

# 도장용 용융아연도금강판 (PCM)의 도막물성 이해

삼화페인트공업 (주)

기술 2부장 박희식

## 1. 머릿말

도장용 용융아연도금강판이란 용융아연도금강판에 내구성이 있는 합성수지도료를 단면 또는 양면에 균일하게 도장 소부시킨것을 말한다.

용융아연도금강판은 KS D 3506 에 규정된것을 사용하며 도장용 용융 아연도금강판은 KS D 3520 으로 규정되어 있다.

도장용 용융아연도금 강판의 단면구조는 그림-1 과같이 원판소재 +아연도금+화성처리층+하도(방식)층+상도(비관및 색상)층으로 이루어져 있다.

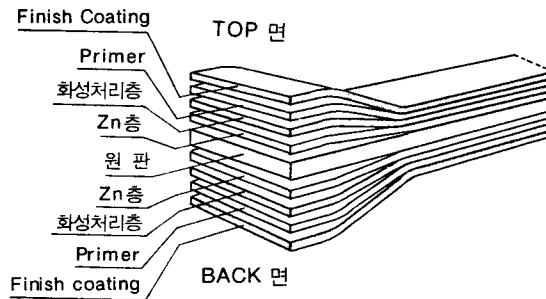


그림-1 도장용 용융아연도금강판제품의 단면구조

가공하기전 미리 도장하여 사용하는 금속 소재로서는 전기아연도금강판 (KS D 3528), 냉간압연강판 (KSD 3512), 스테인레스강판 (KS D 3698), 알루미늄강판 (KS D 6701)등 여러종류의 금속소재가 사용되고 있다.

이와같이 소재에 미리 도장하고 소부시켜 후가공하는 도장강판을 통틀어서 PRECOATED METALS (이하 PCM)이라고 한다.

PCM 의 도장방식과 종래의 성형가공후 도장방식 (POST COATING)과의 장단점은 아래 표-1 에 나타내었다. PRECOATING 방식은 자원절약,

에너지절약 (96%의 절약이 가능), 공해방지 (90% 이상의 용제를 라인에서 소각열원으로 사용), 작업환경개선 및 생산성의 향상 등으로 경제적인 잇점뿐만 아니라 품질적 안정성등을 그 장점으로 들수있다. 1), 2)

표-1 POST-COATING 과 PRE-COATING 과의 장단점 비교

	POST-COATING	PRE-COATING
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소량생산에 용이</li> <li>- 스포트용접이 용이</li> <li>- DESIGN 의 변경이 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대량생산에 용이</li> <li>- 품질안정, 생산성향상, 인원절감</li> <li>- 공해방지 및 작업환경개선</li> <li>- ENERGY 비용절감</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도료의 LOSS 가 많다</li> <li>- 환경오염 및 작업자의 위생안전 문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가공성형 및 운송시 도막의 훼손</li> <li>- 가공의 한계</li> <li>- 용접의 어려움</li> <li>- 절단부위의 방식대책</li> </ul>

## 2. 국내현황

우리나라에서는 1972년 PVC SOL 강판의 생산을 시작으로 1988년 동부제강과 포항강재가 고속도장라인을 도입하여 92년현재 6개 COATER사에 8개 LINE 을 가지고 있다. (표-2)

표- 2 국내 PCM 의 생산능력

COATER	LINE	생산능력 (톤/년)	비 고
동 부 제 강	NO.1 LINE	70,000	94년 NO.3 LINE 계획
	NO.2 LINE	100,000	
포 항 강 재	NO.1 LINE	100,000	93년 NO.2 LINE준공예정 93년 NO.3 LINE준공예정
	NO.2 LINE	100,000	
동 신 특 강	NO.1 LINE	30,000	
	NO.2 LINE	50,000	
한국오리엔탈메탈	NO.2 LINE	30,000	
세 일 철 강	NO.1 LINE	10,000	93년 NO.2 LINE 계획중
총 합	8 LINE	490,000	

91년도기준 PCM 생산량은 43만7천톤으로 국내 PCM 생산능력대비 가동율이 89.2%로서 표-2 에서와 같이 연평균 40%의 신장을 나타내고 있다.

이러한 생산실적은 91년도 기준 세계 PCM 시장의 약 6~7%를 점유하는것으로 미국(200만톤), 유럽(180만톤), 일본(180만톤)에 이어 단일국가로서는 아세안지역의 호주(50만톤),대만(46만톤) 중국(RPC) (36만톤)과 더불어 국제적으로 매우 치열한 경쟁관계에 있다.<sup>3)</sup>

표-3 국내 PCM 생산현황

년도.COATER	동부	포항강재	연철	기타	총	
89년	국내	74,552	33,144	26,683	42,346	176,695
	수출	37,000	14,000	23,000	*	74,000
	총계	111,552	47,114	49,683	42,346	250,695
90년	국내	78,505	54,205	41,759	44,920	219,389
	수출	52,783	39,220	39,633	*	131,591
	총계	131,243	93,425	81,392	44,920	350,980
91년	국내	102,805	95,137	52,606	61,486	312,034
	수출	51,976	37,451	35,310	*	124,737
	총계	154,781	132,588	87,916	61,486	436,771

\* 기타는 동신평강, 한국오리엔탈메탈및 세일철강의 생산량합계임.

### 3. 종류와 용도

#### 3-1 PCM의 종류와 사용원판

PCM은 용도에 따라서 사용원판과 도료의 종류가 구분되어 사용되고 있는데 도장강판을 크게 3가지로 분류하여 도장강판, 라미네이트강판및 특수 PCM 강판으로 나눌 수 있다. 사용되는 원판의 종류는 아래 표-4와 같다.<sup>4)</sup>

표-4 PCM 강판의 분류와 사용원판

대분류	소분류	비 고	사 용 원 판
	도장용용아연 도금강판	KS D 3520	KS D 3506, 용융 아연도금강판
도장강판	기타도장강판	상기 이외의 고가공용, 옥내용	냉간압연강판 전기아연도강판 복합전기아연도강판 용융아연도강판 합금아연도강판 알루미늄강판 스테인레스강판
	의장강판	프린트, 모양	
	염화비닐도장 강판	KSM 3343	
라미네이 트강판	염화비닐라미 네이트강판		
	기타 라미 네이트강판	ACRYL, POLY- ESTER, 불소	
특수 PCM 강판	용접가능도장 강판 ZINCROMETAL	자동차용, 기타	냉간압연강판 GALFAN GALVALUME

### 3-2 용 도

PCM 의 용도를 NCCA (NATIONAL COIL COATERS ASSOCIATION)에서는 표-5 와같이 분류하여 나타내고 있다. 미국의 경우는 건재용 59%, 자동차용 (ZINCROMETAL) 16%, 가전용 11% 를 나타내고 있으며, 일본은 건재용 76%, 가전용 10%, 한국의 경우는 건재용 89.1%, 가전용 8.1% 의 경향을 나타내고 있다.

미국과 유럽은 PCM 을 자동차와 가전용 소재로서 응용율이 높은데 비하여 한국과 일본은 아직 자동차용 소재로서의 용도 개발은 시작 단계에 있다. 그 이유는 기존 자동차 MAKER 들이 자체의 도장라인 (POST-COATING 방식)의 설비를 가지고 있어 PCM 으로서의 대체를 고려하고 있지않기 때문이다.

그러나 앞으로의 국제경쟁력과 방청성의 품질향상을 위해서는 자동차용 소재로서 PCM 의 응용이 고려되어야 할것으로 생각된다.<sup>5)</sup>

표-5 PCM 의 용도 분류와 구성비율

구 분	구체적인 용도	구성비율 (%)		
		미국	일본	한국
건 재 용	지붕, 외벽, 내장벽, 문, 닥터	59.0	76.0	89.1
운송기구	자동차, 오토바이, 트레일러, 트럭	16.0		
전기산업 기기	세탁기, 냉장고, VTR, 조명기구, TV 자동차판매기, 전자레인지, 보일러	11.0	10.0	8.1
용 기	바렐, 드럼, 폐일관, 컵류	4.0		
주택설비	가구, 커튼, 책장, 사무용기구류	10.0	10.0	0.3
기 타	간판, 스포츠용품		4.0	2.5
총 계		100	100	100

3-3 용도에 따른 요구물성

표-5 의구분에서보면 PCM 의 주용도는 건재용, 자동차용및, 전기산업기기(가전용)로 되어 있다. 주용도별로 요구되는 도막의 물성기준을 도료의 수지 TYPE 별로 구분해보면 아래 표-6과 같다.

표-6 PCM 의 주용도별 도료의 수지 TYPE

주 용 도	도료의 수지 TYPE	특히 요구되는 성능
건 재 용	REGULAR POLYESTER(R/PE) SILICONE POLYESTER(Si/PE) FLUOROCARBON (Pvdf)	내식성, 내후성, 가공성
자동차용	무기질계 DACROMAT, ZINCROMAT	용접성, 방청성, 상도도장성
전기산업 기기	고분자 POLYESTER(H/PE)	가공성, 경도, 내오염성

표-6 에 나타낸바와 같이 PCM 은 주용도에따라 수지도료 또한 특성에 맞게 사용되어지고 있다.

PCM 의 용도에 맞는 성능을 발휘하기위한 각 수지도료 TYPE 의 기본요구물성 기준에 대해서는 아래 표-7 에 나타내었다. 6)

표-7 PCM 용 수지도료의 요구물성

요구물성	도료의 TYPE 별 구분				비 고
	R/PE	Si/PE	Pvdf	H/PE	
색상(ΔE)	0.8이하	좌동	좌동	좌동	NBS 단위
광택	표준±5	좌동	좌동	좌동	60° 경면광택
연필경도	H 이상	좌동	좌동	F이상	MITSUBISHI UNI
내충격성	5	5	5	5	1/2"X1KgX50Cm
ERICHSEN	5	5	5	5	6MM, 1X1MM, 100/100
MEK RUB (회)	50이상	좌동	100↑	50↑	NCCA 11-18
내습성	500	1000	4000	500	49°C, 98% RH, Hrs
내염수분무성	750	1000	4000	500	38°C, 5% NaCl, Hrs
촉진내후성	1000	2000	5000	-	SUNSHINE WOM, Hrs
내마모성 (CS-10, 500gX1000)	70이하	좌동	좌동	좌동	TABER ABRASION TESTER, mg
내약품성					
5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24	50	240	24	25°C, 침지시간
5% HCl	24	50	240	24	"
5% NaOH	24	50	240	24	"
T-BEND	3T(5)	2T(4)	1T(5)	OT(5)	상온 180° 절곡
BLOCKING	5	5	5	5	40°C X 50Kg X 24Hrs

\* 5점평가제... 5:EXCELLENT, 4:GOOD, 3:FAIR, 2:POOR, 1:BAD

\* 상세 시험방법은 7장에서 나타내었음.

#### 4. 구성요소

전술한 그림 1 의 단면에서 나타낸바와 같이 PCM 강판은 강판소재 +아연 또는 Zn/Al 합금도금 +화성피막처리층+하도+상도로구성되어 있다. 화성피막처리는 생산공정에서 다루기로 하고 이장에서는 강판소재와 도료에 대해서 언급한다.

##### 4-1 강판소재

PCM 에 사용되는 원판소재는 표-4 의 내용과 같이 용융아연 도금강판, 냉간압연강판, 전기아연도금강판, 알루미늄강판, 스테인레스강판및 합금화아연도금강판등이 사용되고 있다.

표-8 용융아연도금강판의 용도별적용 (KS D 3520)

종류 (용도)	기호	적용표시두께 MM	아연의부착량표시기호
지붕용 (ROOFING)	R	0.35이상 1.0이하	Z 25
		1.0초과 1.6이하	Z 27
건축외관용 (ARCHITECTURAL SIDING)	A	0.27이상 0.5이하	Z 18, Z 27
		0.5초과 1.0이하	Z 22, Z 27
		1.0초과 1.6이하	Z 27
건축골판용 (CORRUGATION BUILDING)	W	0.27이상 0.50이하	Z 18, Z 27
		0.50초과 1.0이하	Z 22, Z 27
일반용 (COMMERCIAL)	C	0.27이상 0.50이하	Z 18, Z 27
		0.50초과 1.0이하	Z 22, Z 27
		1.0초과 1.6이하	Z 27
드로오밍용 (DRAWING)	D	0.40이상 0.50이하	Z 18
		0.50초과 1.0이하	Z 22
구조용 (STRUCTURAL)	S	0.40이상 0.50이하	Z 18
		0.50초과 1.0이하	Z 22, Z 27
		1.0초과 1.6이하	Z 27
일반골판용	H	0.19이상 0.27미만	Z 12

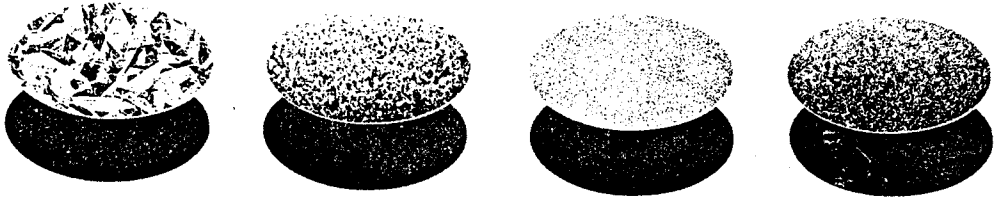
\* 이규격은 1990년에 개정되었으나 용도의 구분과 강판과의 관계를 나타내기 위해서 편의상 개정전의 KS D 3520 으로 표시하였음.  
 용융아연도금강판의 용도별 선택기준을 나타낸것이다.  
 일반적으로 건재용에서는 0.45mm 에서 0.8mm 두께의 소재가 주로 사용되고 있다.

4-1-1 용융아연도금강판 (KS D 3506, GI)

아연을 97% 이상 함유한 도금조 (통상 Al은 0.03%이하)에서 냉간압연강판을 침적시켜 양면을 같은 두께로 용융도금한 강판을 말한다.

이때 도금의 표면 마무리에따라서 REGULAR SPANGLE, MINIMIZED SPANGLE 및 ZERO SPANGLE 로 나타내고, 기호로서 R, M, Z 로 표기한다.

포항제철에서 생산하고있는 GI 강판의 표면 마무리 SPANGLE 의 모양을 그림-2 에 나타내었다. 7)



REGULAR SPANGLE

MINIMIZED SPANGLE

GALVANEAELED FINISH

EXTRA SMOOTH FINISH

그림-2 아연도금강판의 SPANGLE 모양

아연도금강판의 아연도금량이 많을수록 방청성은 좋아지지만 가공성은 오히려 떨어지기 때문에 원판의 선택은 방청성, 가공성, 인장강도, 신율등을 고려하여 선택 사용하게 된다. 아연도금강판의 가공성은 냉연강판(도금전원판)에 비하여 통상 가공성이 떨어지게 되는데 그 이유는 1) 냉연강판이 용융아연조에 침지되어 연속 소부에 단시간 가열후 냉간 공정과 2) 아연도금시에 원판과 아연층과의 경계면에서의 아연과 철의 합금층의 조성구 두께에 따라서 아연층의 박리가 일어날수 있다.

이와같이 용융아연도금강판을 이용한 PCM 강판을 가공할때에는 아래사항의 고려가 필요하다.

- (1) 아연강판의 호칭두께는 도금전 냉연강판의 호칭이므로 아래 표-9 의 아연도금두께와 도막두께(통상  $25\mu$ )를 가산해서 가공기에 CLEARANCE 를 산출하여야 한다.
- (2) DEEP DRAWING 시는 금형속에 아연 FLAKE 가 부착될수 있으므로 주의를 요한다.(도막외관의 손상을 줄수있음)



(3) 가공기에 사용하는 윤활유는 염소계나 인산계의 사용을 금한다. (아연과의 반응)

표-9에서는 용융아연도금강판의 KS, JIS 및 ASTM에서 적용하고있는 아연부착량과 상당도금두께를 나타내었다.

#### 4-2 전기아연도금강판 (KS D 3528, EGI)

냉연강판 (KS D 3512)의 표면을 DULL FINISHING 처리한다음 단면의 아연부착량을  $10g \sim 50g/m^2$ 로 도금하며 도금부착량에 따라서 5가지의 종류로 생산되고 있다.

EGI의 경우는 주로 가공성이 쉽하게 요구되는 가전제품에 사용되며 방청성이 요구되는곳에는 사용할수 없다.

아연부착량이 낮기 때문에 사용이 제한되고 경우에 따라서는 GI Z 06, Z 12로 대체 사용할 수 있다.

#### 4-3 알루미늄강판 (KS D 6701)

알루미늄은 비중이 가벼우면서 인장강도는 높은 특성을 가지고 있으며 내식성이 뛰어나기 때문에 항공기, 자동차, 콘테이너, VENETIAN BLIND, 건재용등으로 많이 사용되고 있다.

일본의 경우 PCM으로 생산된 도장알루미늄 강판은 전체 PCM의 약 1.4%로서 년 2만6천톤 정도의 규모이다. (1990년)

#### 4-4 냉간압연스테인레스강판 (KS D 3698)

스테인레스강판은 내식성과 내화학약품성이 타 강판에 비해 극히 뛰어난 특성을 가지고 있어 내식성이나 내구성이 심하게 요구되는 환경조건에 사용이 늘어나고 있다.

스테인레스강판은 철과 크롬의 합금이나 니켈과 크롬의 합금으로 생산되며 PCM 용으로는 STS 304 나 STS 430 이 주로 이용되고 있다. (JIS에서는 SUS로 표기)<sup>8)</sup>

일본의 경우 PCM으로 생산된 도장스테인레스 강판은 전체 PCM의 약 1.1%로서 년 2만톤 규모이다. (1990년)

표-9 아연도금량표시와 아연상당두께

도금부 표시기호	Z 06	Z 08	Z 10	Z 12	Z 18	Z 20	Z 22	Z 25	Z 27	Z 35	Z 45
상당도금 후께 (MM)	0.013	0.017	0.021	0.026	0.034	0.040	0.043	0.049	0.054	0.064	0.080
호칭부 량 g/m <sup>2</sup> (양면)	90	120	150	183	244	285	305	305	381	485	565
ASTM A 525	G=30		G=40	G=60		G=90			G=115		G=185

4-1-2 특수용 아연도금강판

특수한 용도 즉 고가공성, 고내후성, 내구성등이 요구될때는 아연 단부를 사용한 도금강판외에도 Al 5%, 55% 불 불 각각 함유한 Zn/Al 합금도금 강판이 사용되고 있다. 그 용도와 내용을 표-10에 나타내었다.

표-10 Al/Zn 합금도금강판의 용도

종 류	용 도	비 고
일반용 아연도금강판 1% Al/Zn 합금도금강판 5% Al/Zn 합금도금강판 55% Al/Zn 합금도금강판	일 반 용  CRACK FREE (균열이 없음) 내식성, 가공성 자 홍 차 동 의 건 재 용, 세 탁 기,	G AL V A L U M E  G A L F A N, S U P E R Z I N C G A L T I T É, Z I N C A L U M E

## 5. PCM 용 수지도료

1991년도에 국내에서 생산된 PCM의 구성비율을 도료 TYPE 별로 분류해보면 표-11에서와 같이 REGULAR POLYESTER와 SILICONE POLYESTER가 86.5%를 차지하고 있다.

이것은 우리나라의 PCM이 주로 건축용도료로 사용되고 있음을 나타내는 것이다.

1991년도에 PCM 강판 생산량은 424,700 TON으로 여기에 사용된 도료의 총량은 약 9,340,500Kg으로 예상된다.

표-11 PCM의 도료별 생산현황

도료 TYPE	PCM 생산량 (TON)	무게비율 %	경향
REGULAR POLYESTER	240,000	56.5	증가
SILICONE POLYESTER	127,500	30.0	"
FLUORO CARBON	21,500	5.1	"
FLEXIBLE POLYESTER	34,400	8.1	"
PVC PLASTIZOL	1,300	0.3	감소
TOTAL	424,700	100	증가

\* PVC LAMINATE 강판 12,000 TON은 제외된 수치임.

### 5-1 PCM 도료 설계의 근본개념

- 1) 소재에 대한 이해
  - 용융아연도금강판, Al/Zn 합금도금강판,
  - 알루미늄강판, 스테인레스강판,
  - 전기아연도금강판
- 2) 표면처리 - 종류와 성능 (인산염, 크롬산염등)
- 3) PRIMER - RESIN (유연성, 방청성)
  - 안료 (방청성)
  - 도막두께
- 4) TOP COAT - RESIN (내후성, 경도)
  - 도장 SYSTEM (2C2B, 3C3B)
  - 도막두께
- 5) 배면도료 - RESIN (유연성, 방청성)
  - 안료 (방청성)
  - 도장 SYSTEM (1C1B, 2C2B)

PCM 용 도료는 접착력, 내식성, 가공성, 내후성이라는 기본 물성의 요구 개념을 가지고 ROLL COATER 와 FLOW COATER 에 의한 작업성 및 단시간소부건조 (20-100 초/min.) 에서의 건조성능등이 고려되어 설계되어야 한다.

## 5-2 PCM 용 도료의 종류

### 5-2-1 REGULAR POLYESTER 도료 (R/PE)

도료에 사용되는 POLYESTER 는 크게 ALKYD 수지, OIL FREE POLYESTER 수지 및 불포화 POLYESTER 수지로 나눌수 있다. 소부용 도료에서는 ALKYD 수지와 OIL FREE POLYESTER 수지가 사용되는데 ALKYD 수지는 OIL 이나 지방산이 변성되어있어 OIL FREE POLYESTER 에 비하여 도막의 전반적인 물성이 떨어지는 경향이 있으나 SPRAY 작업성, 가격등의 측면에서 POST COATING 에 많이 이용되고 있다. 1960~1970년대에서는 ALKYD/AMINO 수지 도료가 PCM 에 주로 사용되었으나 근래에는 거의 대부분 OIL FREE POLYESTER 수지 도료로 바뀌게 되었다.

OIL FREE POLYESTER 의 도막물성은 경도, 가공성, 내후성 및 내구성이 우수하다는 특징을 가지고 있다.

### 5-2-2 SILICONE POLYESTER 도료 (Si/PE)

SILICONE 수지는 내열도료용으로 많이 사용되어 왔으나 최근에는 SILOXANE 결합의 우수한 내후성 성질을 이용하여 내후성도료에 응용되고 있으며, 아크릴수지도료에 대하여 내후성이 3배에 달하는 것으로 평가되고 있다.

우리나라와 같이 해변공업지대가 많은 나라에서는 Si/PE 도료도장감판을 사용하는것이 PE계 도료보다 종합적으로 평가할때 경제적인것으로 판단된다.

SILICONE POLYESTER 수지는 OIL FREE POLYESTER 수지의 EXCESS-OH 기에 SILOXANE 결합을 가지고 있는 SILICONE 수지 중간체의 -OH, -OCH<sub>3</sub> 를 축합반응으로 도입한것으로 PCM 도료에서는 SILICONE 중간체의 변성함량이 약 30% 인것이 주로 사용된다.

대표적인 SILICONE 중간체를 아래 그림-3 에 나타내었다.

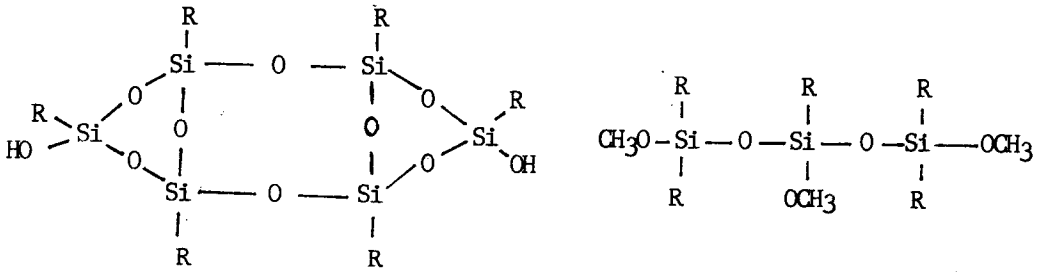


그림-3 대표적인 SILICONE 중간체

OIL FREE POLYESTER 에서는 METHOXY 반응형이 사용되고있다. SILICONE 중간체는 자신의 ORGANO SILOXANE (:Si-O-Si:) 결합으로 내후성과 내열성이 우수하고 측쇄의 ALKYL 치환기에 의한 발수성의 기능과 SILOXANE 결합구조는 무기물 친화력에 의한 무기질에 대한 접착력과 유기물과의 가교반응 밀도를 올려주는 특성을 가지고 있다.<sup>9)</sup>

아래 그림-4 는 SILICONE 중간체의 변성량에 따른 내후성을 조사한 대표적인 예이다.

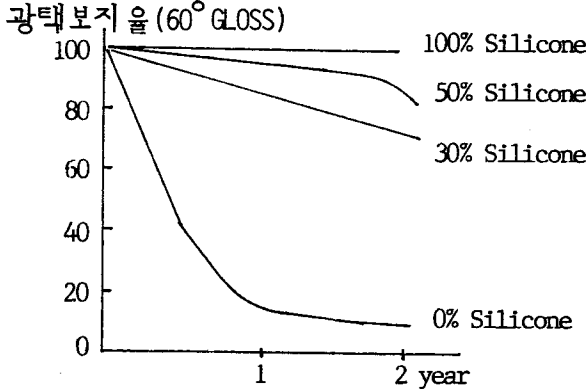


그림-4 SILICONE 중간체의 변성량에 따른 내후성비교<sup>10)</sup>

### 5-2-3 FLUORO CARBON 도료

도료용 불소수지는 1965년 미국의 PENNWALT CORP. 에서 KYNAR-500 이라는 상품으로 소개한 용제분산형 POLY-VINYLLIDENE FLUORIDE (CH<sub>2</sub>-CF<sub>2</sub>-)<sub>n</sub> 수지로서 FLUORINE 의 함량이 59% 인 수지이다.

불소수지는 C-F의 BOND ENERGY가 높고 분자밀도가 높기 때문에 자연광 (300  $\mu\text{m}$ )에서의 내구성이 뛰어나다. 아래 표-12은 원자결합 에너지와 해리에 해당하는 태양광의 파장을 나타낸 것이다. C-F BOND는 250  $\mu\text{m}$ 에서의 태양광에서 해리로 인한 도막열화가 시작되나 250  $\mu\text{m}$ 의 자연광은 여름철 한낮의 해변과 같은 조건을 이야기 한다. 이와같이 C-F 결합의 높은 해리에너지는 도막의 내구성을 높여 PCM 용의 도료중 내후성이 가장 뛰어난것으로 평가되고 있다. 11)

표-12 원자결합에너지와 빛의 파장 ( $\mu\text{m}$ )

LINKAGE	결합 ENERGY (Kcal/Mole)	해리에 해당하는 빛의 파장 ( $\mu\text{m}$ )
C - C	84.9	340
S - C	80.5	370
C - O	80.9	370
S - O	106.0	270
C - F	116.0	250
C - H	98.0	290

#### 5-2-4 FLEXIBLE POLYESTER 도료 (H/PE)

5-2-1의 REGURAL POLYESTER 도료와같은 종류의 수지도료이나 유연성을 특히 요구하는 DEEP DRAWING 용 즉, 냉장고, VTR, 전자레인지등의 가전제품에 사용하기 위하여 고안된 도료이다. 유연성과 경도의 서로 상반되는 성질의 균형을 최대한 맞추기 위한 노력을 하고 있으나 아직 POST-COATING의 도막이 요구하는 성능까지는 도료자체만으로서로는 개발되지 못하고 있는 실정에 있다.

가전사에서 요구하는 품질은 연필경도 2H~4H (미쓰비시유니) 0°C OT-BENDING의 수준이나 현재의 수준은 F~H에서 OT-BENDING의 수준에 있다. 12)

가공의 측면에서는 사용하는 PCM 강판을 가온해서 성형한다면  
 보다 높은 경도의 도막도 균열이 없이 가공할 수 있기 때문에  
 일본에서는 가전사가 성형할때 강판을 가온하여 성형함으로써  
 POST COATING 과 같은 성능의 도막물성을 얻고 있다.

여러가지의 조건에 따라 사용하기 위해서는 도막의 경도와 가공  
 방법에 따라 용도에 맞는 3 가지 TYPE 의 도료가 생산되고 있다.

#### 5-2-5 특수용도의 도료

PCM 의 경제적인 이용가치는 특수한 기능성이 요구되는  
 도료의 개발이 요구된다. 현재 도료의 기능성의 요구로  
 개발되어 사용되고있는 도료의 종류에는

- (1) 전기 SPOT 용접가능도료 ... 자동차용의 DACROMETAL,  
 ZINCROMETAL 등
- (2) TEXTURE ... HAMMERTONE 모양  
 WRINKLE 모양  
 WOOD-TONE 모양
- (3) SOFT TOUCH ... LEATHER, VELVET
- (4) LOW GLOSS ... 내후성이 우수한 극무광도료
- (5) 재기반사도료 ... 도로표지용도료
- (6) 내열도료 ... FRY PAN, 전열기등 (비점착성과 내열성)
- (7) 고경도도료 (연필경도 5H이상)... TILE 용(EB 경화형)  
 등의 도료가 있다.

#### 5-3 PCM용 도료의 특징과 용도별 주요소재

아래 표-13 은 도료의 수지 TYPE 별 특징과 용도를 나타낸것이다.

표-13 도료의 수지 TYPE 별 특징과 용도

도료 TYPE	특 징	소재및 용도
ACRYL 수지계	1COAT사용, 광택 내오염성, 고경도	ALUMINUM... VENETIAN BLIND TIN FREE STEEL...스토브부품 EGI... 냉장고, 화이트보드
고분자 POLYESTER	고가공성	EGI... 가전용, 실내기물 GI... 실내기물, 가전용, EMBOSED강판 TFS... 기물

REGULAR POLYESTER	가공성,내후성 (보증5년)	GI... 일반건재,가공용건재
SILICONE POLYESTER	내후성 (보증10년)	GI,STS,Al판... 고급건재 (ROOFING, SIDING)
FLUORO- CARBON	내후성	GI,STS,Al판... 고급건재,가공용등
PLASTISOL	유연성 방청성	GI... 일반건재용 EGI... 가전용

\* TFS: TIN FREE STEEL

### 6. 생산공정

PCM의 생산방식은 코일코팅라인에서 연속적으로 도장하는 방법과 큰베어식라인에서 SHEETS에 도장하는 방법이 있다.

SHEETS 도장방법은 소량 생산인 경우에 적합하며 도장방법은 주로 FLOW COATER를 사용하고, COIL 연속도장 LINE에서는 ROLL COATER 방식이 이용된다.

COIL 연속도장라인의 대표적인 예는 그림-5와 같다.

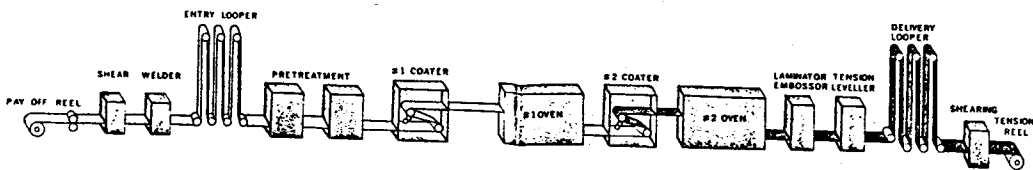


그림-5 CONTINUOUS COATING LINE (CCL)

#### 6-1 화성처리

코일연속도장 LINE의 도장속도는 대개 40~280 m/min. 인 관계로 화성처리도 단시간에 연속적으로 이루어져야 한다.

화성처리공정의 대표적인 예는 아래 표-14와 같다.<sup>13)</sup>

표-14 CCL의 화성처리공정

(단위:초)

탈지	수세	표면조정	화성처리	수세	후처리	건조
10-30	2-5	2-5	3-15	2-5	2-5	3-10



### 6-1-1 탈지

탈지방법에는 (1) 칼라소든(200°C기름-탄화-산세), (2) 용제, 탈지, (3) 에멀전탈지, (4) 알카리탈지

에멀전탈지는 O/W 형 에멀전을 SPRAY 하여 부착된 유분을 에멀전 형태로 제거하는 방법이다. 그러나 원판이 식물류나 광물성류로 두텁게 오염된 경우에는 적합하지 못하다.

SPRAY 법이 아닌 침적법인 경우는 알카리의 비율을 측정해 가면서 LINE 을 점검관리해야 한다.

PCM 에서는 알카리탈지법이 SPRAY 방식으로 많이 이용되고 있다.

### 6-1-2 표면조정 (중간처리)

인산염 피막처리는 전처리를 어떻게 하는냐에 따라서 크게 영향을 받는다. 탈지한후 닦아준다면 보다 미세한 결정을 얻을 수 있다. (WIPING EFFECT)

그러나 실제로 고속 LINE 에서 WIPING 은 곤란하므로 수산이나 "파코텐 Z" 수용액에 침적시킨다. 수산 2-3% 용액을 사용하면 철강표면에 약하게 부식된 수산철 피막이 형성되어 화성피막 형성의 핵으로 작용하게 된다. "파코텐 Z" 인경우는 티타늄 화합물을 철재표면에 흡착시켜 핵을 만드는것으로 이용된다. 인산염 피막처리의 결정을 얼마나 조밀하고 균일하게 성장시키느냐가 PCM 도막의 물성 (특히 밀착성, 내식성)에 큰 영향을 미치게 된다.

### 6-1-3 화성처리

도료의 밀착성과 내식성의 향상을 목적으로 도입되고 있다. 화성처리피막의 부착량에 따라서 도료의 밀착성, 가공성, 내식성이 좌우되기 때문에 적절한 부착량의 관리가 무엇보다도 중요하다.

아래 표-15은 화성처리 LINE 관리도의 대표적인 예를 나타낸것이다.

표-15 화성처리부착량과 그 관리법

화성처리	피복량 영향 인자	관 리 방 법	
인산염계	TOTAL ACIDITY(TA)	ALKALI/지시약 적정분석	전기전도도
	FREE ACIDITY (FA)	ALKALI/ 적정분석	자동농도조정
	ACCELERATOR 함량 (AC)	SACAROMETER 로 GAS 량 측정	
	온도	THERMO STAT 에 의한 자동조정	
	SPRAY 압력	수압계에 의한 관리	
반응형 CHROMATE	FREE ACIDITY (FA)	인산염계와 동일	
	6가 CHROME 포인트	FeSO <sub>4</sub> 적정분석	
	온도	인산염계와 동일	
	SPRAY 압력, 유량	"	
도포형 CHROMATE	크롬의 농도	농도관리	
	온도	인산염계와 동일	
	ROLL 압력	마그네트 스케일에 의한 자동제어	
	ROLL 회전비	ROLL 회전수관리	

이러한 공정관리외에도 처리시간과 철, 아연, ALUMINUM 이온의 농도관리 및 슬릿지의 처리기준등이 필요하다.

#### 6-1-4 후처리

화성처리의 마무리 SEALING 공정으로서 인산염 또는 크롬산염 처리피막의 결정과 비결정에 핀홀을 막아주고 Fe 2가 이온을 완전히 수동태화시키는 역할을 한다. 후처리공정에 따라 방식성이 20~30% 증가되는것으로 나타나고 있다.

후처리에 사용되는 처리액은 묽은 인산과 크롬산의 수용액을 사용하고 있다.

#### 6-2 도장

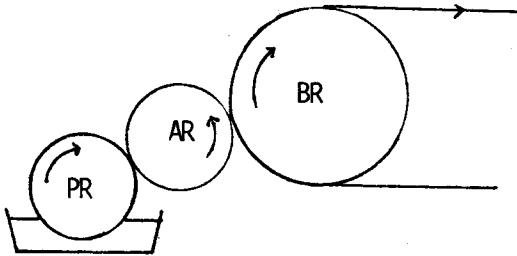
그림-5 에서와 같이 COIL 도장은 ROLL COATER 도장방법으로 프라이마와 TOP COAT 를 두번 도장하고 두번 BAKING 하는 SYSTEM 이 주종을 이루고 있다. (2 COAT 2 BAKE SYSTEM) PRIMER 는 원판소재와 상도의 중간에 도장하여 도막의 밀착성과

내식성을 보강하기 위하여 3~8 $\mu$  으로 NATURAL COATER 방식으로 도장되며 TOP COAT 는 REVERSE COATER 방식으로 15~20 $\mu$  으로 도장하고 있다.

### 6-2-1 ROLL COATER 의 종류와 특징

#### 1) NATURAL ROLL COATER

COIL STRIP 의 진행방향과 같은 방향으로 APPLICATION ROLL 이 회전하는 방식으로 도막을 얇게 도장하는 경우에 적합하다.



ROLL COATER 의 조작방법

- \* 도막두께는 PR/AR 의 간격
- \* BR 과 AR 의 속도: 1:0.8~0.9
- \* PR 과 BR 의 속도: 0.2~0.6

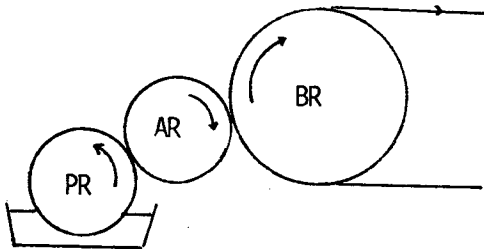
특징: 후막이 불가

ROLL 무늬 발생용이

ROLL 마모성이 낮음.

#### 2) REVERSE ROLL COATER

COIL STRIP 의 진행방향과 APPLICATION ROLL 이 반대로 회전하는 방식으로 후막도장에 적합하다.



조작방법

- \* 도막두께 PR/AR 간격조절
- \* BR/AR/PR 의 비율  
1/1.1~1.3/0.2~0.6

특징

후도막가능

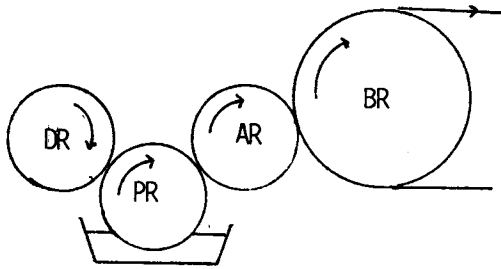
도면상태양호

ROLL 마모가 크다.

#### 3) FULL REVERSE ROLL COATER

이 방법은 TOP COAT 의 표면상태를 더욱 매끄럽게 하거나 초후도막 (50~500 $\mu$ ) 으로 도포하기 위해서 사용된다.

ROLL의 회전방향은 DOCTOR ROLL, PICK UP ROLL, APPLICATION ROLL의 회전방향이 COIL STRIP의 방향과 전부 역으로 회전하는 방식이다.



조작방법

\* 도막두께는 DR/PR의 간격

\* PR/DR의 비율 1/0.3~0.01

\* BR/AR/PR의 비율  
1/1.1~1.3/0.2~0.6

특징

초후막도장이 가능

표면상태가 매우 양호

SOL 도장에 적합

ROLL의 마모가 심하다.

(주) PR: PICK UP ROLL

BR: BACK UP ROLL

AR: APPLICATION ROLL

DR: DOCTOR ROLL

#### 6-2-2 ROLL COATER 도장에 따른 문제점과 대책

ROLL COATER 도장시에 발생하는 문제점은 ROLL COATER 자체의 운전조작방법이나, 도료와 피도물의 성질등에 따라서 여러가지 도막이상현상이 나타나고 있다.

PCM 도막에서 대표적으로 나타나고있는 현상을 요약하면 아래와 같다.

##### 1) 도막두께불균일

원인: ROLL의 팽윤, 마모, 회전비율, 도료공급량의 불일정

대책: ROLL의 교체, 고무 ROLL의 내용제성 조사

ROLL 주속비 수정, 도료의 공급량을 늘임.

##### 2) CRATERING 또는 FISH EYE

원인: 소지의 오염, 도장환경의 오염, COATER PAN

내부에서의 도료조성변화

대책: 소지의 유분및 오염여부확인, ROLL COATER 주변의

SILICONE OIL, 윤활유등의 오염확인, 도료중 첨가제의

몽침확인

### 3) FLUSHING STARVATION

원인: 도료의 공급량 부족, PR ROLL 에 도료의 전이불량

대책: 도료의 공급량을 늘임, ROLL 이 PAN 에 오래 머물수 있도록 ROLL 의 지름이 큰것을 사용, 도료의 교체

### 4) 기포

원인: AR 의 속도가 너무 빠를때, 도료자체의 소포성 불량, PR ROLL 의 기포의 전이가 심한 경우, PR/AR 의 CLEARANCE 가 클경우

대책: AR 의 속도를 낮춤, 소포제 첨가, COATER PAN 에 기포 방해 칸막이 설치, PR/AR 의 간격조절, 도료의 OVER FLOW 를 늘임.

### 5) FLOW LINE ROLL 무늬

원인: AR/PR 의 극간이 넓을때(특히 NATURAL COATER), 도료의 구조점성이 높거나 점도가 높을때, ROLL 의 주속비가 맞지않을때

대책: AR/PR 간의 극간을 좁힌다.

도료의 점도를 낮춘다.

ROLL 주속비를 조정

### 6) SHUTTER MARK

원인: ROLL 의 극간이 너무 좁거나 ROLL 의 회전비율이 맞지않을때

대책: ROLL 간의 극간을 넓히고 ROLL 주속비를 조정

### 7) 광택의 불균일

원인: 전처리 또는 PRIMER 의 불균일상태, OVEN 의 온도구배

대책: LINE 전공정의 재점검, PRIMER 도막두께를 낮춤, OVEN 의 온도구배를 재조정

### 8) 발포

원인: OVEN 의 온도구배, 피도물(전처리와 PRIMER가 된상태) 에 기포가 있을때, 도료자체의 건조속도

대책: OVEN 의 ZONE 별 온도구배조정, 고비점용매의 사용, 전처리공정점검, 도료교체

9) 은폐력불량, 색분리, LEVELLING 불량

원인: 도막두께가 낮을때, 도료의 분산상태가 불량하거나  
 도료의 PICK UP 성이 불량한 경우, 피도물의  
 표면불량

대책: 도료의 점도조정과 PICK UP ROLL 의 속도조정,  
 도료의 첨가제및 용제조성점검, 피도물의 도장전상태  
 재확인

이상의 도막이상현상을 도료, 도장, 도장공정및 환경의 요인으로  
 구분하면 아래 표-16와 같은 서로의 상관관계를 나타낼수 있다.

표-16 도장시에 발생하는 결함과 그 요인에 대해서

현상	도료				도장				도장공정			환경	
	수지	안료	용제	첨가제	점도	액온	조각반반	롤조정	도막두께	소부조건	전처리	온도	습도
ROLL 무늬	○		○		◎			◎	○				
샷트마크			○	○	◎			◎	○				
광택 얼룩			◎			○			○	◎	○	○	◎
발포	◎		◎						◎	◎	◎	○	○
도장불균일		◎	○		◎		○	◎	◎				
색분리	○	◎	◎	○	○		◎	◎	○				
기포	○	○	○	○	◎			◎				○	
LEVELLING 불량	○	○	○	○	◎			◎	○			○	

6-3 소부건조

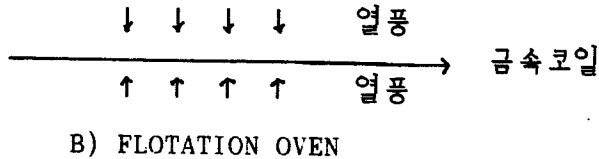
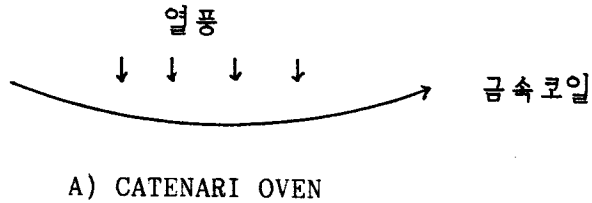
소부건조의 조건에따라 PCM 도막의 경도, 가공성, 표면특성  
 등에 커다란 영향을 미치게 된다. CCL 에서는 대략 20~100초  
 정도의 단시간 소부로서 강판은 온도가 상승하면서 소부로를  
 통과하게 된다. 따라서 소부조건은 강판의 최고 표면온도  
 (PEAK METAL TEMPERATURE:PMT)를 몇 °C 로할것인가하는  
 방법으로 관리하고 있다.

도막의 물성은 적절한 소부 (가열반응형)에 따라서 물성의  
 특성이 좌우되므로 PMT 와 OVEN 의 통과 시간은 매우 중요하다.

### 6-3-1 소부로의 종류

1980년대에 들어와서 CCL 의 소부건조로에 효율을 높이기 위해서 FLOTATION TYPE 의 OVEN SYSTEM 이 소개되었으며 그 이전에는 CATENARI OVEN 이 주로 사용되었다.

아래 그림은 FLOTATION 과 CATENARI OVEN 의 열풍방향을 나타낸것이다. 14)



그림에서와 같이 FLOTATION OVEN 은 CATENARI OVEN 에 비하여 열풍을 2배로 보낼수 있기 때문에 열효율이 높아 OVEN 의 길이를 그만큼 단축시킬수 있게되었고 고속도장 LINE 의 도입도 가능하게 되었다. 국내에서는 1988년 포항강재가 위 그림 A)와 B)를 겸용한 고속소부 도장 LINE (일본의 중외로공업:미국 MIDLAND ROSS사)을 도입하여 최고 120 m/min 의 속도로 생산이 가능하게 되었다.

### 6-3-2 소부로의 조건설정

도막을 단시간 소부 건조시키기 위해서는 도료중에 함유된 용제가 증발할수있는 조건과 도료가 반응하여 가교결합을 형성시킬수있는 온도와 시간이 필요하다.

표-17 고속 CCL OVEN 의 실용예

도 료	PRIMER			TOP COAT			
	NO1 OVEN			NO2 OVEN			
온도							
분위기온도 °C	250	280	280	250	280	310	310
PMT °C	20	164	204	20	130	189	227
OVEN 의 길이	40M			50M			

위 표-17은 최근 국내에 도입된 고속 CCL 의 경우를 나타낸 것이다.

CCL LINE 의 속도와 OVEN 의 통과시간에 따른 PMT 의 상관관계를 아래 그림-6 에 나타내었다.

LINE 속도가 빠를수록, 강판의 두께가 두터울수록 PMT 를 올려야만 실제로 도막이 건조되는데 필요로하는 열량이 공급 되고 있음을 나타내는 것이다.

PMT (°C)	190 200 210 220 230 240 250 260 270							통과시간 (R.T)	
	하한			상한					
LINE SPEED 50M			○	○	○				60.0 (SEC)
LINE SPEED 60M			∖	∖	∖				50.0 (SEC)
LINE SPEED 70M			∖	∖	∖				42.9 (SEC)
LINE SPEED 80M			○	○	○				37.5 (SEC)
LINE SPEED 90M			∖	∖	∖				33.3 (SEC)
LINE SPEED 100M			∖	∖	∖				30.0 (SEC)
LINE SPEED 110M			∖	∖	∖				27.3 (SEC)
LINE SPEED 120M			○	○	○				25.0 (SEC)

○ LINE SPEED 가 빠를수록 PMT 는 높아지게 된다.

그림-6 LINE SPEED 와 PMT 의 상관관계

#### 6-4 냉각

소부후 강판의 냉각조건에 따라 또한 도막물성에 영향을 미치게 된다. 예를들어서 결정성이 큰 불소수지도료나 OIL



FREE POLYESTER 도료에서는 도막을 급냉하여 결정화를 억제시키는 쪽이 유연성이 좋아진다.

반대로 서냉하게 되면 내부응력(강판과 도막의 열변형)의 구배가 낮아지게 되어 도막의 밀착성은 오히려 좋아지게 된다. 특히, 플라스틱 SOL 강판인 경우에는 냉각의 조건과 방법에 따라서 (SPRAY, 침지) 외관의 변형이나 얼룩을 CONTROL할수 있으므로 도료의 TYPE 에 따라서 냉각조건도 조정관리 되어야 한다.

## 7. 제품의 품질관리

지금까지 PCM 강판의 제품품질에 영향을 미치는 요인으로는 금속소재, 화성처리, 도장, 소부, 냉각등의 관리조건에 대하여 알아보았다. 제품의 품질은 (A) 제품설계 단계에서의 품질시험 (B) 제조공정에서의 품질확인 (C) 제품의 성능확인시험등으로 나눌수 있다.

(A) 와 (C) 는 충분한 시간을 가지고 면밀히 시험을 할수있지만 (B) 의 경우는 현장에서 필요 최소한의 시험으로 행하여져야 한다. (고속도장 LINE 의 경우 80~120 m/min 의 속도로 생산) 도막의 물성시험방법은 (1) 도막두께및 외관관련항목, (2) 가공부착성 관련항목, (3) 내구성및 내식성 관련항목등으로 구분하여 정리하였다.

### 7-1 도막두께및 외관

PCM 강판의 도막두께는 일반적으로 PRIMER 3~8 $\mu$ , TOP COAT 15~20 $\mu$  으로 제조된다. 경우에 따라서는 도막의 두께를 더 낮추거나 더 높일수 있으나 일반적으로 PCM 의 최대도막 두께는 45 $\mu$  이하로 생산된다. (PLASTISOL 도막은 제외)

#### 7-1-1 도막두께및 외관관련시험항목

- 1) 도막두께: 전자식, 도막을 벗겨내어 중량측정(비철금속)
- 2) 외관균일성: 외관판정, 주름, ORANGE PEEL, 흘러내림, 티, 핀홀, CRATERING
- 3) 색상: 색차계,  $\Delta E$  0.8 이하(NBS단위), 육안
- 4) 광택: 광택계 60° 경면광택 규정치  $\pm 3$  (반광,무광), 규정치이상 (유광)

- 5) 경도: 연필경도 (KS D 3520-12.2.3) (MITSUBISHI UNI, KS G 2603)
  - 6) 내마모성: TABER ABRASION TESTER, 낙사마모시험기 FS 141, METHOD 6192
  - 7) 경화도: 내용제문지름시험 MEK 20회이상, XYLENE 50회이상  
가아제 3호로 왕복판정, NCCA NO.11
- 7-1-2 도막가공부착성관련시험항목
- 1) ERICHSEN 시험 (20°C): 삽화후 도막상태평가, 강판소재및  
도료 TYPE 에따라 차이가 있음.  
(KS B 0812)
  - 2) CROSS HATCH 시험: 1MM간격 100/100 TAPE 박리후 접착성
  - 3) T-BEND 가공성 (20°C): 180° 절곡후 도막상태, TAPE 박리,  
OT, 1T ... nT
  - 4) DU PONT 충격성: 1/2"X1KgX50Cm, TAPE 박리후 도막상태 확인
  - 5) COIN SCRATCH: 10원짜리 동전으로 도막을 긁어낸다음 도막의  
파괴 상태확인
  - 6) 2차밀착성: 비등수 1시간 침지, 상온 1시간 방지후 ERICHSEN,  
CROSS HATCH, DU PONT 충격성시험
  - 7) 저온가공성: 0°C, OT, 1T 후 TAPE 박리, 도막상태확인  
가전용 동절기가공성 평가
  - 8) 연신시험: 5% 연신후 도막상태 확인, 인장강도시험기
  - 9) 성능시험: CUP PRESS 상태확인
  - 10) ROLL 성형성: 성형기 ROLL 통과후 도막의 표면상태확인,  
PANEL 제작시의 문제점 평가
- 7-1-3 내구성및 내식성관련 시험항목
- 1) 염수분부시험: 전해질에 의한 전기화학적 부식에 대한  
도막열화, 5% NaCl, KS D 9502, JIS Z 2371,
  - 2) 내습성시험: 습윤분위기에서의 부착성열화, 49°C, 98% RH,  
ASTM D 714 의 그림4 로 평가, FS 141-6201,  
JAN-H-792

- 3) 내약품성: 도막에 접하는 환경에 대한 저항력, 도막자체의 평가법으로서 도료관련의 규격채용 내산(HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>COOH), 내알카리(NaOH), 내유, 내세제
- 4) 내오염성: 매직, 립스틱등의 오염후 닦아냄, 용도에 따라 오염물질 선택
- 5) 촉진내후성: 내후성의 촉진법, SUNSHINE WEATHER O METER 시험 ASTM E 42-57T, 변색 CHALKING, 광택보지율 이상과 같이 요구되는 시험항목을 전부 생산과정에서 시험할 수는 없기때문에 제조과정에서는 (1) 도막외관, (2) 색상, (3) 광택, (4) 경도, (5) MEK 분지름성, (6) T BEND 가공성, (7) 도막두께등만을 5분이내에 검사하고 계속 생산여부를 결정하게 된다.

#### 8. 맺음말

PCM의 최종 품질은 CCL에서 결정된다고 하겠다. 설계품질이 아무리 좋다고 하더라도 그것을 어떻게 사용 제조하여 완전한 제품으로 출하해서 최종 소비자가 만족할 수 있는 요구품질을 제공해야 하기 때문이다.

건축용 자재로서는 내구성을 향상시키고 디자인을 다양화 하고, 건축용 자재 이외의 용도에서는 가공성, 오염성, 방청성, 의장성 및 용접성등의 품질을 향상시켜 나가야 하겠다.

이와같은 목표를 달성하기 위해서는 PCM 관련 회사들 즉, 철강, 화성처리액, 도료, COATER, 보호필름, 판넬제작, 가전제품, 자동차 및 기타 산업기기사들간의 유기적인 협력관계가 무엇보다도 중요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) MINORU NISHIHARA, TOSHIAKI SHIOTA "PRECOAT 강판의 동향"  
방정관리 327~332 (1982. 9)
- 2) 泉美納男, 岡崎敏男 "PCM 용 도료의 과제와 그 전망"  
工業塗裝 104, 34~39 (1990)
- 3) NOBYUKI SUZUKI, "ASIAN COIL COATING MARKET" ECCA GENERAL  
MEETING--EDINBURGH-- 27-29 APRIL 1992.
- 4) 岡襄二, 岩倉英昭 "PRECOAT 강판제조에 따른 CHECK POINT"  
塗裝工學 19 [16], 237~246
- 5) ROBERT W. MOORMAN, FRANK D. GRAZIANO "EUROPEAN COIL COATINGS  
CHALLENGES OF THE NINETIES" ECCA GENERAL MEETING--MONTE  
CARLO--4 JUNE 1991.
- 6) 日本油脂 "COIL COATINGS IN JAPAN" ICI'S INTERNATIONAL  
MEETING IN 1988
- 7) POHANG IRON & STEEL CO. LTD. "GALVANIZED STEEL SHEETS"
- 8) 加藤良一, 외 4인 "착색 STAINLESS 강판에 대해서 日新製鋼技報  
제49호 107~114 (1983. 12)
- 9) 加藤康 "최근의 SILICONE 도료에 대해서" 증연화학공업(주)  
중앙연구소 기술 REPORT
- 10) SCHUMACK R.D. "SILICONE-BASED COATINGS FOR EXTERIOR LONG  
TERM WEATHERING" AM. PAINT J. 50 [1] 50 (AUG. 1965)
- 11) 藤井健一, 雅田淳 "불소수지 도료에 의한 PCM 의 도장"  
塗裝工學 21 [2] 29~37 (1986)
- 12) 岡襄二 "PRECOAT 강판의 특성과 그 동향" 塗裝技術 67~74  
(1982. 12)
- 13) ELLIS J. W. & J. I. MAURER "METAL PREPERATION FOR THE  
COIL COATING INDUSTRY" J. PAINT TECH. 39 [510] 460~463  
(JULY 1967)
- 14) 雅田淳 "PRECOAT METAL 에 대한 최근의 동향" 工業塗裝  
75~79 (1981)