법

품질시험 및 신뢰성시험에 필요한 시험편은 각 시험방법에 따라 정해진 수만큼 시험편을 준비한다.

### 7 품질 및 성능시험

품질 및 성능시험은 KS D 8309 에 따라 정한다.

#### ① 시험편

- (1) 시험편 소재 : 시험편은 원칙적으로 제품에서 채취한다. 다만 제품이 너무 크거나 채취 곤란하여 그 자체를 시험편으로 사용할 수 없는 경우에는 대체 시험편을 사용할 수 있다. 대체 시험편은 제품과 같은 재질 및 두께이고 제품과 동시에 전처리 및 도금한 것으로 한다.
- (2) 시험편의 채취 방법

- 동일 재질의 소재를 동일 전처리 조건 및 동일 도금 조건으로 도금한 것으로 로트를 형성하고, 그 로트를 대표하는 시료를 샘플링하여 시험편으로 한다. 다만 샘플링 방법은 시험 및 제조 당사자 간의 협의에 따른다.

- 많은 종류의 부재로 조립된 제품 등에서 시험편을 채취할 수 없는 경우에는 거기에 쓰이는 것과 동일한 재료에서 시료를 채취하여 제품과 동시에 도금한 것을 시험편으로 한다.

#### ② 도금 두께 시험

도금 두께 시험은 KS D 0229 에 규정하는 현미경 측정법 또는 막두께계 측정법에 따른다. 다만 알루미늄층 두께 및 합금층 두께를 따로따로 측정하는 경우에는 현미경 측정법에 따른다.

#### ③ 부착량 시험

부착량 시험은 KS D 0229 에 규정하는 질량법(직접법) 또는 수산화나트륨법(간접법)에 따른다.

#### ④ 핀홀 시험

핀홀 시험은 KS D 0229 에 규정하는 핀홀 시험 방법(수돗물법) 또는 현미경 측정법(관찰배율 300배)에 따른다.

#### ⑤ 밀착성 시험

밀착성 시험은 KS D 0229 에 규정하는 해머 시험 방법에 따른다.

### 8 품질 및 성능평가

도금층의 품질 및 성능평가 기준은 5 의 규정에 따른다.

① 평가항목 및 시험방법의 선택(표 2 참조)은 시험 및 제조 당사자간의 협의에 따른다.

② 시료의 수, 시험순서 및 평가대상 위치와 시험편 대체 사용은 시험 및 제조 당사자간의 협의에 따른다.

표 2 시험 방법의 분류

시험 방법		철강제품 적용범위
도금 두께 시험	현미경 측정법	관류, 압연 강재류, 선재류, 볼트·너트류, 주단조품류, 제관품류
	막두께계 측정법	관류, 압연 강재류, 선재류, 볼트·너트류, 주단조품류, 제관품류
부착량 시험	질량법	관류, 압연 강재류, 선재류, 볼트·너트류, 주단조품류, 제관품류
	수산화나트륨법	선재류
	수산화나트륨-염화안티몬법	용융 알루미늄 도금 1종
핀홀 시험	수돗물법/현미경 측정법	관류, 압연 강재류, 선재류, 볼트·너트류, 주단조품류, 제관품류
밀착성 시험	감기 시험 방법	선재류
	해머 시험 방법	관류, 압연 강재류, 볼트·너트류, 주단조품류, 제관품류





## 신뢰성 평가기준

### 9 신뢰성시험

#### ① 시험편

각 부식시험에서 특별히 정하지 않은 경우 7.1에서 규정하는 시험편으로 그 크기는 너비 50mm 이상, 길이 100mm 이상으로 한다.

#### ② 촉진 내후 시험

촉진 내후 시험은 다음과 같이 실시한다.

- (1) **시험장치** : 촉진 내후 시험을 위한 장치는 ASTM G 155 에서 규정하고 있는 제논 아크 광 촉진 내후 시험 장치를 이용한다.
- (2) **시험방법** : 시험은 ASTM G 151 에서 규정하고 있는 절차를 따른다. 분사용 물은  $5\mu S/cm$  이하이고 고형분은 1ppm 이하이며 시험편에 얼룩 등을 남겨서는 안 된다. 특히 실리카는 0.1ppm으로 엄격히 관리해야 한다. 챔버 내에 중앙의 시험편과 가장자리의 시험편이 받는 조사량이 70% 이상 90% 미만일 경우 조사량이 균일하게 되도록 하기 위해 시험편의 위치를 주기적으로 바꿔주어야 한다. 만약 조사량이 70%이하이면 시험결과에 대한 신뢰를 할 수 없다. 기본적인 시험은 최대 3000시간 실시하며 시험조건은 표 3 과 같다.

표 3 촉진 내후 시험조건

제논 아크 램프 필터	일광필터(Daylight Filter)
조사량 (340nm)	0.35W/m <sup>2</sup> /nm
노출주기(Exposure Cycle)	1. 102분 조사, 흑판(Black Panel) 온도 : $63\pm 2.5^{\circ}C$ 2. 18분 조사 및 물 분무 (상온, 온도 조절하지 않음)

- (3) **평가방법** : 시험을 마친 시험편은 표면의 얼룩이나 이물질들을 제거 한 후 표면을 육안으로 관찰하여 도금층 박리 또는 균열 등이 없어야 한다.

#### ③ 염수 분무 시험

$35^{\circ}C$ 의 5% 농도를 가지는 염수 분무 분위기에서 내염수성 및 내식성을 측정하는 시험 방법으로 KS D 9502 에 따라 실시한다.

- (1) **시험 장치** : 시험장치는 시험조와 분무장치로 구성되어 있다.
- (2) **염수분무** : 염수분무에 사용하는 염용액 농도는  $5\pm 1\%$  무게비로 한다. 염용액의 pH값은 온수  $35\pm 2^{\circ}C$ 로 6.5~7.2로 하고, 시험하는 동안 이 범위로 유지한다. 분무한 염용액은 재사용하여서는 안된다.
- (3) **공기의 공급** : 분무장치에 공급하는 압축 공기에는 기름이나 먼지 등의 불순물이 없어야 한다. 시험조건을 만족시키려면 압축공기를 가습 및 가열할 필요가 있다. 공기압은 사용하는 분무장치가 미세한 질은 안개를 발생시키는 데 적절한 값으로 한다.
- (4) **시험** : 시험편은 다른 금속 부분과 접촉시키지 않도록 하고 다른 시험편에 영향이 없도록 배치한다.
- (5) **시험조의 온도** : 시험조의 온도를  $35\pm 2^{\circ}C$ 로 유지한다.

- (6) **시험 시간** : 시험시간은 기본적으로 90일 원칙으로 하며, 매 15일 간격으로 시험편의 무게 및 겉모양을 평가한다.
- (7) **후처리** : 시험 후, 시험편은 수돗물을 흘리면서 5분간 씻고, 다시 증류수 또는 탈이온수로 세척하여 손으로 흔들든 가 또는 공기를 불어 물방울을 제거한다. 세척에 사용하는 물의 온도는  $35^{\circ}C$ 이하로 한다.
- (8) **방법** : 매 15일 간격으로 시험편의 겉모양을 육안으로 조사하며, 공식(pitting corrosion) 여부를 관찰하고 무게감량을 측정한다. 시험완료(90일 이상) 후에는 용융 알루미늄 도금 표면에 공식이나 균열이 없어야 하고, 도금층이 박리되어서는 안 된다.
- (9) **기타** : 염수분무시험에 필요한 제반 기준은 KS D 9502 에 따른다.

#### ④ 담수 순환 시험

- (1) **시험장치** : 시험장치는 담수 탱크와 시험편 배관장치로 구성되어 있다.
- (2) **시험용액** : 시험용액은 기본적으로 pH 5.6~7의 물을 사용하며  $25^{\circ}C$  일정 온도 상태로 유지하면서 시험한다.
- (3) **시험방법** : 시험용액은 일일 8시간 순환시키고 16시간의 정체 상태를 반복하면서 시험한다. 기본적으로 이러한 반복을 90회(90일) 실시한다.
- (4) **평가방법** : 시험을 마친 시험편의 도금 표면에는 공식이나 균열이 없어야 하고, 도금층이 박리되어서는 안 된다.

#### ⑤ 침식 부식 시험

침식 부식 시험은 다음과 같이 실시한다.

- (1) **시험장치** : 시험장치는 부식용액이 노즐을 통하여 분사되어 순환하도록 구성되어 있다.
- (2) **시험방법** : 시험편은 노즐 선단으로부터 100mm 에 위치하며, 노즐을 통한 부식용액의 분사는 최대 5m/sec 로 한다. 부식용액으로는 청수( $\rho=5000\Omega \cdot cm$ )와 해수( $\rho=25\Omega \cdot cm$ )를 사용하며 시험시간은 기본적으로 30일을 원칙으로 하며, 매 5일 간격으로 시험편의 무게 및 겉모양을 평가한다.
- (3) **평가방법** : 시험완료 후에는 도금 표면에 균열이 없어야 하고, 도금층이 박리되어서는 안 된다.

### 10 평가기준

용융 알루미늄 도금강판 및 강관의 용도에 따라 신뢰성평가를 위한 시험 항목은 달라질 수 있다.

#### ① 탈황설비 슬러리 배관용 도금강판 또는 강관은

염수 분무 시험과 해수를 이용한 침식 부식 시험을 실시하여 평가한다.

#### ② 해수배관용 도금강판 또는 강관은

염수 분무 시험과 해수를 이용한 침식 부식 시험을 실시하여 평가한다.

#### ③ 토목구조 매설용 도금강판 또는 강관은

염수 분무 시험 담수 순환 시험 및 청수를 이용한 침식 부식 시험의 결과로 평가한다.





## 신뢰성 평가기준

### 11 사용수명

상기 각 항목의 기준을 만족하는 용융 알루미늄 제품은 와이블 분포와 특성수명으로부터 다음과 같이 보장한다.

#### ① 탈황설비 슬러리 배관용 도금강판 또는 강관은

B<sub>10</sub>수명 3년(신뢰수준 70%)을 보장한다.

#### ② 해수배관용 도금강판 또는 강관은

B<sub>10</sub>수명 30년(신뢰수준 70%)을 보장한다.

#### ③ 토목구조 매설용 도금강판 또는 강관은

B<sub>10</sub>수명 50년(신뢰수준 70%)을 보장한다.

### 12 시험보고서

시험보고서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

㉠ 시료, 실험실, 시험 날짜를 식별하는데 필요한 모든 정보

㉡ 이 기준에 참고로 사용한 시험 방법

㉢ 시험 결과와 그것을 나타내는 서식

㉣ 시험 조작에서 나타난 어떤 특이 사항

㉤ 이 기준에서 규정하지 않은 어떤 조작이나 시험 결과에 영향을 줄 수 있는 선택사항

※ 이 기준에 대한 의견 또는 질문은 포항산업과학연구원 신뢰성센터(☎054-279-6583)로 연락하여 주십시오. 또한 신뢰성 평가기준은 부품·소재전문기업등의육성에관한특별조치법 제25조의 규정에 따라 신뢰성분과위원회에서 심의되어 확인, 개정 또는 폐지됩니다.