

## 하이솔리드 아크릴/우레아 도료의 제조와 도막물성 연구

정충호 · 김성래 · 박형진 · 김명수 · 박홍수<sup>†</sup> · 박신자\*

명지대학교 공과대학 화학공학과

\* (주)알앤씨 기술연구소

(2002년 8월 30일 접수 ; 2002년 11월 18일 채택)

### Preparation and Physical Properties of High-Solids Acrylic/Urea Coatings

Choong-Ho Jung · Sung-Rae Kim · Hyong-Jin Park · Myung-Soo Kim ·  
Hong-Soo Park<sup>†</sup> · Shin-Ja Park\*

Department of Chemical Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea

\* R & D Center, R & C Co. Ltd, Kwangju, Kyonggi-Do 464-860, Korea

<sup>†</sup> e-mail : hongsu@mju.ac.kr

(Received August 30, 2002 ; Accepted November 18, 2002)

**Abstract** : Environmental friendly acrylic/urea high-solid paint(MUHC) were prepared through the curing reaction of acrylics resin(EBHC) containing 70wt% of solids content and butylated urea curing agent. The synthesis of EBHC was done at 150°C for 6 hours, and the results were obtained as follows :  $M_n=1830\sim 2190$ ,  $M_w$  3290~4000,  $M_w/M_n=1.80\sim 1.83$ , viscosity=110~352 cps, and conversion=82~92%. After the film was coated with MUHC, the various physical properties were measured. They showed that enhancement of the coating properties such as adhesion, flexibility, abrasion resistance, impact resistance, and water resistance could be expected through introducing caprolactone acrylate component in acrylics resin for the high-solids content acrylics/urea coatings.

**Keywords** : high solids, acrylic/urea coating, curing agent.

### 1. 서론

UR(Uruguay round) 타결 이후 환경라운드가 새로운 이슈로서 본격적으로 논의되고 있고, WTO(world trade organization)가 출범함에 따라 환경라운드에 의한 각종 규제는 앞으로 큰 통상압력으로 이어질 것으로 예측되고 있다. 정부에서도 환경라운드에 능동적 대응과 관련 규제로 인한 영향을 최소화할 수 있도록 산업정책

의 전환과 기술개발 시책을 추진하고 있고, 각 분야의 관련기업에서도 이에 관한 대책에 부심하고 있다. 이러한 이유에서 용매로서 유기용제를 다량 사용하는 도료산업의 입장에서는 환경오염 문제를 시급히 해결해야 할 과제인 것이다.

도료산업에서는 도장시에 휘발성 유기용제(volatile organic compound : VOC)의 휘발 및 가열경화시의 연료소비나 휘발물의 발생으로 환

경문제의 대상이 되어 왔다. 따라서 VOC의 감축은 도료업계의 환경오염 관련사항 중 가장 중요한 요소로 되었다[1,2].

VOC 감축을 위한 도료로서 현재 개발되어 일부 실용화되고 있는 환경친화적 도료에는 에너지 선을 이용하여 경화하는 UV-EB 경화형 도료[3], 용제를 전혀 사용하지 않는 분체도료[4], 물을 용매로 사용하는 수계도료[5] 및 고형분 함량을 높인 하이솔리드(high-solids)형 도료[6]가 알려져 있다. 이들 중 하이솔리드 도료는 1980년대 중반부터 점증적인 환경법규의 강화로 인하여 탄생된 도료인데, 이 부류의 도료는 자동차 코팅, 코일 코팅, 금속기구, 대형기구 및 기타 금속제품 등에 광범위하게 사용될 전망이다. 이 도료의 최대 장점은 타 도료에 비해 작업성이 우수하고 종래의 도장설비를 그대로 사용할 수 있다는 점이다.

하이솔리드 도료의 제조에 있어서 꼭 필요한 구성요소로서는 도료 수지의 고형분 증가, 분자량의 조절, 적절한 점성도의 유지 및 도막물성 향상 등을 들 수 있다. 이러한 구성요소를 모두 만족시키기 위해서는 수지에 다양한 관능성기를 도입하여 수지의 분자량이 적정선 이하로 떨어지지 않게 해야 되고, 또한 3차원 가교결합이 쉽게 이루어지도록 도료용 수지를 합성 설계해야 되는 것이다.

하이솔리드 도료는 고형분을 조절하는 주성분인 수지와 경화제의 2성분계로서 구성된다. 주성분인 수지쪽의 종류로는 크게 알키드[7], 폴리에스테르[8], 에폭시[9], 폴리우레탄[10] 및 아크릴 수지[11]로 분류된다. 그 중에서 아크릴 수지는 내후성, 내유성, 내오염성, 내약품성 등의 물성이 우수하고 고분자 구조중에 극성기를 임의로 도입할 수 있는 장점을 갖고 있어서[12], 다양화된 시장의 요구에 부응하는 도료용 수지로서 현재 가장 널리 사용되며, 이 분야의 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

한편 하이솔리드 도료의 경화제로는 부틸화멜라민, 부틸화우레아 및 폴리이소시아네이트 등이 사용되는데, 부틸화멜라민은 고온 경화온도용으로서, 부틸화우레아는 저온 경화온도용으로서, 폴리이소시아네이트는 상온경화용으로서 각각 용도에 알맞게 사용중이다[13].

최근의 아크릴계 하이솔리드 도료에 관한 연구로서, Morimoto와 Nakanof[14]는 아크릴 폴리올과 경화제인 hexamethoxymethyl melamine과

경화촉매인 *p*-toluene sulfonic acid로서 경화시킴에의 가교반응의 메카니즘을 규명하였으며, Berlin과 Matveyeva[15]는 연쇄이동제 첨가없이 *tert*-butyl peroxide와 *tert*-amyl peroxide의 2종류의 개시제를 사용하여 아크릴 수지를 합성하고서 생성물의 물성을 비교하였다. 또한 Witzeman 등[16]은 폴리머 말단에 acetoacetoxy기를 도입한 아크릴 수지를 합성하여 여러가지 가교제와의 반응성과 점성도 저하현상에 대하여 발표하였다.

이상과 같은 하이솔리드 아크릴계 도료 제조에 관한 연구사례 이외에도 현재 많은 연구가 진행되고는 있으나, 높은 고형분을 유지하기 위한 점성도 조절에 따른 수지 자체의 분자량 저하로 인하여 내후성 등의 도막물성 저하와 sagging 등의 도막 외관성능의 저하를 극복해야 하는 과제를 안고 있다.

따라서 본 연구에서는 위에서 언급한 여러가지 난제들을 해결시킬 것으로 기대되는 새로운 관능성 모노머인 caprolactone acrylate를 도입하고 여기에 ethyl methacrylate, 2-hydroxypropyl methacrylate 및 *n*-butyl acrylate를 부가중합시켜 4원공중합체인 아크릴 수지를 합성하였다. 다음 합성된 수지에 부틸화우레아 경화제를 첨가하여 가교반응에 의한 아크릴/우레아 도료를 제조하였다. 제조된 도료로서 제반 도막 물성시험을 행하여 하이솔리드용 도료로서의 적합성 여부를 판정하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시약

아크릴 수지를 합성하기 위한 모노머로서 *n*-butyl acrylate(BA : Aldrich Chemical사), ethyl methacrylate (EMA : Tokyo Kasai Kogyo사), 2-hydroxypropyl methacrylate (2-HPMA), 및 caprolactone acrylate (CA : Union Carbide사)의 1급시약을 그대로 사용하였다. 개시제는 di-*tert*-amyl peroxide (DTAP : Akzo Nobel Chemical사), 연쇄이동제는 2-mercaptoethanol (2-MCE : Yakuri Pure Chemical사), 용매는 methyl-*n*-amylketone (MAK : Tokyo Kasei Kogyo사), 및 경화제는 부틸화우레아인 *N,N*-bis(butoxymethyl)urea [BBMU : 상품명 Beckamine P-138, 애경화학

(주), 고형분  $60 \pm 2(\%)$ , 산가 2.0~5.0]를 각각 사용하였다.

## 2.2. Poly(EMA/BA/2-HPMA)의 합성

500mL의 4구 플라스크에 용매인 MAK 50g을 넣고서 150℃로 승온한 후 Table 1의 EBH-1 3종류 모노머 조성량과 연쇄이동제인 2-MCE 5.3g을 미리 섞어놓은 혼합액 A와 별도의 용매인 MAK 25g과 개시제인 DTAP 8.8g을 섞은 혼합액 B 각각을 연동식 미량펌프를 사용하여 150℃에서 5시간 동안 플라스크속에 적하하였다. 적하 완료후에 150℃에서 60분간 내용물을 숙성시킨 다음 반응물의 점성도와 고형분 측정용 통하여 반응이 충분히 진행된 것을 확인한 후 반응을 완결하였다.

얻어진 생성물을 5배량의 노르말핵산에 3회 침전시켜 미반응물질을 제거하였으며 40℃, 2mmHg 하에서 48시간 감압건조하여 노랑색의 투명액상인 poly(EMA/BA/2-HPMA) 3원공중합체인 아크릴 수지(EBH-1)를 얻었다.

## 2.3. Poly(EMA/BA/2-HPMA/CA)의 합성

2.2절에서와 같은 장치 및 조작하에 MAK 50g을 반응기에 넣고서 Table 1의 EBHC-4 4종류 모노머 조성량과 2-MCE 5.3g의 혼합액 A와 MAK 25g과 DTAP 8.8g의 혼합액 B를 반응기속에 삽입하였다. 이어서 모든 반응공정과 정제과정을 2.2절에서와 같게 하여 노랑색 투명액상인 poly(EMA/BA/2-HPMA/CA) 4원공중합체인 아크릴수지(EBHC-4)를 얻었다.

## 2.4. 기기분석

IR 분광분석은 미국 Bio-Rad사의 FT-IR (Digilab FTS-40형)로서, NMR 분광분석은 미국 Varian사(Gemini 200형, 200MHz)의  $^1\text{H-NMR}$ 로서, 분자량 및 분자량 분포곡선은 미국 Waters사 (R-410형)의 GPC로서, 또한 시차 주사열분석은 미국 Solmat사(4000형)의 DSC를 사용하여  $\text{N}_2$  기류중에서 측정하였다.

## 2.5. 점성도 및 고형분 측정

점성도는 25℃ 항온수조에 시료를 30분간 유지시킨 후 일본 Tokyo Keiki사의 회전점도계(BL형)를 사용하여 spindle #3, 60 rpm의 조건으로 측정하였다.

고형분은 KS M 5000-2113의 도료의 휘발분

및 불휘발분 함량 시험방법에 따라 합성한 아크릴 수지 시료 1g을  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온건조기에 3시간 방치하여 중량변화가 없을 때까지 휘발성분을 충분히 건조시킨 후 시료의 중량을 측정하였다.

$$\text{고형분}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2} \times 100$$

여기서,  $W_1 - W_2$  : 건조 후 시료의 중량  
 $W_3 - W_2$  : 건조 전 시료의 중량

## 2.6. 하이솔리드 도료의 제조

하이솔리드 도료는 주재인 아크릴 수지와 경화제인 BBMU에 의해 제조되는데, 배합조성은 아크릴 수지 120g, BBMU 32.8g, 크실렌 10.6g으로 하였다. 경화반응은 100℃에서 30분간의 조건을 택하였으며, EBHC/BBMU로서 제조된 하이솔리드 도료를 MUHC로 명명하였으며, EBH-1/BBMU의 경우는 명칭을 MUH-1로 정하였다.

## 2.7. 하이솔리드 도료의 물성시험

도막시편은 일반 도장작업시에 가장 많이 사용되는 주석판(KS D 3516), 냉간압연강판(KS D 3512) 및 알루미늄판(KS D 6701)의 금속판 재질을 선택하였으며, 도막물성 측정은 Table 2의 규정에 의거하여 시행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

도료용 아크릴 수지의 성질은 주로 그 수지를 구성하는 모노머의 배합비율에 의해 결정되고, 공중합체인 아크릴 수지의 최종 도막물성을 좌우하는 인자에는 수지의 산가, OH값,  $T_g$ 값, 평균분자량 및 점성도 등이 속한다.

### 3.1. Poly(EMA/BA/2-HPMA)의 합성 확인

도료용 아크릴 수지의 합성에 관한 연구로서 Lazzara[13]는 BA, styrene, methyl methacrylate, 2-hydroxyethyl acrylate의 4원공중합체를 합성하고 이어서 펠라민과 경화반응을 시켜 그 화학구조를 IR, NMR 등으로 분석하였다. 또한 Kim[17]은 BA, styrene, 2-hydroxyethyl methacrylate, acetoacetoxyethyl methacrylate, methyl methacrylate의 공중합으로 5원공중합체의 아크릴 수지를 얻고

Table 1. Addition Polymerization Conditions and Physical Properties of Acrylic Resins

Exp. No.	Monomer		Solvent		Initiator		Chain transfer		Reaction		OH value	T <sub>g</sub> (°C)	Conversion (%)
	EMA <sup>a</sup> (g)	BA <sup>b</sup> (g)	2-HPMA <sup>c</sup> (g)	CA <sup>d</sup> (g)	MAK <sup>e</sup> (g)	DTAP <sup>f</sup> (g)	2-MCE <sup>g</sup> (g)	Temp. (°C)	DT(AT) <sup>h</sup> (hr)				
EBH-1	55.7(0.49)	78.9(0.62)	40.5(0.28)	—	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	0	93	
EBHC-1	2.5(0.02)	114.6(0.90)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	-30	82	
EBHC-2	20.2(0.18)	96.9(0.76)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	-20	83	
EBHC-3	36.5(0.32)	80.6(0.63)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	-10	90	
EBHC-4	51.7(0.46)	65.4(0.51)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	0	91	
EBHC-5	65.8(0.58)	51.4(0.40)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	10	90	
EBHC-6	78.9(0.69)	38.2(0.30)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	20	89	
EBHC-7	91.1(0.80)	26.0(0.21)	40.5(0.28)	17.5(0.05)	75	8.8	5.3	150	5(1)	90	30	92	

<sup>a</sup>EMA : ethyl methacrylate, <sup>b</sup>BA : *n*-butyl acrylate, <sup>c</sup>2-HPMA : 2-hydroxypropyl methacrylate,<sup>d</sup>CA : caprolactone acrylate, <sup>e</sup>MAK : methyl-*n*-amylketone, <sup>f</sup>DTAP : di-*tert*-amyl peroxide,<sup>g</sup>2-MCE : 2-mercaptoethanol, <sup>h</sup>DT(AT) : dropping time (aging time).

Table 2. Test Methods and Conditions of Physical Properties

Type of tests	Instrument and Spec
Viscosity (KU)	Krebs-Stormer viscometer Pacific Scientific Co., serial 80328
Hardness	Pencil hardness Yasuda Seiki Seisakusho, serial 4664
60° Specular gloss	Glossmeter Pacific Scientific Co., Glossgard II
Adhesion	Cross-cut test
Flexibility	Mandrel Pacific Scientific Co., Conical type
Impact resistance	DuPont impact tester Ureshima Seisakusho, type 552
Heat resistance	Electric furnace Hae Dong Instrumental Co., HD-010 350 °F/hr
Water resistance	Distilled water, 24hrs
Abrasion resistance	Abrasion tester Toyo Seiki Seisakusho, Taber type
QUV (gloss)	QUV accelerated weathering tester Q-panel Co., initial, 120hrs, 240hrs

이를 변성멜라민으로 경화시켜 아크릴계 하이슬리드 도료를 제조하였는데, 아크릴 수지 합성의 중합반응 최적조건을 상세히 열거하였다.

Poly(EMA/BA/2-HPMA) 3원공중합체, 즉 EBH-1의 합성은 위에서 언급한 2가지 합성이론을 기초로 하였으며, 반응물의 몰수계산은 OH값을 90으로 고정하여 T<sub>g</sub>값을 변화시키면서 Fox 식[18]을 사용하여 산출하였다.

Fig. 1에 EBH-1의 화학구조식을, Table 1에 부가중합에 따른 반응조성값과 물성값 등을 각각 나타내었다. Table 1의 EBH-1에서와 같이 150°C에서 6시간의 반응조건을 정한 것은 위에서 언급한 Kim[17]의 아크릴 도료 수지의 최적 반응조건을 그대로 인용한 때문이다.

Table 3에 EBH-1의 FT-IR과 <sup>1</sup>H-NMR 분석 결과를 표시하였는데, 대체로 Fig. 1의 EBH-1 구조와 잘 일치하였다.

Table 4에 EBH-1의 GPC 측정결과를 표시하였는데, 대체로 낮은 분자량 값을 보여주었으며, 다분산도 값으로 보아 분자량 분포폭선이 좁게 나타남으로서 부가중합에 의한 아크릴 공중합체 합성이 잘 이루어 졌음을 알았다.

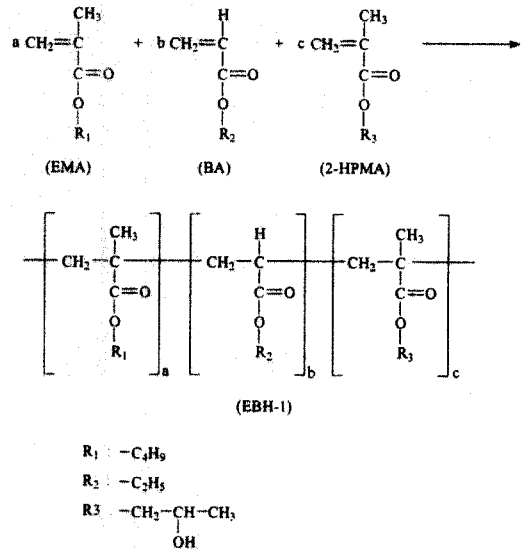


Fig. 1. Synthesis of EBH-1.

Table 3. FT-IR and <sup>1</sup>H-NMR Chemical Shifts of EBH-1 and EBHC-4

Products	FT-IR (NaCl, cm <sup>-1</sup> )	<sup>1</sup> H-NMR (200MHz, CDCl <sub>3</sub> , δ in ppm)
EBH-1	3510 : OH	0.9 (CH <sub>3</sub> -C)
	1730 : C=O	1.2 (C-CH <sub>2</sub> -C)
	1170 : C-O-	1.6 (C-H)
	2970 : CH <sub>3</sub>	2.1 (CH-CO-)
	1460 : -CH <sub>2</sub> -	3.9 (C-CH <sub>2</sub> -O-)
	1390 : C-CH <sub>3</sub>	
EBHC-4	3500 : free OH and OH of lactone	0.9 (CH <sub>3</sub> )
		1.2 (C-CH <sub>2</sub> -C)
	1170 : C-O- of ester and lactone	1.6 (C-H)
		2.1 (CH-CO-)
	1720 : C=O	4.0 (C-CH <sub>2</sub> -O-)
	2960 : CH <sub>3</sub>	

Table 4. GPC Data for EBH-1 and EBHCs

Type	$\overline{M}_n$	$\overline{M}_w$	$\overline{M}_z$	$\overline{M}_w/\overline{M}_z$
EBH-1	2250	3740	4730	1.66
EBHC-1	1830	3290	4990	1.80
EBHC-4	2140	3890	5350	1.82
EBHC-7	2190	4000	5560	1.83

Table 3에 EBHC-4의 FT-IR과 <sup>1</sup>H-NMR 분석결과를 표시했는데, 각 피크의 해석 결과 Fig. 2의 EBHC-4 구조와 잘 일치되어 구조확인이 가능하였다.

Table 4에 BEHC류의 GPC 측정결과를 표시하였는데, 반응조각 조건과 OH 값을 90으로 고정시킨 상태에서 T<sub>g</sub>값이 커질수록 분자량 값이 조금씩 증가함을 알 수 있었다.

3.2. Poly(EMA/BA/2-HPMA/CA)의 합성 확인

본 실험에서는 3.1절의 EBH-1 공중합체에 카르보닐기와 히드록시기를 공유한, 즉 caprolactone기를 가진 CA 모노머를 새로이 도입하여 평균분자량의 적정선 유지 및 도막물성향상을 개선하고자 하였다. CA 모노머는 위에서 언급한 바와같이 1개의 구조단위속에 관능성기를 2개 갖고 있어 경화제에 대한 우수한 반응성과 함께 특유의 유연성 등 제반 물성이 좋은 것으로 알려져 있다[19].

Poly(EMA/BA/2-HPMA/CA), 즉 EBHC류 중 기준점인 EBHC-4의 합성구조식을 Fig. 2에 표시하였고, EBHC류의 제반 반응조건을 일괄하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1의 EBHC-1에서 -7은 OH 값을 90으로 고정시키고 T<sub>g</sub>값을 -30℃에서 +30℃까지 변화시킬때의 반응조건과 전환율을 각각 나타낸 것인데, T<sub>g</sub> 값 +10℃ 이상에서 일부 오차는 발생했으나 대체로 T<sub>g</sub>값이 높을수록 전환율이 증가하는 경향을 보여주었다.

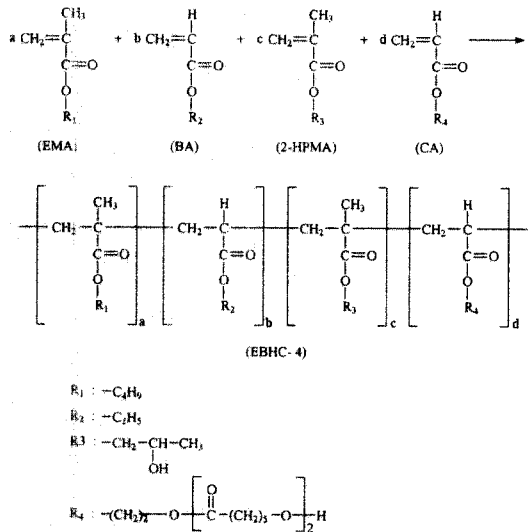


Fig. 2. Synthesis of EBHC-4.

### 3.3. $T_g$ 값 변화에 따른 점성도 거동

아크릴 수지의 점성도는 수지의 고형분과 분자량에 밀접한 관계를 갖고 있어서 하이솔리드 도료 제조시에 꼭 다루어야 할 요소인 것이다.

Fig. 3은  $T_g$  값 변화에 따른, 즉 EBHC-1에서 -7까지의 아크릴 수지와 점성도와 상관관계를 도표로서 표시한 것이다. Fig. 3에서와 같이  $T_g$  값이 커질수록 점성도가 증가하는 비례관계를 나타내었다. 한편 Table 4의 수평균분자량을 Fig. 3과 대조하여 비교검토한 결과 부분적 수치이기는 하나  $T_g$  값 증가에 따라 점성도 뿐만 아니라 분자량도 조금씩 증가함을 알 수 있었다.

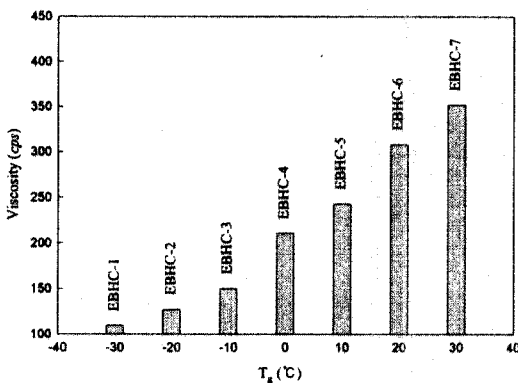


Fig. 3. Relationship between viscosity and  $T_g$  of EBHCs.

### 3.4. 하이솔리드 도료의 물성비교

본 연구에서 사용한 도료용 수지는 하이솔리드화를 위하여 분자량을 일부러 낮추어서 합성한 것이다. 도료수지의 분자량은 도장 작업성 및 도막의 점탄성, 내구성 등과 관계가 있는데 수지의 분자량이 낮으면 스프레이 도장성은 양호하나 도막물성은 불량하게 된다는 상반되는 결과가 나타나 이것을 조화시키는 방법이 도료수지 합성의 중요한 점이다[20]. 따라서 이러한 개선책의 일환으로 본 실험에서는 강력한 관능성기를 지닌 모노머를 도입하여 분자량은 크게 신장하지 않아도 극성기 도입으로 점성도가 상승한다는 이론[21]을 뒷받침하여 강력한 작용기인 CA 모노머를 삽입하여 물성향상을 꾀하였다.

Table 5는 제조된 하이솔리드 도료의 도막물성 측정결과를 표시한 것인데, 도료 명칭 중

MUH-1은 공시험의 도료이고, MUHC류는 아크릴 수지인 EBHC 속에 CA 성분이 함유된 도료이다. Table 5에서 점성도는 모두가 조금 저하되었는데, 이는 하이솔리드 도료의 고형분을 올리기 위해 임의로 저점성도를 유지한 때문이다. 경도는 공시험인 MUH-1에 비해 MUHC류 쪽이 낮게 나타났는데, 이러한 현상은 저점성도를 지닌 CA를 도입하였기 때문인 것으로 생각된다.  $60^\circ$  경면광택도와 내열성은 모두 좋게 나타났고, 접착력, 내마모성, 굴곡성, 내충격성 및 내수성의 5종의 물성은 MUH-1보다 MUHC류 쪽이 모두 양호하게 나타났는데, 이는 서론에서 언급한 바와같이 CA 성분이 도입됨으로써 CA의 물성장점이 일부 나타난 것으로 해석되었다. 일반의 촉진내후성 시험보다 더욱 가혹한 조건인 QUV 측정에서 초기에는 모든 수치가 90 이상으로서 양호한 판정을 받았으나, 120과 240시간 후의 측정에서는 특히 MUHC-1의 물성이 아주 불량하게 나타났다. 이러한 현상은 MUHC-1의 경우 타의 도료에 비하여 낮은 점성도와 저분자량을 지녔기 때문인 것으로 해석되었다.

## 4. 결론

1개의 구조단위속에 2개의 관능성기를 지닌 caprolactone acrylate를 새로이 도입하고 여기에 ethyl methacrylate, 2-hydroxypropyl methacrylate 및 *n*-butyl acrylate를 부가중합시켜 하이솔리드형 아크릴 수지(EBHC)를 합성하였다. 합성된 EBHC에 부틸화우레아로서 가열경화시켜 가교 망상구조의 하이솔리드 아크릴/우레아 도료(MUHC)를 제조하였다. MUHC 도료로서 도막제작 후 도막물성 시험을 거친 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 고형분 70%인 하이솔리드 EBHC 합성에서  $M_n$  1830~2190,  $M_w$  3290~4000, 다분산도 1.80~1.83, 점성도 110~352 cps 및 전환율 82~92%를 얻었다.
2. OH 값을 90으로 고정하의 EBHC 합성에서  $T_g$  값이 증가할수록 점성도와 평균분자량의 점진적인 증가추세를 나타내었다.
3. 하이솔리드 도료인 MUHC류와 공시험인 MUH-1 도료와의 물성 비교시험에서 경도는 MUHC류 쪽이 저하되었으나, 접착력, 내마모

Table 5. Physical Properties of High-Solids Acrylic/Urea Coatings

Tests	MUH-1 <sup>a</sup>	MUHC-1 <sup>b</sup>	MUHC-4 <sup>c</sup>	MIHC-7 <sup>d</sup>
Viscosity (KU)	57	53	57	64
Pencil hardness (7days)	H	B	B	F
60° Specular gloss	103.1	105.0	105.8	107.4
Cross-hatch adhesion (%)	87	95	100	100
Flexibility (1/8 inch)	poor	good	good	good
Abrasion resistance (mg loss/100 cycles)	0.066	0.074	0.025	0.021
Impact resistance direct	good	good	good	good
(1000g/50cm) reverse	poor	poor	good	good
Heat resistance (60° gloss retention, %)	94.5	88.1	93.2	94.6
Water resistance (distilled water, 24hrs)	poor	poor	good	good
QUV (gloss) initial	104.3	107.5	104.1	106.0
120 hrs	101.2	20.7	96.9	93.8
240 hrs	68.9	19.5	75.8	83.5

<sup>a</sup>MUH-1 : EBH-1/BBMU

<sup>b</sup>MUHC-1 : EBHC-1/BBMU

<sup>c</sup>MUHC-4 : EBHC-4/BBMU

<sup>d</sup>MUHC-7 : EBHC-7/BBMU

성, 굴곡성, 내충격성 및 내수성의 물성은 MUH-1 보다 MUHC류 쪽이 좋게 나타남으로써 caprolactone acrylate 성분에 의한 물성 장점이 일부 나타남을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단 지정 명지대학교 천연신기능성소재연구센터(RRC)의 지원사업과 관련된 연구의 일부로서 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. B. Ancona, R. Alexander, J. Aviles, J. Bove, R. Granata, P. Kuzma, P. Peterson, C. Pohan, D. Schober, and N. Schearer, *J. Coat. Technol.*, **65**(820), 45 (1993).
2. E. W. Albaugh, R. F. Chiozza, and J. M. Pecoraro, *J. Coat. Technol.*, **59**(754), 75(1987).
3. M. Braithwaite, S. Davidson, R. Holman, C. Lowe, P. K. T. Oldring, M. S. Salim, and C. Wall, "Chemistry & Technology of UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints", pp. 13-64, Selective Industrial Training Associates Limited, London (1991).
4. B. Fawer, "Material Losses in Powder Coating Manufacturing-The Relationship of Powder Coating Production Lot Size and Non-Recoverable Material Losses", Waterborne, High-Solids, and Powder Coatings Symposium, Feb. 14-16, New Orleans (1996).
5. S. Kuwamura, T. Hibi, and T. Agawa, "Waterborne Fluorinated Polyolefins in Coatings", Waterborne & High-Solids, and Powder Coatings Symposium, Feb. 5-7, New Orleans (1997).



6. R. Soderstrom, *Prod. Finish (Cincinnati)*, **52**(7), 98 (1998).
7. D. T. Passmore and B. P. Windibank, U. S. Patent, 4,514,230 (1985).
8. C. D. Han and D. S. Lee, *J. Appl. Polym. Sci.*, **34**, 793 (1987).
9. J. Mijovic, J. H. Kim, and J. Slaby, *J. Appl. Polym. Sci.*, **29**, 1449 (1984).
10. J. Young, *Industrial Paint & Powder*, **70**(9), 22 (1994).
11. R. A. Gray, *J. Coat. Technol.*, **57**(728), 83 (1985).
12. H. S. Park and J. S. Bae, *J. Kor. Oil Chem. Soc.*, **12**(2), 51 (1995).
13. M. G. Lazzara, *J. Coat. Technol.*, **56**(710), 19 (1984).
14. T. Morimoto and S. Nakano, *J. Coat. Technol.*, **66**(833), 75 (1994).
15. A. A. Berlin and N. G. Matveyeva, *J. Polym. Sci.*, **12**, 1 (1977).
16. J. S. Witzeman, W. D. Nottingham, and F. D. Rector, "A Comparison of Methods for the Preparation of Acetoacetylated Coating Resins", 16th Water-Borne & Higher-Solids, and Powder Coatings Symposium, **16**, 400 (1989).
17. S. J. Kim, Ph. D. Dissertation, Myongji Univ., Yongin, Korea (1998).
18. J. R. Fried, "Polymer Science and Technology", p. 161, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey (1995).
19. Union Carbide Co., "Tone M-100 Monomer Carprolactone Acrylate Monomer for Radiation Curing". UCAR Coatings Resins, CT 06817-0001, Danbury (1987).
20. P. G. de Lange, *J. Coat. Technol.*, **56**(717), 23 (1984).
21. S. Paul, "Surface Coating : Science and Technology", 2nd ed., pp. 105-117, John Wiley & Sons, Chichester (1996).