

# 미국 도료공업의 동향

홍   진   후

한화그룹 종합연구소

# 차 례

1. 서 론
2. 미국 도료공업의 현황과 전망
  - 2.1 환경법규
  - 2.2 용도별 도료공업의 현황과 전망
    - 2.2.1 OEM 도료
      - (1) 자동차 도료
      - (2) 선박용 도료
      - (3) 항공 도료
    - 2.2.2 건축용 도료
    - 2.2.3 특수용 도료
  - 2.3 원료별 도료공업의 현황과 전망
    - 2.3.1 바 인 더
    - 2.3.2 용 제
    - 2.3.3 안 료
    - 2.3.4 기타 충전제 및 첨가제
3. 미국 도료공업의 동향
  - 3.1 도료공업계의 환경법안에 대한 반응
  - 3.2 고성능 도료 개발 동향
    - 3.2.1 불소수지 도료
    - 3.2.2 액정 및 액정고분자 관련 도료
  - 3.3 미국 도료산업계의 동향
4. 결 론
5. 참고문헌

# 미국 도료공업의 동향

홍진후

한화그룹 종합연구소

## 1. 서론

현재 미국의 도료공업은 거세게 일고있는 환경보호운동과 그에 따른 정부의 강력한 법규로 인하여 원료산업에서 코팅방법에 이르기 까지 급속히 변하고 있다. 즉 전반적인 도료산업은 서서히 증가하고 있는데 비하여 몇가지 대기오염을 줄일수 있는 코팅산업은 아주 빠른 속도로 성장하고 있다는 점이다. 도료공업이라하면 고분자 바인더를 비롯하여 유기용매, 가소제, 계면활성제, 안료, 충전제, 촉매, 가교제 등을 포함하는 산업을 뜻하는데, 이 보고서에서는 미국정부의 도료공업과 관련된 환경법안을 소개하고 그에 따른 코팅산업계의 대책 및 개발동향을 살펴보고자 한다.

## 2. 미국 도료공업의 현황과 전망<sup>1-4)</sup>

### 2.1 환경법규

도료공업과 관련된 법안으로는 작업자의 위생 및 안전, 방화방지, 공해방지 및 독성등에 관한 것이 있는데, 연방정부와 주정부 그리고 시 단위까지도 끊임없이 환경법안을 확장, 강화하고 있다. 이에 여러 법안이 있지만 가장 강력한 것으로서는 "The Clean Air Act(CAA) Amendments of 1990"이 있다. 1990년 11월에 공포된 이 개정법안은 미국내의 대기오염을 줄이기 위해 정해진 것으로서 코팅산업에만 국한되는 것은 아니고 미국내의 모든 산업에 연관되며, 대기오염, 오존층 파괴, 산성비, 자동차 배기가스 등에 관하여 규제하고 있는데 도료공업계는 이러한 법안으로 인하여 가장 크게 타격받는 분야들 중에 하나로 꼽히고 있다. 이 개정안은 CAA에 관한 것중 세번째 것인데 1970년에 처음 공포되었었고 1977년에 1차로 개정된 다음 이번이 두번째 개정이다.

최초 법안은 휘발성 용제(Volatile organic compound, VOC) 및 smog에 영향을 미치는 낮은 대기권 안에서의 대기오염에 중점을 둔 것임에 비하여 이번 개정안은 지구 상층권의 오존층파괴에 대하여 깊은 관심을 표명하면서 나타낸 것이다. 또 EPA의 도료공업에 대한 허가 과정에 대해서도 명확히 기술하고 있는데, 공장신설이나 공장설비 개조시에는 반드시 주정부로부터 조사를 받고 건축허가를 받도록 되어있다. 만약 주정부의 승인후에 공장가동시 발생하는 오염발산에 대해서는 주정부가 책임을 지고 연방정부에 대하여 벌금을 내게 되어 있다. 또 비록 허가를 1차로 받았다 할지라도 매 5년마다 재심사후 공장가동여부를 승인받기 때문에 기업체 스스로도 오염발산을 억제하려고 노력하고 있는 것이다.

미국 행정부 내의 “도료공업의 환경문제”와 관련된 부서와 그의 내용을 살펴보면, EPA를 비롯하여 보건사회부(Health and Human Services), 노동부(Department of Labor), 주택 및 도시 개발부(House and Urban Development : HUD) 등이 있는데, 보건사회부 산하 FDA(Food and Drug Administration)는 음식물과 접촉하는 코팅물질에 대한 규제로서 캔코팅, 장난감 코팅 그리고 가정용품 도구 코팅 등을 담당하고 있다. 또 노동부에서는 근로자의 안전 및 위생을 보장하며, 발암물질과 독성물질로 부터의 격리를 위하여 만들어진 법규가 있다. 한편, HUD에서는 지금은 사용하고 있지 않지만 20년전 까지도 사용한 납과 석면을 함유한 도료를 제거하는 것을 골자로 한 법안이 있다.

## 2.2 용도별 도료공업의 현황과 전망

도료의 용도별 시장동향을 보면 다음 <표 1>에서 보는 바와 같이 OEM 부분이 가장 빠른 속도로 성장하고 있다.

### 2.2.1 OEM 도료

OEM 도료란 Original Equipment Manufacture의 약어이며, OEM 도료의 코팅 시스템별 현황을 보면 <표 2>와 같다.

표 1. 용도별 시장 동향 및 전망

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장률(%)
OEM 코팅	3536	3930	2
건축용 도료	2986	3144	1
특수목적용 도료	772	777.4	0
기 타	2477	2436	< 1
총 계	9771	10287	1

표 2. OEM 제품의 코팅 시스템별 시장 동향

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장률(%)
92-100%비휘발성	194.4	213	2
High Solid Solvent-Based Water-Based	185 4.6	219 11	3 - 4 19
Low Solid Solvent-Based Water-Based	872 237	936 302	1 - 2 5
전 착 도료	81.2	73.4	- 2
분 체 도료	52	66.4	5
Radiation Cured	37.8	60	10
Extruded	952	1090	3
Hot Melts	670	709	1
Hot Bitumens	250	250	0
총 계	3536	3930	2

## (1) 자동차 도료

1991년 자동차용 도료는 6300만 갤론(약 16억 달러)의 양을 소비하였는데 매년 2%의 성장으로 1996년에는 6700만 갤론을 소비할 것으로 추정되는데 매년 인플레이션이 5% 정도가 될 것으로 가정하면 약 22억 달러 정도가 될 것으로 전망된다.

자동차용 도료공업의 주요 경향을 보면 다음과 같다. 1989년 Ford 자동차에 의해 이용하기 시작한 2-part urethane clearcoat는 VOC가 낮을 뿐만 아니라 도로의 염분, 산성비 및 조류의 배설물에 대하여 비교적 저항력이 있다고 보아 외부금속표면에 clearcoat로 널리 사용되고 있다. 또 현재까지 가장 널리 쓰이고 있는 solvent-based acryl계 하도는 대략 갤론당 3.1 lb의 용제를 방출하기 때문에 VOC를 줄이기 위하여 water-based acryl계 하도로 바뀌고 있다. 한편 PPG사는 기존의 solvent-based acryl계 clearcoat보다도 VOC 방출량은 약간 더 높더라도 작업자의 건강을 위해 새로운 2-part acrylic clearcoat를 개발하였고 점점 이용이 늘고 있다.

자동차용 코팅에 이용되는 분체도장은 조립공장이 아닌 부품공장에서 주로 이용되는데 VOC 규제로 수요가 계속 증가하고 있으며, 향후 5년간 연 15% 정도로 증가할 것으로 예상된다. 당분간은 분체도료가 자동차의 외부금속부품용 clearcoat에 사용되는 것은 어렵겠지만, 먼 장래에는 파고들 가능성도 있다. 또 자동차 부품에 thermoplastic의 사용이 늘고 있기 때문에 water-based acryl계와 urethane aqueous dispersion primer가 더욱 널리 이용될 예정이다.

현재 각사에서는 자동차도료의 clearcoat로서 도로의 염분, 산성비 및 조류의 배설물 등에 강한 소위 etch-resistant coating(ERC) 개발에 힘을 쓰고 있다. 예를 들어 Akzo사는 ERC도료를 개발하여 현재 제품평가중인데, 불소고분자 만큼이나 내후성이 좋다고 한다.

## (2) 선박용 도료

선박도료는 1991년 930만 gallon을 생산하였으며, 1996년에도 거의 같은 양이 될 것으로 예상된다. 선박도료에서는 high solid 뿐만아니라 high performance를 지향하고있다. 더욱이 급격히 상승하고 있는 원료비(예 zinc)와 정부의 규제(tin 화합물과 coal tar에 대한 규

제)로 인하여 선박도료의 formulation은 더 복잡해지고 있다. Chlorinated rubber와 coal tar-epoxy는 용제와 carcinogen 문제로 각각 줄어들고 있다.

가장 급격한 변화는 배의 밑바닥에 붙는 만각류를 살상하기 위하여 사용되는 tin계 antifoulant-type 코팅이 정부의 규제로 기존의 cuprous oxide계로 돌아가고 있다는 사실이며, 이와 아울러 새로운 도료개발에 열중하고 있다.

### (3) 항공도료

1991년에 천백억 lb의 매출량을 생산한 미국 항공도료는 1996년까지는 연 2%의 성장이 기대된다. SB계 2-component aliphatic계인 PU finish가 가장 많이 사용되고 있으며, 역시 SB계 2-component epoxy finish가 그 뒤를 쫓고 있다. 현재 듀폰사의 water-reduced epoxy 코팅이 군사용 항공기에 시험적으로 이용되고 있으며, 결과에 따라 SB계를 흡수할 수 있을 것으로 보인다.

항공도료 분야는 VOC 규제가 특별히 까다로운 캘리포니아를 제외한 전 지역에서 당분간은 lower solid 코팅이 주가 될 것으로 예상된다.

### 2.2.2 건축용 도료

1991년에 5억 천오백 gallon의 매출량을 기록한 건축도료는 1996년에도 5억 5천 gallon 정도가 될 것으로 추측된다.

내부용 WB 도료를 보면 Latex가 시장을 압도하고 있는데 정부 규제 뿐만 아니라 소비자들의 선호로 인하여 아래 <표 3>에서 보는 바와 같이 SB계에서 WB계로 옮겨가고 있다. 외부용 도료에서도 강도는 덜하지만 경향은 마찬가지이다.

건축용 도료의 재료를 살펴보면 아래 <표 4>에 나타난 바와 같이 대략 14가지 정도의 수지가 사용되고 있는데 내부 및 외부용으로 쓰이는 WB계 Vinyl-acrylic이 단연 수위를 차지하고 있다. 이와 같은 경향은 지금까지는 EPA의 압력을 주로 OEM 도료가 도맡아 받고 있었으나 이제는 캘리포니아 뿐만 아니라 텍사스, 뉴욕, 뉴저지, 미시간, 콜로라도 및 메릴랜드

표 3. 총 건축용 도료의 소비량

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장률(%)
Interior			
Water-Based	1106	1257	2 - 3
Solvent-Based	317	254	- 4
Exterior			
Water-Based	734	799	1 - 2
Solvent-Based	393	378	- 1
Lacquers	18.8	18.8	0
Driveway 도료	162	169	1
아스팔트 코팅	255	268	1
총 계	2986	3244	1

주들 까지도 합세하여 환경법을 강화시킴에 따라 건축용 도료까지도 압박을 받고 있기 때문이다. 특히 납, 수은 등 위험물질의 건축용 도료 이용은 철저히 규제되고 있다.

### 2.2.3 특수용 도료

특수목적용 코팅에는 공장 내외부의 부식을 방지하기 위하여 사용하는 industrial maintenance 코팅, 자동차보수용 refinish 도료, 도로표지용 도료 등이 있다.

Industrial maintenance 코팅은 특성상 시장동향에 큰 변화를 기대하기는 힘들지만, SB 계가 줄어들고 환경적으로 안전한 방법이 늘고 있다. PUR 및 acrylic WB가 늘고있고, silicone alkyd 및 PVC는 줄고 있다. 아래 <표 5>에 소비량을 나타냈다.





표 5. Industrial Maintenance 도료 소비량

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장율(%)
Solvent Based	313	340	2
Alkyd	79	75	- 1
Epoxy	58	40	3
Zinc-Based Inorganic Epoxy	65 16.2	75 18.8	3 3
Coal-tar-Epoxy	42	44	1
Polyurethane	15.6	23	8
Silicone	4	4	0
Silicone-Alkyd	13	12.4	- 1
PVC	4.4	4.2	- 1
Chlorinated Rubber	4.4	4.2	- 1
기 타	11.9	12.5	1
Water Based	54	67	4
Acrylic	36	46	5
Epoxy	10.2	11.8	3
기 타	7.5	9.6	5
총 계	367	407	2

자동차용 refinish 도료는 보다 효율적인 spray gun 개발과 자동차 사고율 격감 등의 이유로 수요가 줄고 있다. Acrylic lacquer 및 nitrocellulose계 undercoat 계통이 줄고 acrylic WB, PUB WB 등이 늘고 있다. 전체 소비량은 아래 <표 6>과 같다.

도로표지용 도료에서는 Alkyd/Chlorinated Rubber, Alkyd 등이 줄고 Acrylic WB, Epoxy 가 늘고 있다. 아래 <표 7>에 소비량을 소개한다. 가장 두드러진 변화는 SB 도료에서 hot-melt 열가소성 도료로 바뀌고 있다는 점이다. 특히 열가소성계 도료는 지금까지 이용되던 도료의 경우 glass bead가 헤어져나오는 단점을 보완할수 있을 뿐아니라 건조시간도 짧기 때문에 아주 유리한 장점을 가지고 있다. 도로용 도료에서는 흰색으로 TiO<sub>2</sub>, 황색으로 medium lead chromate계 안료를 주로 사용하고 있는데 이들이 헤어져 나와 토양이나 물속으로 침투하게 되어 환경적으로 문제가 되고 있다. Cookson사는 최근 heat-stabilization 및 encapsulation을 통하여 오염을 줄일수 있는 방법을 개발하였다. 이 안료는 적어도 50%의 납을 함유하면서도 resin으로 도포되어 안전하게 이용할 수 있다는 것이다.

그러나, hot melt 열가소성 도료는 SB계 도로표지용 도료시장을 침범하고 있지만, 고체 상태로 공급되기 때문에 약 204°C 에서 녹여야 하는데 이로 인하여 겨울철에는 사용하기 어려운 단점도 있다.

표 6. 자동차 Refinish용 도료 소비량

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장율(%)
TopCoat	48.3	47.9	- 1
Basecoat	3.8	4	1
Clearcoat	17.6	17.2	- 1
Single Stage	(26.9)	(26.7)	(- 1)
Undercoat	22.7	22.3	- 1
Activators, Flex	13.2	12.8	- 1
총 계	84.2	83	- 1

표 7. 도로표지용 도료 소비량

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장율(%)
SB Alkyd	132	66	- 13
SB Alkyd/Chlorosulfonated PE	100	56	- 11
SB Alkyd/Chlorinated Rubber	12	-	- 100
WB-acrylics	27	112	33
Epoxy, 2-part, 100% solids	2.6	4.2	10
Unsaturated Polyester, 100% solids	4.6	5.1	2
WB-Vinyl acetate-Acrylic Copolymer	7.2	9.2	5
총 계	285	253	- 2
Alkyd 및 Hydrocarbon 계 열가소성 수지	93.5	151	10

## 2.3 원료별 도료공업의 현황과 전망

### 2.3.1 바인더

주요 고분자 및 비고분자계 바인더의 사용량은 다음 <표 8>과 같다.

알키드 수지는 아직 SB계가 압도적이지만(80-90%), WB계가 계속 성장중이다. 아미노 수지는 자동차용 도료로 가장 많이 쓰이고 있다. PU 수지에서는 파이프 코팅이 가장 빠르게 성장하고 있고, 산업용 코팅에서도 알키드를 밀어내고 있으며, radiation curing에서는 아크릴을 end group으로 하고 우레탄을 backbone으로하는 코팅이 성장하고 있다. 에폭시 수지의 사용량은 비록 서서히 증가하고 있지만, 분체도료와 도로표지용 도료에서는 빠르게 성장하고 있다. 아크릴 수지에서는 radiation curing과 분체도료에서 수요가 신속히 증가하고 있다.

표 8. 주요 바인더의 사용량

Resin	1991
Alkyd	630 MM lb
Polyester	296 MM lb
Amino Resin	87 MM lb
Polyurethanes	300 MM lb
Epoxy Resins	327 MM lb
Acrylic	490 MM lb
Vinylacetate	425 MM lb
PVC	231 MM lb
PVDC	35 MM lb
Polyolefin	1.6 billion lb
Polyimides	4.8 MM lb
Silicones	36 M lb
Fatty Oils & Acids	390 MM lb
Nylon	4 MM lb
PVDF	2 MM lb

Vinylacetate는 건축용도료로 많이 쓰이는데 매년 2%가 증가하고 있다. PVDC는 latex와 solution 코팅으로 쓰이고 있는데 moisture-barrier 코팅으로 쓰이고 있다. PVDC는 barrier 수지인 ethylene- vinyl alcohol 수지의 도전을 받고 있으며, 분해성이 좋지않아 환경적으로 문제가 되므로 사용량이 감소될 것으로 예상된다.

위 표에서 폴리올레핀의 무게가 상대적으로 많은 것은 extrusion으로 사용되고 있기 때문이다. 폴리이미드는 주로 electronics와 heat resistance 분야에서 이용되는데 아주 비싼 microelectronic 코팅이 비록 양은 작지만 전체 가격의 30%를 차지하고 있다. 실리콘수지에

서도 비록 양은 작으나 아주 비싼 가격으로 팔리고 있다. 방수성과 release성이 우수한 fluid 코팅과 roof코팅으로 이용되는 elastomeric 코팅이 지금까지 강세였으나 현재는 전자 부품용 코팅 쪽에서 급격히 성장하고 있다. Fatty Oil과 Acid에서는 soybean, linseed 및 tall oil이 아직도 선전하고 있으며, coconut, castor, fish 및 tung oil등은 수입에 의존하고 있다.

### 2.3.2 용제

코팅에 이용되는 용제로서는 SB계와 WB계의 용제와 신너 또는 희석제로서 사용되고 있는데 1991년에 49억 lb(13억 달러)가 사용되었고, 1996년에는 약 48억 lb(15억 달러)가 될 것으로 예상된다. 비록 WB계에서 coalescence 또는 cosolvent로 쓰이는 용제의 양이 증가하고 있지만 극히 소량이며, SB계의 용제양이 감소하고 있기 때문에 전체 양은 매년 1%씩 감소할 것으로 예상된다.

### 2.3.3 안료

안료 사용량은 1991년에 14억 lb에서 1996년에 약 15억 lb로 연 1%정도 증가할 전망이다. TiO<sub>2</sub>가 전체의 70%를 차지하고 있으며 매년 2%씩 증가하고 있는 추세이다. Black 안료에서는 furnace black이 수위를 차지하고 있으며, 천연 iron oxide는 더이상 페인트 안료로서 사용되지 않을 것으로 예상된다. 무기착색안료는 더이상 증가하지 않을 것이며, 유기착색안료가 비록 고가이지만 매년 3%씩 증가할 전망이다. 방청도료에서는 환경문제로 인하여 chromates, 납 및 중금속 등을 함유한 방청안료가 감소하였고, 이미 보다 안전한 안료가 개발되었다. Metallic 안료로서는 알루미늄 paste, zinc duct, bronze, copper 및 stainless steel이 있는데, 아직도 알루미늄과 zinc duct가 압도적이다.

### 2.3.4 기타 충전제 및 첨가제

코팅의 opacity나 hiding을 높여주는 충전제 등은 큰 변화가 없으나, WB 페인트의 방부제로 쓰이는 mercurial 및 선박 바닥 코팅용 antifoulant 도료로 쓰이는 tin계 biocides는

EPA의 규제에 수요가 줄어들고 있다.

### 3. 미국 도료공업의 동향

#### 3.1 도료공업계의 환경법안에 대한 반응

환경에 대한 자세한 내용은 본 심포지움의 환경보호와 관련한 도료와 도장기술편에 있으므로 여기에서는 간단히 최신기술동향만 소개하기로 하겠다.

미국 코팅산업계는 연방정부, 주정부 및 시정부의 환경시책에 순응하기위하여 환경적으로 안전한 페인트 및 코팅을 양산하려는 노력이 대단하고, 실제로 중요한 발전을 거듭하고 있다. 이와같은 노력은 새로운 도료개발, 도장기술개발 및 발산된 대기오염을 포착할 수 있는 기술개발 등으로 요약된다.

가장 쉽게 접근할 수 있는 방법으로는 high solid coating 방식이다. 그러나, low solid coating에서 high solid coating으로 전환하려면 더 높은 마력의 펌프와 내마모성 파이프 시스템 그리고 새로운 spray 노즐 등이 필요하다.

두번째 접근방법으로는 water-based coating 방식이다. 이 방법 또한 solvent-based에서 water-based로 가기 위해서는 장비개조가 필요한데, 물을 사용하기 때문에 방청파이프와 펌프가 요구된다.

한편 emission이 없는 분체도료 방법은 대기오염을 줄일수 있을 뿐만아니라 작업면적, 비용, 청결도, 안전도, 작업자 만족도 및 도료의 질적인 면에서 아주 유리한 방식이다. 문제점으로는 설치비가 비싸고, 재질에 제한을 받고 있다는 점이다. 비록 문헌상에는 플라스틱 및 목재 재질에 대한 powder coating이 거론되지만, 플라스틱 자동차 부품에 몇가지 분체도료가 사용되고 있으나 그 밖의 분야에서 실제로 사용되고 있는 예는 아직은 매우 드문 실정인데 앞으로 4-5년 내에는 자동차용 분체도료 clearcoat이 출현할 것으로 전망되고 있다.

네번째로는 radiation-cured coating 방법이 있는데, 100% 고체상태 방식이기 때문에 대기오염은 문제되지 않으나 장치비가 비싸다는 결점이 있다. 이 방식은 많은 양을 신속하게 도장할 수 있으며, 코팅 질도 우수하다. 그러나, 3차원적 재질을 코팅할 때 어느 한 부분이

radiation으로부터 가려지기 때문에 curing이 안되는 부분이 발생할 수 있다는 점이 문제가 된다. 현재 curing lamp를 다각적으로 배치하거나 제품을 회전시키고, 또 분체도장 방식을 응용하여 문제를 해결해 나가고 있다. 아울러 WB계로의 전환연구가 한창이다.

다음으로 전착도장(electrodeposition) 방식이 있는데, water-based이기 때문에 오염문제가 없고 폐기물도 발생되지 않는다. 그러나 특수한 탱크가 필요하기 때문에 장치비가 비싸다는 단점이 있으며, 플라스틱 부품의 사용이 늘어남에 따라 앞으로는 소비가 감소될 것으로 예상된다.

다음은 1989년 Union Carbide사가 개발한 Unicarb라는 도료도장방식인데 아이디어에 있어서 가장 획기적인 것으로 평가된다.<sup>5)</sup> 이 도장방식의 원리는 CO<sub>2</sub>를 역화가스로 사용하여 기존의 유기용제의 역할을 담당시킴으로써 VOC를 80%까지 줄이는 것이다. 이 시스템에서는 88°F, 1070 psi의 조건하에서 CO<sub>2</sub>가 초임계유체(supercritical carrier)의 역할을 하게 된다. 이 유체는 점도가 낮기 때문에 혼합시 확산이 빠르고 종래의 용제보다 빠르고 균일하게 혼합할 수 있는 장점이 있다. 그 밖의 특징을 보면 열경화성 또는 열가소성수지 모두 이용이 가능하고 모든 재질에 사용가능하다는 것이다. 이 도장방식의 응용분야로서는 가구용 nitrocellulose, 자동차용 alkyd, 플라스틱재질용 acrylic, 그리고 alkyd-urea 코팅 등을 들 수 있다. 지금까지의 결과로는 기대만큼 호평받고 있지는 못하지만 유사한 시스템으로서 더 효과적인 방법이 개발되면 시장을 석권할 수도 있을 것으로 생각된다. 현재는 Cardox, Airco 및 Liquid Carbonic사 등에 의해 CO<sub>2</sub>가 공급되고 있는데 Union Carbide사는 1996년까지는 적어도 수백개의 도장라인에 이 기술이 응용되리라고 낙관하고 있다.

마지막으로 VOC는 흡착, 여과 및 소각과 같은 오염조절 장비를 이용하여 줄이는 것이 가능하다.

### 3.2 고성능 도료 개발 동향

#### 3.2.1 불소수지 도료

PTFE, PVF, PVDF 및 PEVE 등 불소소지(fluoropolymer)는 내열성, 내약품성, 내오염성 및 그밖의 여러가지 우수한 표면특성 때문에 코팅물질로서 각광을 받아 왔다.



최근 불소수지의 메카라고 할 수 있는 듀폰사에서는 종래의 테프론보다 광학적 투명성, 열 및 전기적 성질이 훨씬 우수한 차세대 Teflon을 개발하였다.<sup>6)</sup> 이 도료는 반도체 코팅, PCB, 렌즈, optical fiber, 그밖에도 의료, 군사 및 우주과학 분야의 optical device로 응용할 수 있는데, 가격은 기존의 테프론의 무려 100배에 이른다. 이 수지는 테프론이 탄생한 지 50년이 지나도록 깨닫지 못했던 특이한 물성, 즉 좁은 strain 범위에서 negative Poisson ratio를 갖기도 하는 종래의 고정관념을 무너뜨리는 희한한 물성을 가지고 있다. 또한 온도에 따라 crystal structure가 변화하는 물질이기 때문에 barrier coating으로서, 또는 piezoelectric 센서물질로서 더욱 흥미로운 코팅소재가 될 수 있는 것이다.

한편 불소수지는 너무 유연하여 외부로부터 상처를 받기쉬운 단점이 있는데, 불소수지에 Si-O계 무기고분자를 멜라민 이소시아네이트로 가교결합시켜 표면경도를 높여준 도료가 개발되었다.<sup>7)</sup> 이 도료는 hardness가 증가하면서도 brittle해지지 않는, 불소수지와 Si-O계 고분자의 장점을 모두 지닌 수지이다.

앞으로 기대되는 분야는 착색도료와 상온경화도료로 현재 많은 연구, 개발이 진행중이다.

### 3.2.2 액정 및 액정고분자 관련 도료

액정 및 액정고분자는 다른 분야에서는 1970년대부터 널리 쓰여져 왔으나, 코팅분야에는 그다지 응용되지 않았었다. 최근에는 액정물질이 지니는 우수한 유변학적 성질을 응용해서 solvent를 현저히 줄이거나, solvent없이도 도장 가능한 도료가 개발중이다.<sup>8-12)</sup> 이러한 연구는 미국 NSF 코팅연구소, 엑손 및 베텔연구소 등에서 진행중이다.

더우기 무기고분자를 복합시킨 불소수지도료의 경우처럼 brittle하지 않고서도 경도를 높일수 있으므로 코팅바인더의 획기적인 Hardening- Toughening 개념으로서 평가되고 있다. 이 개념은 최근에 발표된 molecular cooperative motion이 가교결합물의 glass 상태 toughness를 증가시킨다는 이론과도 일맥 상통한다.<sup>13)</sup>

LC 코팅이 기존의 도료물질보다 우수한 물성으로는 toughness 증가와 barrier property 향상을 꼽을 수 있고, 환경적으로도 안전한 코팅방법이라는 장점이 있다. 예를들어 PU코팅

은 abrasion resistance와 toughness가 우수한 것으로 알려져 있다. 하지만 유기용제나 물에 대한 barrier property를 올리려면 가교도를 높여야 한다. 그러나 가교도가 높아지면 flexibility가 떨어져서 코팅이 brittle해지게 된다. 이런 경우에도 LC 코팅을 이용하면 기존 도료의 장점을 살리면서도 문제를 해결할 수 있는 것이다.

### 3.3 미국 도료산업계의 동향

High solid, water-based, 전착도료, 분체도료 및 radiation curable coating을 포함하는 환경적으로 안전한 코팅방식에 쓰이는 비건축용 도료의 양은 1991년에 약 100억 lb(약 350억 달러)였으며, 1996년까지는 매출량이 약 240억 lb로 증가될 전망이다. 도료업에서는 현재 대략 4-5%의 이윤을 얻고 있는데 1991년에는 매출액의 약 1.7%에 해당하는 6억 달러를 광고비로 지출하였다. 한편, 개발 및 연구비로는 매출액의 1-3% 정도를 투자한 것으로 나타났다. 약 35개의 코팅회사가 전체 비즈니스의 70%를 점유하였는데 Sherwin-Williams와 PPG가 전체의 22%인 약 30억 달러의 매출액을 차지하였다.

근래에 미국 도료업계에는 매수가 늘고 있는데, ICI, Valspar, Sherwin-Williams, Akzo, PPG, Morton, RPM 및 Courtaulds사가 각각 Glidden, Desoto, Reliance Universal, Clorox, Whitaker, Koppers 및 Porter Paint사를 매수하였다. 이로 인하여 몇몇 코팅 대기업이 더욱 큰 역할을 담당하게 되었다. 통계를 보면 건축용 도료를 생산하는 코팅회사는 광고비에, 비건축용 도료 생산업체는 연구 및 개발비에 더 많은 투자를 한 것으로 나타났다. 대기업에서는 신기술 개발에 박차를 가하고 있는데, 20년 전만 해도 기존 코팅산업계에서 크게 주목받지 못했던 환경적으로 안전한 도료방식이 현재는 전체 매출액의 43%나 차지하고 있는 것만 보아도 그 이유를 알 수 있는 것이다.

코팅산업계의 경향은 다른 업종에서도 그러하듯이 대기업에서는 기초 및 응용연구 까지 하고 있는데 비하여 중소기업에서는 제품 개발 및 formulation 향상에 연구를 집중하고 있는 실정이다. 회사별로 보면 Sherwin-Williams사가 매출액 수위를 점하고 있는데 주로 건축용 도료를 생산하고 있다. PPG사는 Sherwin-Williams와 더불어 매출액 10억 달러 이상을 올리고 있는 회사인데 주로 OEM제품 도료를 생산하고 있다. Glidden을 건축용 대 비건축용

도료를 2:1 정도로 생산하고 있다. Du Pont사는 80% 이상의 이익을 자동차 관련 코팅에 의해서 얻고 있다. Valspar는 컨테이너 코팅 및 분체도료를 하고 있고, BASF는 90% 이상의 이익을 자동차 코팅과 관련하여 이루고 있다.

끝으로 코팅시스템별 전체도료의 소비량 및 전망을 <표 9>에 나타내었다. 이미 성장한 분야와 성장할 것으로 기대되는 분야, 그리고 이미 퇴보한 분야와 감소할 것으로 예상되는 분야를 비교하여 보면 다음과 같다.

○ 이미 성장한 분야 :

- 환경적으로 안전한 HS, WB, PC, RC 코팅
- 자동차 플라스틱 부품에 대한 코팅
- WB 알키드 및 아크릴릭 코팅의 육상운송분야
- 가정용품(Appliance)의 분체도료
- WB 알키드의 드럼 및 양동이통용
- 에폭시 코팅의 마그네틱 와이어 에나멜 도장
- 우레탄계 tar 파이프 코팅
- 플라스틱 재질에 대한 WB 아크릴릭 코팅
- 도로표지용 에폭시 및 WB 아크릴릭 코팅
- Fiber Optics용 코팅
- 헤드라이트 렌즈용 우레탄 아크릴 UV 코팅
- WB 아크릴 및 폴리우레탄 하도의 자동차용 refinish

○ 성장이 기대되는 분야 :

- 자동차용 2-part NCT(New crosslinking coating technology) clearcoat
- 자동차용 polyester-IPDI 및 polyester-TGIC 분체도료
- 금속가구용 polyester-IPDI 및 epoxy-polyester hybrid 분체도료
- Microelectronic 및 dielectric 코팅
- Liquid carbon dioxide로 희석시킨 UCB법 같은 새로운 환경적으로 안전한 코팅방법

○ 이미 퇴보한 분야 :

- 자동차용 SB 아크릴릭 하도
- SB appliance 코팅

금속가구에 쓰이는 SB 알키드 코팅  
 SB 에폭시 절연 바니쉬  
 파이프 코팅용 폴리올레핀 압출 도료  
 헤드라이트 렌즈용 SB 실리콘 코팅  
 도료표지용 SB 알키드

○ 감소가 예상되는 분야 :

선박용 chlorinated rubber 및 코올타르 에폭시 코팅  
 코일 코팅에서의 실리콘-polyester 코팅  
 코일 코팅에서의 Zincromet 에폭시 코팅  
 마그네틱 레코딩용 에폭시 및 페놀계 바인더  
 전착 도료

표 9. 코팅시스템별 전체 도료 소비동향

	1991 (MM lb)	1996 (MM lb)	년평균성장률(%)
95-100%비휘발성	224	248	2
High Solid			
Solvent-Based	630	564	- 2
Water-Based	39	132	28
Low Solid			
Solvent-Based	3717	3674	0
Water-Based	2878	3237	2 - 3
전 착 도 료	81.2	73.4	- 2
분 체 도 료	172	248	8
Radiation Cured	39	62	9
Extruded	952	1090	3
Hot Melts	670	709	1
Hot Bitumens	250	250	0
총 계	9652	10287	1

#### 4. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 미국 공업용도료는 주로 환경법규에 영향을 받고 있으나 그와 병행하여 환경에는 관계없이 물성을 높이는 연구가 군사분야나 National Lab에서는 아직도 끊임없이 진행되고 있다.

미국 코팅산업 분야의 장래는 활발한 산·학·연 협동연구와 엄청난 국책연구비 덕택에 머지않아 환경적으로 안전하면서도 물성이 우수한 도료를 개발, 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 미국코팅연구협회 Annual Report, 1992
- 2) M.Murphy, Metal Finishing, Feb., 55, 1993
- 3) M.S.Reisch, C & EN, 29, Oct., 14, 1991
- 4) J.Schrantz, Industrial Finishing, Vol.67, No.7, 18, 1991
- 5) Am. Machinist, Vo.133, No.9, 23, 1989
- 6) Des. News, Vol.45, No.16, 22, 1989
- 7) Nikkei New Materials, 1905, 24, 1991
- 8) C.E.Hoyle, D.Kang, T.Watanabe, Proc. Conf. Radiation Curing Asia, Tokyo, 169, 1993
- 9) T. Watanebe, C.E.Hoyle, J.Whitehend, ibid, 486, 1993
- 10) M.Audo, T.Uryo, ibid, 507, 1988
- 11) P.J.Shannon, Macromolecules, 17, 1873, 1984
- 12) D.J.Broer, H.Finkelmann, K.Koudo, Makromol. Chem., 189, 185, 1988
- 13) J.Y.Jho, A.F.Yee, Macromolecules, 1905, 24, 1991

