

아크릴우레탄 폴리머의 합성과 대전방지특성

홍경호 · 정노희[†]

충북대학교 공과대학 공업화학과
(2009년 1월 4일 접수 ; 2009년 3월 20일 채택)

Synthesis and Antistatic Property of Acryl Urethane Polymer

Kyung-Ho Hong · Noh-Hee Jeong[†]

Department of Industrial Engineer Chemistry, College of Engineering,
Chungbuk National University Cheong-ju, Chungbuk 361-763, Korea
(Received January 4, 2009 ; Accepted March 20, 2009)

Abstract : Antistatic acrylic resin is made from n-butyl methacrylate, methyl methacrylate, dimethyl amino ethyl methacrylate(DMAEMA), 2-ethyl hexyl methacrylate, hydroxy ethyl methacrylate, 2,2'-azobis iso-butyronitrile by synthesis. To achieve a lowest surface resistance of antistatic acrylic resin was applied to a variety of synthesis processes. The acrylic resin has been determined from the value of surface resistance and then the antistatic acrylic resin including dimethyl amino ethyl methacrylate of the 10%, 20% and 30% is synthesized. Finally, dimethyl sulfate(DMS) on a variety of weight ratios is added to antistatic acrylic resin. When DMAEMA / DMS weight ratio is 1/1, antistatic acrylic resin isn't haze the lower the surface resistance. Compared to the traditional antistatic agent, all aspects of the physical properties is outstanding.

Keywords : antistatic property, acrylic resin, surface resistance, synthesis, polymer

1. 서 론

페인트 분야에 있어서 바인더로서 아크릴수지는 아크릴산, 메타크릴산 에스테르를 주성분으로 하는 모노머를 공중합시켜 얻어지는 수지를 말한다. 아크릴계수지 도료는 내후성, 내오염성, 내식성 등이 우수하여 자동차, 가정용 전자제품, 제관류, 알루미늄새시, 건축용, PCM, 가구 그리고 플라스틱 등 도료의 바인더로 광범위하게 사용되고 있다. 아크릴 수지가 도료에

응용된 것은 1930년경이지만 고가이기 때문에 특수한 용도로 이용되었으나, 2차 세계대전 이후 아크릴산에스테르 및 메타크릴산 에스테르가 저가로 공급되어 도료방면에 이용도 급격히 확대되었다[1, 2]. 국내에서는 1960년대 말 이후 열가소성 아크릴수지, 열경화성 아크릴수지가 실용화되었다. 자동차 내장재 및 전자재료 등에 사용되는 아크릴 도료에 정전기는 작동오류, 외관불량, 설비고장 등 많은 문제를 야기한다. 이러한, 정전기 장애를 극복하는 방안은 여러 가지가 제안되고 있는데 계면활성제를 이용하는 방법이 가장 경제적이면서도 유용한 방법으로 되어 있다[3]. 대전방지제는 사용법에 따라 외

[†]교신저자 (e-mail : nhjeong@cnu.ac.kr)

부용 대전방지제와 내부용 대전방지제로 분류되며, 외부용 대전방지제는 침적, 도포, 스프레이, 전착 등의 방법으로 외부로부터 플라스틱 성형품 혹은 필름에 부착시켜 사용되며 거의 수용성 계면활성제이다. 내부용 대전방지제는 플라스틱의 내부에 제조가공 공정에서 넣어 사용되는데 대전방지제가 플라스틱의 표면뿐만 아니라 내부에 존재하므로 세정과 마찰에 의하여 표면의 대전방지제가 제거되어 효과를 잃는 경우에도 내부의 대전방지제가 표면으로 이동하여 효과를 복원시켜 줌으로서 영구적인 효과를 얻을 수 있다는 장점이 있다[4,5].

국내 대전방지제 개발은 주로 첨가형 대전방지제로 계면활성제와 금속 산화물 위주로 개발되고 있다. 주로 하우스, 카세트, 전기제품의 기계적 부품 및 안전화, 컨베이어 벨트, 화학용제용 호스뿐 아니라 통합회로 포장재류, 보관창고, 비디오 또는 오디오의 마그네틱테이프에 응용되고 있다[6].

국외에서는 주로 대전방지형 섬유 소재, 전파에 의한 잡음 방지형 통신 케이블, 의료기, 정밀부품 생산업에서 클린룸 등에 주로 응용된다. 전기적 성질은 4급 암모늄화합물, 에폭시화아민, 황산화 지방산 등을 이용하여 대전 방지 효과를 부여하고 있다[7, 8].

저분자형 대전방지제가 표면에 브리드 아웃(bleed out)하여 효과를 발휘하는데 비하여 고분자형 대전방지제는 성형 시 수지 중에 분산

고정화되어 효과를 발휘하며 전하를 포착 후 내부에서 이동시켜 정전기 발생을 억제한다.

성형 직후부터 효과를 발휘하고 브리드 아웃이 없어 접촉물을 오염시키지 않고 세척하더라도 효과가 소실되지 않는다. 그리고 플라스틱의 물성 변화가 적어 표면 특성을 저하시키지 않고 수지 분산성이 우수하여 적용 수지 범위가 넓다[9, 10].

본 연구에서는 저분자형 대전방지제의 문제점들을 극복하기 위하여 아크릴 폴리올 수지를 합성할 때 아민관능기를 갖고 있는 아크릴레이트 모노머를 사용하여 고분자형 아크릴 대전방지제를 합성하였다. 합성된 아크릴 폴리올 수지를 디메틸 황산으로 암모늄염화시켜 아크릴 수지 자체에 전도성을 부여하였고, 최종적으로 대전방지용 아크릴수지에 우레탄 폴리올을 반응시켜 영구적인 섬유용 우레탄 대전방지코팅제를 개발하였다[11, 12].

2. 실험방법

2.1. 재료

Tabel 1과 같이 경질모노머와 연질모노머를 사용하여 아크릴수지를 합성하였다. 대전방지 효과를 주기 위하여 디메틸황산과 암모늄염화시킬 수 있도록 -N관능기를 갖고 있는

Table 1. Monomer used for Acryl Urethane Synthesis

Type of Monomer		T _g (°C)	Grade	SP value	M _w	Manufacture
Hard Type	Styrene	100	2	9.35	104	Daelim(Korea)
	MMA	105	2	9.23	100	LG(Korea)
	n-BMA	20	2	8.25	142	Mitsubish Rayon Co.(Japan)
	t-BMA	107	2	8.05	142	Mitsubish Rayon Co.(Japan)
Soft Type	EA	-24	2	8.81	100	LG(Korea)
	n-BA	-54	2	8.63	128	LG(Korea)
	i-BA	-22	2	8.50	128	Mitsubish Rayon Co.(Japan)
	2-EHA	-85	2	7.87	184	LG(Korea)
-OH	HEMA	55	2	9.9	130	Mitsubish Rayon Co.(Japan)
-COOH	AA	106	2	12.89	72	LG(Korea)
Amine	DMAEMA ¹⁾	19	2	10.60	177	Mitsubish Rayon Co.(Japan)

Table 2. Initiator used for Acryl Urethane

Chemical Name	Half-life		Activated Energy	Manufacture
Benzoic-Peroxide(BPO)	74°C	10.0	31.1kcal/mol	한솔화학(주)
Azo bis-isobutyronitrile (AIBN)	32°C	10.0	34kcal/mol	Japan Hydrazine Co. (Japan)

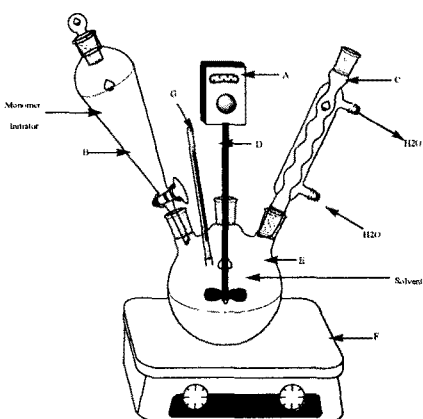
DMAEMA 모노머를 사용하였고, 이소시아네이트와 우레탄반응을 할 수 있도록 -OH관능기를 갖고 있는 HEMA(Hydroxy ethyl metacrylate)를 사용하였다.

T_g 도 아크릴수지의 설계상 중요한 요소 중 하나이다. 여기서 합성된 아크릴 수지의 T_g 는 Table 1에 제시한 모노머의 함량 조절로 만들어졌다.

수율을 높이기 위해서는 반응온도에 맞는 중합개시제를 사용하여야 한다. 아크릴 합성용제로는 EA와 Toluene을 사용하였고 저온개시제는 AIBN을 사용하였다.

2.2. 실험 장치

Figure 1과 같이 1L용량의 둥근바닥 3구 플라스크 반응용기 중에 용매를 넣고 분액깔대기를 사용해서 모노머와 촉매를 서서히 투입하는 부분투입법을 이용하여 합성하였다.



- A : Motor, B : Dropping funnel,
C : Condenser, D : Shaft
E : 1L Flask F : Hot plate,
G : Thermometer

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

2.3. 합성 실험

2.3.1. Base용 아크릴수지 합성

대전방지제용 아크릴 수지의 합성은 Base용 아크릴수지중합과 암모늄염화중합으로 구분하였다. 먼저, Figure 1과 같이 구성한 1L의 3구 플라스크에 용매로서 Toluene 200 ml와 EA(Ethyl Acetate) 50g를 넣은 후, 별도의 모노머 혼합용액을 제조하였는데, 그 조성은 Table 3의 모노머 조성에 2배량과 AIBN 1g를 용해시켜 분액깔때기에 보관하였다. 용매를 가열 교반하면서 N_2 가스를 주입시켰는데 교반속도는 250 rpm, N_2 주입속도는 30 ml/min을 유지하였다. 반응기의 온도를 올려 80 °C에서 별도로 제조된 모노머 혼합용액 200 g를 분액깔때기를 통하여 1.67 g/min 속도로 2시간 동안 균일하게 적하하고, 2시간 반응시켰다.

AIBN 0.6 g를 용액 EA 50 g에 용해시켜 첨가하고 같은 온도에서 3시간동안 지속하여 반응시켰다. 반응의 종말점은 비고형분을 150 °C에서 30분간 휘발시킨 후 고형분을 측정하여 결정하였는데, 고형분이 39 % 이상에서 반응을 종료하였다. 이와 같은 방법으로 Table 3에 나타난 것과 같이 조성을 각각 달리하는 4원 공중합체 Base용 아크릴 수지를 합성하였다.

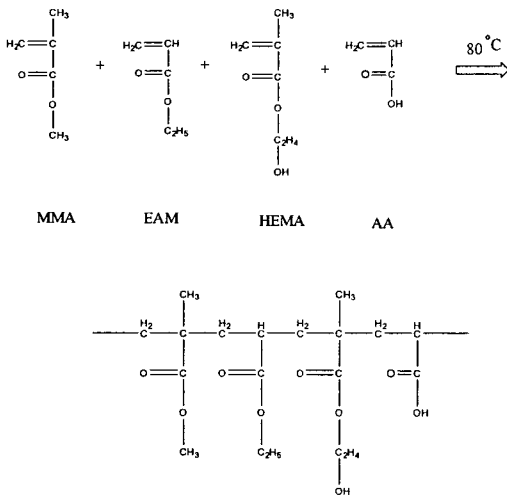
Scheme 1은 80°C에서 MMA, EAM(Ethyl acrylate), HEMA(Hydroxyl ethyl metacrylate), AA(acryl acid)를 사용하여 4원 공중합한 수지를 도식화한 것이다.

Table 3. Composition of Acryl Resin

EXP. No.	Material(Total:100 wt%)						Tg(°C)/Cal ²⁾
	MMA	SM	EAM	HEMA	EHA	AA	
BAS1	67	-	32	-	-	1	52
BAS2	54		27	18	-	1	52
BAS3	44	-	22	33		1	52
BAS4	64	-	-	18	17	1	43
BAS5	64	-	-	18	17	1	43
BAS6		64	-	18	17	1	43

Table 4. Surface Resistance of Acryl Urethane

EXP. No.	Material(wt%)					Tg(°C)/Cal
	MMA	EAM	HEMA	AA	DMAEMA	
Ex1	39.5	19.8	29.7	1	10	49
Ex2	35	18	26	1	20	45
Ex3	31	15	23	1	30	41.5



Scheme 1. Synthesis of acrylic resin.

2.3.2. 대전방지용 폴리머 합성

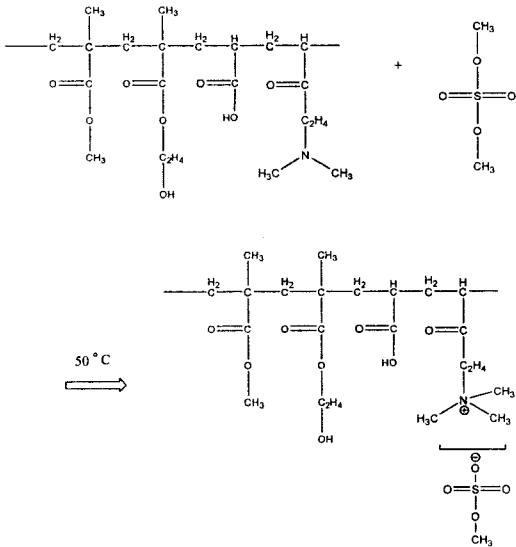
각각 수지에 물성을 확인한 결과 표면저항값이 가장 우수하게 나온 Base 3 수지 골격에 DMAEMA에 함량을 10 %, 20 %, 30 %로 조정하여 Table 4에 조성과 같이 대전방지용 아크릴 수지를 합성하였다. 나머지 모노머의 함량은 DMAEMA 함량 변화량에 맞추어 동일하다.

2.3.3. 암모늄염화 반응

Figure 1과 같은 장치를 한 1L의 4구 플라스크에 Base용 아크릴 수지 200 g를 넣고, 반응기에 온도를 50 °C까지 올려서 디메틸황산을 7.22 g를 가한 다음 1시간 유지 후 30분에 걸쳐 60 °C로 승온한 다음, 3시간 동안 반응시켜 Scheme 2의 구조를 갖는 대전방지용 아크릴 수지를 합성하였다.

2.4. 기기분석

적외선분광분석은 FT-IR(U.S.A, Varian)을 사용하여 합성한 대전방지용 아크릴수지 시료를 아세톤에 10 wt%로 희석하여 KBr 디스크에 얇게 도포한 다음 진공건조기에서 30분 건조시킨 후 분석하였다. 분자량 및 분자량 분포 분석은 GPC(국내 영진기기)를 사용하여 시료농도 1.0 %, 시료크기 10 mg으로 하여 LF-804 칼럼을 사용하였으며, 25 °C에서 용매인 THF의 유속을 1.0 ml/min로 하여 측정하였다. 시차주사열 분석은 미국 TA Instrument사 Q10을 사용하여 N₂가스 중에서 시료량 27.4~39.7 mg, 온도범위 -20~100 °C, 승온속도 10 °C/min로 하여 측정하였으며 middle point법에 의해 T_g를 결정하였다.



Scheme 2. Coordination reaction of antistatic acrylic resin

2.4. 기기분석

적외선분광분석은 FT-IR(U.S.A, Varian)을 사용하여 합성한 대전방지용 아크릴수지 시료를 아세톤에 10 wt%로 희석하여 KBr 디스크에 얇게 도포한 다음 진공건조기에서 30분 건조시킨 후 분석하였다. 분자량 및 분자량 분포 분석은 GPC(국내 영진기기)를 사용하여 시료 농도 1.0 %, 시료크기 10 mg으로 하여 LF-804 칼럼을 사용하였으며, 25 °C에서 용매인 THF의 유속을 1.0 ml/min로 하여 측정하였다. 시차주사열 분석은 미국 TA Instrument사 Q10을 사용하여 N₂가스 중에서 시료량 27.4~39.7 mg, 온도범위 -20~100 °C, 승온속도 10 °C/min로 하여 측정하였으며 middle point법에 의해 T_g를 결정하였다.

2.5. 물성시험

2.5.1. 아크릴 수지의 물성 실험

점도는 Brookfield Digital Viscometer (U.S.A, DV-II)를 이용하여 25 ± 1 °C 온도에서 spindle No. 4, 12 rpm으로 측정하였다.

고형분 측정은 KS M5000-2113의 도료의 시험방법에 따라 합성한 시료 1 g를 105 ± 2 °C 항온건조기에 3시간 방치하여 무게변화가 없을 때까지 휘발성분을 충분히 건조시킨 후 시료의 무게를 측정하였다.

2.5.2. 코팅 도막의 물성 실험

본 실험에서 사용한 시편은 도료의 일반 시험방법(KS M 5000-1121)에 따른 조건에 맞추어 유리판 규격을 200 mm × 150 mm × 5 mm로 맞추고 도료를 젖은 도막 두께가 0.075 mm가 되도록 Doctor film applicator로 코팅한 후 상대 습도 50 ± 4 %, 온도 25 ± 2 °C에서 24시간 경화시켰다.

경도 측정은 JIS K-5400(80401)의 연필경도법에 따라 일본 Yasuda Seiki Seisakusho사 연필경도 시험기(Serial No. 4664)를 사용하여 측정하였다. 경화된 도막에 연필의 종류별(B, HB, H, 2H, 3H)로 45° 각도로 하여 그어 보았을 때의 긁힘이 나는 정도를 육안으로 판정하였다.

도료의 접착력 시험은 ISO 2409의 도료의 접착력 시험법(cross-cut test)에 따라 5종류의 시편의 건조도막 위를 열십자 모양으로 간격이 1 mm가 되도록 가로 세로로 11줄을 긋고 그 위에 셀로판 점착테이프를 붙인 다음 떼어 보아서 도막위에 100조각의 분리된 코팅면 중 남아있는 조각의 숫자로 부착력을 평가하였다.

축진내후성 시험은 ASTM G-53에 따라 QUV 축진 내후성 실험기를 사용하였으며 자외

Table 5. Kind of Analyzing instrument

Name of Instrument	Manufacture(Model)	Reference
FT-IR	VARIAN(FTS 3000MX)	KBr
GPC	영진기기	RI, LF-804, THF
DSC	TA Instruments(Q10)	N ₂
Surface Resistance	Ultra High Resistance Meter	10 ⁴ ~ 10 ¹⁸
Viscosity	Brookfield (Viscometer DV-II)	12 rpm, Spdl No.3

선 형광등은 UV-B313 램프를 사용하여 각각 냉각압연 강판에 0.075 mm 두께로 코팅하여 200 시간동안 실험하여 실험 전후의 색상차에 의해 평가하였다. 색차는 Macbeth사에 Spectrophotometer (Color-eye 7000A)를 사용하였다.

표면 저항률이란 표면저항의 실측치를 Rs (Ω), 전극간의 거리를 d (cm), 전극의 유효길이를 P(cm)로 하면 표면 저항률δ(Ω)은 다음 식과 같다.

$$\delta = (P/d) R_s \quad (5)$$

도료의 표면 저항 측정은 유리판에 건조도막 두께는 75 μm, 넓이는 100×100 cm 만들어 전압 전류계법으로 Ultra high resistance meter를 이용하여 상대 습도 50 ± 4 %, 온도 25 ± 2 °C에서 측정하였다. 전압 전류계법은 인가전압 V와 전류 Ix를 측정하여 Rx = V/Ix를 구하고, 직류증폭기에 따라 전압 전류계 법을 10¹⁶ Ω 혹은 이것 이상의 높은 저항 값까지 측정하지만 취급이 용이한 플라스틱의 측정에 광범위하게 사용할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분석 결과

3.1.1. FT-IR(Fourier Transform Infrared)

Ⅲ-2의 방법으로 합성하여 얻은 대전방지 아크릴폴리올에 구조를 확인하기 위한 FT-IR 분석결과를 Figure 7에 나타내었고, DMS를 첨가한 대전방지 아크릴폴리올은 Figure 8에 각각 나타내었다. FT-IR 스펙트럼을 살펴보면, N-C stretching이 1300 cm⁻¹ 와 1000 cm⁻¹ 에서 강하게 나타났다. 그리고, C-S stretching이 990 cm⁻¹ 부근에서 나타났고, S=O의 경우에는 1300 cm⁻¹ 및 1500 cm⁻¹ 부근에서 강한 피크가 나타났다.

3.1.2. Differential scanning calorimeter(DSC) 분석

DSC 차트를 살펴보면, DMAEMA 함량이 높일수록 Tg값이 낮아짐을 알 수 있었고, DMAEMA 함량이 높아지면 변곡점 기울기가 급격해지고, 호모폴리머로 규정하여 계산된 이론값보다는 더 낮게 나타났다(Ⅱ.이론 식 1 참조)

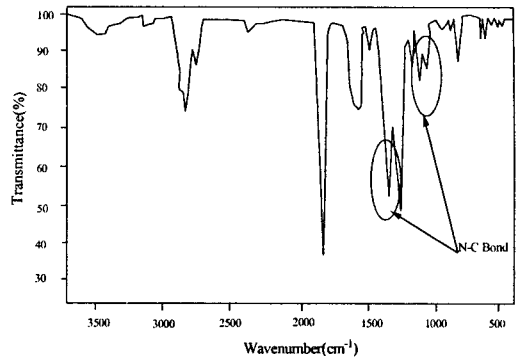


Fig. 2. FT-IR Spectrum of synthesized antistatic acryl polymer.

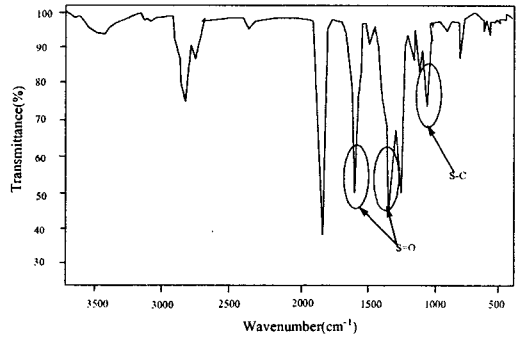


Fig. 3. FT-IR Spectrum of antistatic acryl polymer added DMS.

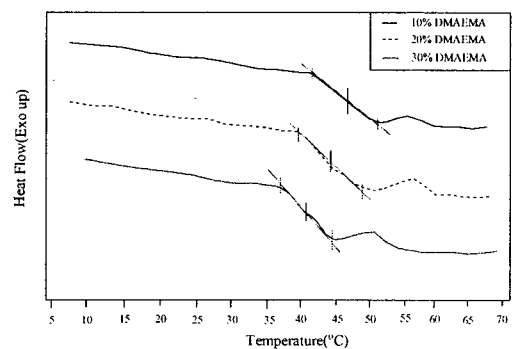


Fig. 4. DSC flow chart of synthesized antistatic acryl polymer.

3.2. 물성실험 결과

3.2.1. DMAEMA 함량에 따른 표면저항 영향

합성한 대전방지용 아크릴수지의 색상은 1이

Table 6. Surface Resistance of Antistatic Acryl Polymer

Exp. No.	T _g (°C)		DMAEMA(wt%)	Surface Resistance (×10 ¹⁰ Ω/cm ²)
	Cal	DSC		
Ex1	49	48	10	50.4
Ex2	45	44	20	23.3
Ex3	41.5	41	30	12.5

Table 7. Surface Resistance of Molar Ratio(DMS/DMAMA)

Exp. No.	DMS/DMAEMA	표면 저항(×10 ⁸ Ω/cm ²)
Ex3	0.25	1000
Ex4	0.33	100
Ex5	0.50	50
Ex6	0.66	5
Ex7	0.75	3
Ex8	1.0	1
Ex9	1.5	0.9

하로 양호하였고, T_g는 이론 값보다는 다소 낮게 측정되었다.

Table 6에서 보는 바와 같이 DMAEMA에 함량이 증가할수록 표면저항은 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있었다. DMAEMA에 함량은 모노머 전체 함량 중에 각각 10 %, 20 %, 30 %, 중량비로 첨가하였고, 기존에 사용된 모노머 조성은 일정하게 유지하고, 전체 함량이 DMAEMA 함량을 제외한 90 %, 80 %, 70 % 을 첨가하여 합성하였다. 그리고 광개시제와 용제의 함량 및 조성은 일정하게 유지하였다. 합성결과 표 11에서 보는 것과 같이 표면저항은 DMAEMA 함량에 의해 크게 좌우된다는 것을 알 수 있었다.

3.2.2. DMS 함량에 따른 표면저항 영향

Table 7에서 보는 바와 같이 Dimethyl Sulfate의 함량이 증가될수록 표면 저항도 낮아졌다. 그러나 DMS/DMAEMA의 당량비가 0.66 이상 되었을 때 대전방지용 아크릴 수지는 흐려지기 시작하였고, 당량비가 1.0 이상 되었을 때 우유빛과 같은 혼탁 현상이 나타났다.

위와 같이 혼탁현상이 일어난 이유는 배위결합을 하지 못한 DMS(Dimethyl Sulfate)가 콜로이드 상을 형성하는 것으로 추측된다.

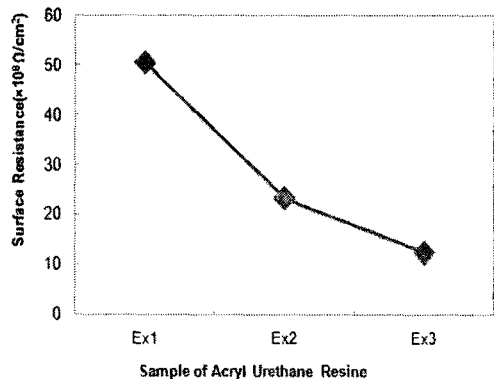


Fig. 5. Surface resistance by experimental acryl polymer.

3.2.3. 코팅 도막의 우레탄 반응

우레탄 반응은 Bayer사에 NCO%가 23.1%인 Desmodur N3300을 사용하여 우레탄 경화반응을 시켰다[13, 14]. NCO/OH에 당량비를 1로 맞추어 대전방지형 아크릴 폴리머와 이소시아네이트 폴리머를 교반기를 이용하여 10분간 50 rpm 속도로 혼합한 다음, 유리판에 Applicator로 코팅하였는데, 그 두께는 75 μm이었다. 25 °C에서 48시간 경화시킨 다음 표면 저항 및 다양한 물성을 실험하였다.

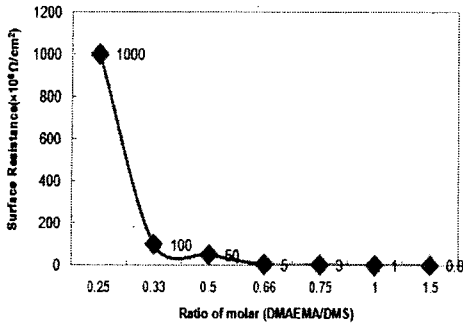
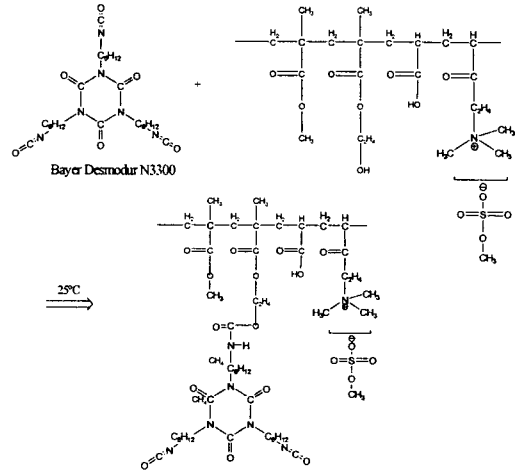


Fig. 6. Surface resistance by molar ratio. (DMS/DMAEMA)

3-2-4. 우레탄코팅 물성 결과

우레탄 물성 실험은 Table 8에서 Test와 비교하였다. Test 시료는 아크릴 수지BAS 3에 기존 시장에서 판매되고 있는 BYK-ES-80이라는 첨가형 대전방지제를 5 % 첨가한 것이다. 첨가량은 대전방지효과를 볼 수 있는 표면저항이 10⁻¹⁰값을 기준으로 하였다. III-4-2에 근거한 코팅 도막의 물성 실험 결과 합성된 대전방지 아크릴 우레탄 코팅액이 기존 시판되고 있는 대전방지제를 첨가한 것보다 모든 면에서 물성이 우수하게 나타났다. 연필경도는 디메틸 황산에 함량이 증가될수록 경도가 낮아졌는데 미반응된 디메틸황산이 가소제 역할을 한 것으로 판단된다. 그리고 부착성은 디메틸 황산 함량에 영향을 미치지 않았고, 내후성에서는 당량비가 1이하인 아크릴 우레탄에서 비교적 우수하게 나타났다.



Scheme 3. Mechanism of urethane reaction

4. 결론

본 연구에서는 대전 방지 특성을 갖는 아크릴 우레탄 폴리머의 합성하고, 물성을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아크릴 폴리머의 경우 분자량분포도는 2~3 이었고 분자량은 45,000정도에 비교적 저분자에 폴리머를 합성하였다.
2. 표면저항은 -OH 관능기에 농도가 높을수록 분자량이 적을수록 Tg가 낮을수록 표면저항은 낮게 측정되었고, 모노머의 종류에 따른 표면저항 실험에서는 SM을 사용한 수지보다는 MMA을 사용한 수지에 표면저항이 낮

Table 8. Physical Properties of Acryl Urethane

Exp. No.	DMS/DMAEMA	Pencil hardness	Adhesion	Non yellowing(ΔE)
Ex3	0.25	H ⁺	98	0.578
Ex4	0.33	H	98	0.568
Ex5	0.50	H	97	0.587
Ex6	0.66	H ⁻	96	0.599
Ex7	0.75	HB	95	0.605
Ex8	1.0	B	94	0.875
Ex9	1.5	2B	93	1.253
Test ³⁾	BYK-ES-80 첨가	2B	94	2.053

3) Test : 표면저항 ~ 2.65 × 10⁸ Ω/cm²

- 계 측정되었다.
- 대전방지용 아크릴 폴리머의 표면저항에 가장 영향을 미치는 인자는 DMAEMA 함량이었으며 DMAEMA/DMS의 당량비는 0.66이 가장 적당하였다.
 - 대전방지용 아크릴 폴리머를 이소시아네이트와 반응시킨 우레탄코팅 물성은 모든 면에서 기존 계면활성제를 첨가한 아크릴 우레탄 코팅보다는 우수하였다. 코팅막에 부착성, 연필경도 및 내후성뿐 아니라 표면저항에서도 우수하였다. 본 연구를 통하여 대전방지 효과가 나타나는 표면저항 10^{-10} 보다도 훨씬 낮은 10^{-8} 정도의 아크릴 폴리머를 합성하였다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음

참고문헌

- Sir Geoffrey Alley, *Comprehensive Polymer Science*, Pergamon Press, London UK, (1992).
- Hans Kricheldorf, *Handbook of Polymer Synthesis PART A*, Marcel Dekker Inc., Germany, (1991)
- Paul Thomas, *Polyurethane VOL III*, SITA Techlogy Limited, London UK, (1999), P37~50, P81~120
- Kurt C. Frisch & Daniel Klemperer, *Advances in Urethane Science and Technology VOLUME 10*, Technomic Publishing Co. INC., Pennsylvania U.S.A., (1987)
- Proceeding of SPI 32nd Annual Technical/Marketing Conference, *POLYURETHANES 89*, The Society of the Plastics Industry Inc., California U.S.A., (1989)
- A Multiple-Client Study, *Specialty Polymers III*, Skeist Incorporated, New Jersey U.S.A., [1991]
- Raymond B. Seymour & Charles E. Carraher Jr, *Polymer Chemistry an Introduction Second ED*. Marcel Dekker Inc., New York U.S.A., (1987)
- Clara D. Craver, *Spectroscopic Chromatographic and Physical Instrumental Methods*, American Chemical Society, Washington D.C. U.S.A., (1983)
- Eugene D. Feit & Cletus W. Wilkins Jr, *Polymer Materials for Electronic Applications*, American Chemical Society, Washington DC U.S.A., (1982)
- Jean-Michel Charrier, *Polymeric Materials and Processing*, Hanser Publishers, New York U.S.A., (1990)
- Wilson F. Gum; Wolfram Riese; Henri Ulrich, *Reaction Polymer (chemistry, Technology, Applications, Markets)*, Hanser Publishers, New York U.S.A., (1992)
- Kiichi Takemoto; Yoshiaki; Raphael M. Ottenbrite, *Functional Monomers and Polymers*, Marcel Dekker Inc., New York U.S.A., (1987)
- Niir Board, *Mordern Technology of Surface Coating with Formulate & Their Application*, Asia Pacific Business Press Inc, India, (2004)
- H. Coyard; P Deligny; N Tuck, *Resins for Surface Coatings*, Sita Technology Limited, London UK, (2001)