

# 알루미늄 차량의 도장작업에 대한 검토

## A Study on the Painting of Aluminum Carbody

이찬석\*      서승일\*\*  
Lee, Chan-Suk      Seo, Seung-II

---

### ABSTRACT

Although the surface of aluminum alloy has good corrosion resistance property, the surface of the aluminum rolling stock should be painted for good appearance and protection of the body. For better painting of the aluminum carbody, the surface must also be well pretreated. In this paper, painting process of the aluminum rolling stock is described and the test results of the painted surface is presented. As accumulated data concerning to the painting technology for the aluminum rolling stocks are absent in our country, the presented test results will be helpful for mass production of aluminum rolling stocks in the near future.

---

### 1. 서언

철도차량을 경량화 하고 이것에 의해 전력소비 등의 운용비용의 절감을 도모하고, 자원의 재활용을 위해 알루미늄 차량과 같은 경합금 철도차량이 개발되고 있으며, 그에 따라 외관의 미려도역시 배제할 수 없는 하나의 중요한 요소로 자리잡아 이러한 알루미늄 구체와 같은 경량차량의 도장에 대한 준비를 하여야 한다.

선진 외국에서는 알루미늄 차체를 이용한 구체의 경량화를 이미 오래전 부터 시행해왔다. 그러나 국내에는 아직 알루미늄 차체를 제작한 예가 없다. 그에따라 알루미늄차체의 도장경험이 전무한 것이 당연한 현실이었다

본 논문에서는 (주)한진중공업에서 제작한 알루미늄 차체에 대해서 도장작업의 상세내역, 작업과정을 기술하였으며, 알루미늄 도장시험편의 시험결과 데이터를 기록하였다

(주)한진중공업에서는 97년 말에 알루미늄 차체를 제작하고, 98년 초에 알루미늄 차체의 정하중시험을 시행하였다. 정하중시험이 끝나고 난 후 약 2개월후에 알루미늄 차체의 도장작업을 수행했으며, 도장작업이 진행되는 같은 기간 동안에 알루미늄 차체의 제작에 사용된 단품으로 도장시험편을 제작하여 기존 도료의 도장시험편 데이터와 비교, 검토하였다.

---

\* (주)한진중공업 주임연구원, 비회원  
\*\* (주)한진중공업 책임연구원, 회원

## 2. 도장작업의 사양

사양은 알루미늄 철도차량의 제작 및 도장 기술력을 가지고 있는 독일의 바우社로부터 제공 받은 것을 인용하였다.

### 2.1 전처리과정

- 기름등의 불순물 제거를 위한 표면세척
- 용접부의 평탄화
- Sand Blast작업
- 먼지제거

### 2.2 도장작업 기준

- 60 $\mu$ m 두께의 Chromate free two-pack 에폭시프라이머 코팅
- 최대 300 $\mu$ m 두께의 Filler를 이용한 국부적 평탄화 작업
- 60 $\mu$ m 두께의 two-pack 폴리우레탄 그라운드코팅
- 40 $\mu$ m 두께의 two-pack 폴리우레탄 마감코팅

### 2.3 도장작업절차 및 작업조건

도장작업은 1998.6.9~1998.6.30까지 약20일간 진행하였다. 우기때는 작업을 진행하지 않았으며, 모든 도장작업은 온도와 환기가 자동센서에 의해 작동되는 도장공장 내에서 작업하였다. 작업온도와 습도를 도표1. 에 나타내었다

도표1. 도장작업 내용 및 각 단계별 작업조건

	도장작업 내용	작업조건		비 고
		온 도	습 도	
1	Sand Blasting	18.3℃	80%	노즐구경 : 10 $\Phi$ 분사압력 : 6.5~7kg/cm <sup>2</sup>
2	Epoxy Primer 도장 -Sanding 후 1시간이내 작업	18.3℃	80%	3회 작업 Primer의 도막두께측정

	도장작업 내용		작업조건		비 고
			온 도	습 도	
3	Roof 도장작업	하 도	20.1℃	81%	지붕도막 사양은 서울시 2호선과 동일
		중 도	20.1℃	81%	
		상 도	19.4℃	91%	
		Rubber Chip	19.9℃	84%	
4	Putty 작업	1회	24.5℃	60%	사용실적이 있는(무공화객차) Putty 사용
		2회	25.0℃	50%	
		3회	21.0℃	65%	
5	Surfacer 작업		25℃	82%	사용실적이 있는 중도용 도료 사용
6	상도 도장작업	바탕색	28℃	78%	사용실적이 있는 상도용 도료 사용
		Belt Line	26.5℃	76%	

## 2.4 사용자재

도장작업시 사용되는 작업도구들은 협의를 통해 사전에 결정하였으며, 이에는 구체의 전처리용 모래, 하도, 중도, 상도용 도료, 회석재, 연마용 사포 등이 있다.

표면처리후 Sand Blasting에 사용된 모래는 염분의 함유를 극히 줄여 표면처리시 발생할 수 있는 산화막의 생성을 사전에 방지할 수 있는 하동모래(규격:5호사)를 사용하였으며 이는 알루미늄 선박등의 표면처리에 오래전부터 사용되어 온 것이다.

도료는 국내 도료 제작용체에서 제공받았으며 제작일로부터 규정된 기간이내에 사용하였다. 또한 하도, 중도, 상도에 사용한 도료는 소량을 주문 생산하여 약 20일 이내에 사용을 하였다. 물론 사용한 도료의 실제 보관가능 기간은 3개월~12개월로 도장작업에 충분한 수명을 가지고 있으나 가능한 도료 제작 후 짧은 기간 이내에 도료를 사용하도록 하였다.

상도의 경우 색상을 단순하고 깔끔하게 보이게 하도록 2색만을 선택하여 외관이 조잡해 보이지 않도록 하였으며, Roof는 절연도막재를 사용하였으며, 보수를 위하여 Roof 에 올라갈 경우를 대비하여 Rubber Chip을 도포하였다.

사용자재를 도표2.에 정리하여 나타내었다.

도표2. 사용 자재의 내역

	재료명	Lot No.	제조일	수 량
Sanding 용 모래	하동모래-5호사	-	-	4톤/5톤
Epoxy Primer	Epoxy Primer N6.0	다대포제작소 여유자재 활용		18Litter
Putty	POLYSOL Putty KMC-100 회색	8061011015	'98.06.16	100kg
Surfacer	PSP #1000 서페이서	8052811021	'98.06.09	16kg
Final Paint (바탕)	아크릴우레탄 E-43860 베이지색	8062411004	'98.06.26	14kg
Final Paint (BeltLine)	아크릴우레탄 E-61566 남색	8062411002	'98.06.26	2.8kg

2.5 검사항목 및 판단기준

알루미늄 차체의 도장작업을 수행할 때 도막의 두께와 평활도에 관심을 두고 작업을 했다.

도막두께의 측정은 알루미늄 도막게이지 구매 후 도장작업의 각 단계별 도막두께를 측정하였으며 이에 대한 결과는 도표3. 에 나타내었다. 또한 평활도 향상을 위해서는 제작소에서 객차의 평활도 측정에 사용하는 1.5m Angle Scale을 사용하여 평활도 측정을 하였으며, 평활도 측정, 사상작업의 과정을 반복 수행하였다. 검사항목 및 판단기준은 도표4.에 나타내었다.

도표3. 도막두께의 측정결과(평균치)

단위 :  $\mu m$

		Side	Roof	기 준
Epoxy Primer		92.095	81.523	60
Putty	1 차	미측정	-	300
	2 차	$\Delta 218.238/310.333$		
	3 차	$\Delta 235.428/327.523$		
Surfacer		$\Delta 39.81 /367.333$	-	60
Final Coating		$\Delta -6.0 /361.333$	-	40

도표4. 검사항목 및 판단기준

	검사항목	판단기준	결 과	
전처리작업	모래, 먼지, 기름, 오물 등	없을것	양호	
	Edge Grinding	Smooth	양호	
	온도	20℃ ±10	21℃	
	습도	85% 이하	80%	
하 도	도막미달(60 $\mu$ m)여부	없을것	없음	
	도장누락	없을것	없음	
	도막손상	없을것	없음	
	핀홀, 흐름	없을것	없음	
	온도	20℃ ±10	21℃	
	습도	85% 이하	80%	
Putty	표면연마, 평활도상태	1mm/m 이내	양호	
	과도막	1mm/max 이내	양호	
	Putty 도막두께	300 $\mu$ m 이내	양호	
	Sand Paper	#80~220 이내	양호	
	핀홀	없을것	없음	
중 도	연마누락	없을것	없음	
	표면연마, 평활도상태	1mm/m 이내	양호	
	파손	없을것	없음	
	도막누락	전체 5% 이내	양호	
	핀홀	없을것	없음	
	외관노출	전체 5% 이내	양호	
	Sand Paper	#320~600 이내	양호	
	도막두께	60 $\mu$ m 이상	양호	
상 도	건조도막두께 미달여부	없을것	없음	
	도장누락	없을것	없음	
	건조상태	Hard Dry	양호	
	핀홀, 흐름	없을것	없음	
	이물질	없을것	없음	
	도막손상	없을것	없음	
	Belt Line 직진도 및 치수		양호할것	양호
	온도	바탕색	20℃ ±10	28℃
		Belt Line		26.5℃
	습도	바탕색	85% 이하	78%
Belt Line		76%		
Roof	청소, 색상, 건조상태	양호할것	양호	
	흐름, 누락, 손상, 도막미달	없을것	없음	
	R/Chip 도포상태	양호할것	양호	
	핀홀, 오렌지필	없을것	없음	
	주위 온도, 습도조건	양호할것	양호	

## 2.6 시험편의 제작

### 2.6.1 배경

- 국내에는 알루미늄 차체의 도장작업의 실적과 데이터가 없다.
- 알루미늄 차체의 재질과 가장 잘 부합되는 도료를 선정할 만한 기준이 없다.
- 도장작업한 차체의 단품을 도장시험편으로 사용하였다.

### 2.6.2 시험편의 종류와 시험결과

시험편은 전부 4가지 종류로 제작되었으며, 모든 시험편에 도료를 계단식으로 도포하여 각 시험편 종류별, 각 도장 단계별 도장시험 데이터를 얻을 수 있도록 하였다. 시험편에 대한 설명과 결과는 각각 도표5. 와 도표6.에 기술하였다.

- Type 1 : Al 전동차 구체에 적용한 사양
- Type 2 : Type 1에서 Putty를 변경(Epoxy Putty사용)
- Type 3 : 기존 Mild Steel에 사용하던 사양
- Type 4 : Type 3에서 Primer Coat 작업과정을 생략한 경우

## 3. 결론

- Sand Blasting의 분사압력에 의해 도료의 접착강도가 영향을 많이 받으나, 현 제작소에서 사용하던 노즐과 분사장치를 사용하여도 기존 강재차량의 접착강도에 비해 떨어지지 않았다. 이는 앞으로 수행할 알루미늄 전동차의 도장작업시 적절한 노즐과 분사압력을 조절하여 최상의 조건을 찾아낸다면 등급이 높은 차종의 도장작업에 적용이 가능하리라 예상한다.
- Putty를 사용하지 않아도 도료의 점착강도는 크게 떨어지지 않았으므로 차체의 평활도가 향상된다면 하도후 바로 중도의 연결이 가능하다.

## 참고문헌

1. Preparation of steel panels for organic coating materials KS M 5000 시험방법 111
2. 붓칠에 의한 도료 시험편의 작성 방법 KS M 5000 시험방법 1211
3. Testing method for application of flowed films for organic coating material KS M 5000 시험방법 1231
4. Testing method of skinning for paint KS M 5000 시험방법 2021
5. 도료의 점착성 시험방법 KS M 5000 시험방법 3341
6. 철도차량과 설계기술 기전연구사 스키야마 다케시 외 다수 공저

편집후기 : 본 논문은 공업기술기반개발사업 철도차량구조용 압출형재 및 차체구조개발 과제의 일부임을 밝힙니다.

도표5. 알루미늄 도장시험편의 종류

공정명	적용도료	건조도막 두께(μm)	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
표면처리	Sand Blast작업, 백청, 오일, 이물질등 제거					
Etching Primer	Wash Primer S 갈색	5~10	-	-	○	○
Primer Coating	Epoxy Primer N6.0 갈색	60	○	○	-	-
	P/S/P#1000 Primer 적갈색(KMC)	50~60	-	-	○	-
Putty Filling	Polysol Putty KMC-100 회색	Max. 300	○	-	○	○
	Epoxy Primer P 백색	Max. 300	-	○	-	-
Surfacers Coating	P/S/P#1000(P/U) Surfacers Gray	60	○	○	○	○
Finish Coating	Acryl Urethane	30~40	○	○	○	○

도표6. 알루미늄 도장시험편의 시험결과

시험항목 / 도장시스템		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
접착강도시험 Dolly Test Lb/in <sup>2</sup>	Wash Primer S 갈색	-	-	(690)	(680)
	Epoxy Primer N6.0 갈색	390	470	-	-
	P/S/P#1000 Primer 적갈색(KMC)	-	-	590	-
	Polysol Putty KMC-100 회색	220	-	180	180
	Epoxy Primer P 백색	-	220	-	-
	P/S/P#1000(P/U) Surfacers Gray	100	320	220	180
	Acryl Urethane	390	420	220	350
광택(60, %)		92.2	91.8	91.9	92.0
연필경도(UNI)		H	H	H	H
내충격성(DuPont식)		½"×500g×30cm	½"×500g×40cm	½"×500g×20cm	½"×500g×20cm
내염수분부시험(5%, NaCl)		240시간, 양호	240시간, 양호	240시간, 양호	240시간, 양호

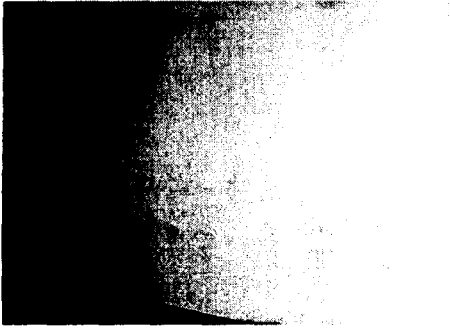


그림1. Sand Blasting 후

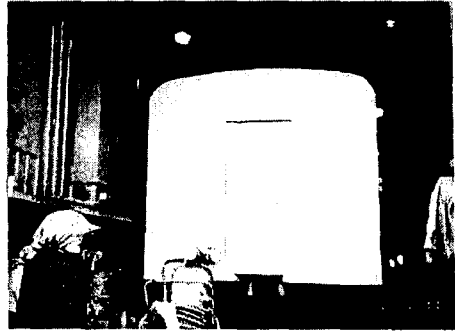


그림2. Primer Coating 후(하도)



그림3. Putty 작업(평탄화작업)



그림4. Grinding 작업



그림5. Surfacer 작업(중도)



그림6. Grinding 작업



그림7. Final Coating 작업(상도)



그림8. 완성차