

자외선 경화형 고경도 PET 필름의 제조 및 특성

김 현 준[†]

[†]경기대학교 화학공학과

Preparation and Properties of UV Curable Hard Coating Materials on PET

Hyunjoon Kim[†]

[†]Department of Chemical Engineering, Kyonggi University

Abstract

UV curable transparent hard coating materials have been developed to improve the mechanical and optical properties of PET substrate. The coating materials were synthesized using various urethane acrylate oligomers, monomers, photo initiators, and leveling agents. The materials were coated on PET substrates and UV cured. The hard coated PET films were shown to have the good scratch resistance and transparency. When the urethane acrylate oligomer with more functional groups was introduced into the coating solution, the mechanical and optical properties were improved. However the higher concentration of 9-functional oligomer resulted in the decrease of workability. The addition of trimethylolpropane ethoxylate(EO/OH)₉ triacrylate(TMPETA) to coating solution improved the workability and properties. As a result, the UV cured film from the formulation of urethane acrylate oligomer with 9-functional groups, TMPETA as a monomer, IRACURE 754 as a photo initiator and BYK-340 as a leveling agent showed the best mechanical and optical properties in this study.

Key Words : PET, UV curable, hard coating , urethane acrylate oligomer

1. 서 론

우리나라는 휴대폰, 디지털 가전 등 터치스크린 패널의 수요 어플리케이션 분야에서의 높은 경쟁력을 가지고 있음에도 불구하고 터치스크린패널에 들어가는 핵심부품은 일본, 대만 업체가 장악하고 있으며, 이중 가장 핵심이 되는 부품인 ITO(indium tin oxide) 필름 또한 Nitto Denko, Oike Kogyo 등 일본업체들이 시장을 대부분 차지하고 있다. 투명전극으로 주로 사용되는 ITO 박막은 가시광선 영역에서 85% 이상의 광투과율을 가지고 근적외선 영역에서는 광반사도가 높을 뿐 아니라 낮은 저항률을 가지는 투명 전도막으로서 화학적 안정성이 뛰어나 터치패널을 비롯한 디스플레이, 태양전지 등에 광범위하게 활용되고 있다[1,2]. ITO 필름은 터치스크린 외에도 최근 차세대 디스플레이로 가장

많은 주목을 받고 있는 플렉시블 디스플레이(flexible display)의 핵심 부품이다. 플렉시블 디스플레이를 구현하기 위해서는 유리기관 대신에 유연한 플라스틱 기관에 투명전극 박막이 코팅된 필름이 사용되며, 휘거나 구부러도 디스플레이의 제 기능을 발휘하여야 하고, 다양한 기능이 요구되므로 ITO 코팅공정 이외에도 필름의 표면처리 기술 및 그 제품 개발이 매우 중요하다[3,4]. 특히 터치스크린이나 플렉시블 디스플레이와 같이 플라스틱 기관을 사용하는 디스플레이는 사용시 충격 및 스크래치 등 외부 자극에 쉽게 손상이 가는 문제점이 있어 하드코팅제로 표면을 처리하고 있으며, 또한 roll-to-roll 공정에서 ITO로 증착된 투명전극층의 내구성 향상을 위해 하드코팅 공정이 반드시 필요하다[5]. 그러나 국내에서는 base 필름의 상하면에 하드코팅된 필름을 일본으로부터 대부분 수입한 후 ITO를 증착하여 사용하고 있다.

ITO 증착용 base 필름 소재로 사용되기 위해서는 무엇보다 높은 광투과율을 가져야 하며, 광투과율이 우수

[†]E-mail : hjkim68@kgu.ac.kr

한 대표적인 고분자 소재는 PC (polycarbonate), PES(polyethersulfone), PMMA (polymethylmethacrylate), PET (polyethylene- terephthalate) 등이다[6-10]. 이 중 PET는 내열특성이 다른 고분자에 비해 떨어지나 양산성과 저가격 구현이 가능하므로 터치스크린의 플라스틱 기판소재로 많이 활용되고 있는 소재이다. 국내에서 ITO 박막 증착 기술은 상당한 기술적 진보를 이루어 여러 중소기업에서 ITO 증착이 가능하나 하드코팅된 base 필름은 대부분 일본으로부터 수입해 사용하고 있다. 따라서 ITO 필름용 하드코팅제 및 공정개발은 핵심소재 연구 및 개발에 필수적인 과제라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 터치스크린 패널의 핵심소재인 ITO 필름의 base 필름으로 주로 사용되고 있는 PET 필름의 표면 경도 향상을 위한 코팅제를 개발하고, 또한 광간섭 현상을 최소화 하는 공정조건을 수립하고자 한다. 이를 위해 urethane acrylate와 반응성 희석제, 광개시제 및 기타 첨가제를 주요 구성 성분으로 하는 UV 경화형 코팅제를 제조하고, 구성성분의 종류 및 배합비, 건조조건 등 다양한 제조조건에 따른 코팅층의 기계적 특성과 광학적 특성을 조사하여 접착력이 우수하고, 연필경도 3H, 광투과율 92%이상의 목표를 달성하기 위한 공정조건을 수립하고자 한다.

2. 실험

2.1. 재료

올리고머는 미원社의 urethane acrylate계 SC-2153(9관능기), PU-610(6관능기), PU-210(2관능기)을 사용했으며, 모노머는 Aldrich社의 tripropylene glycol diacrylate(TPGDA), pentaerythritol triacrylate(PETA), isobornyl acrylate(BOA), trimethylolpropane triacrylate(TMPTA), 1,6-hexanediol diacrylate(HDDA), 미원社의 trimethylolpropane ethoxylate(EO/OH), triacrylate(TM-PETA)를 사용하였다. 광개시제로는 Ciba社의 α -hydroxyketone계 IRGACURE 184, phenylglyoxylate계 IRGACURE 754, α -aminoketone계 IRGACURE 907, mono acyl phosphine계 DAROCUR TPO 를 사용하였고, 레벨링제로는 BYK社의 실리콘계 BYK-333, 아크릴계 BYK-354, 불소계 BYK-340를 사용하였다. 용매는 Aldrich社의 methyl isobutyl ketone (MIBK), 덕산社의 methyl ethyl ketone(MEK), isopropyl alcohol (IPA), toluene, ethyl acetate (EA)를 사용하였다.

2.2. 하드코팅 필름의 제조

관능기가 각각 다른 올리고머에 반응성 희석제인 모

Table 1. Composition of urethane acrylate oligomers for various coating solution samples (wt%)

No	9 function	6 function	2 function
	SC-2153	PU-610	PU-210
1	50	25	25
2	25	50	25
3	25	25	50

Table 2. The content and types of monomer in various coating solution samples [wt%]

No	TPGDA	PETA	IBOA	TMPTA	TMPTA	HDDA
4	15	-	-	-	-	-
5	-	15	-	-	-	-
6	-	-	15	-	-	-
7	-	-	-	15	-	-
8	-	-	-	-	15	-
9	-	-	-	-	-	15

노머, 용매, 광개시제, 레벨링제를 배합하여 상온에서 20분 교반시킨 후 PET 필름위에 120 μ m 두께로 바코팅(bar coating)하였다. 배합시 고형분(올리고머 + 모노머)과 용매의 비율을 달리하고, 광개시제는 고형분 대비 1.5-7 wt%로 배합하여 하드코팅 용액을 제조하였다. 코팅된 필름은 50-120°C 오븐에 1분 건조 후 300 - 500 mJ/cm²의 UV광량으로 경화하여 상온 보관하였다.

본 연구에서 올리고머로는 하드코팅에 가장 많이 사용되고 있는 urethane acrylate로 하였으며, 그 종류와 배합비에 따른 특성 변화를 조사하기 위해 그 관능기수에 따라 3가지 종류의 urethane acrylate 올리고머를 사용하였다. Table 1의 고형분 조성에 광개시제인 IRGACURE 184를 고형분 대비 5 wt% 첨가하고 고형분과 같은 양의 혼합 용매(MEK : IPA : Toluene : MIBK : EA = 20 : 20 : 20 : 20 : 20 wt%)를 첨가하여 하드코팅 용액을 제조하고, 올리고머 배합비에 대한 특성 변화를 조사하였다.

모노머 종류에 따른 특성 변화를 조사하기 위해 6가지의 다른 모노머를 사용하여 실험하였다. 이 때 올리고머의 배합비는 SC-2153 : PU-610 : PU210 = 45 : 20 : 20 wt%로 고정하고, 고형분 중의 모노머 비율은 광개시제를 제외한 올리고머와 모노머 전체의 15 wt%로 하여 실험하였다. 아래 Table 2의 모노머 조성에 광개시제인 IRGACURE 184를 고형분 대비 5 wt% 첨가하고 고형분과 같은 양의 혼합 용매(MEK : IPA :

Table 3. The content and types of photo initiator in various coating solution samples (wt%)

No	IRACURE 184	IRACURE 754	IRACURE 907	DAROCUR TPO
2	5	-	-	-
10	4	-	-	-
11	7	-	-	-
12	-	5	-	-
13	-	-	5	-
14	-	-	-	5
15	3.5	1.5	-	-
16	3.5	-	1.5	-
17	3.5	-	-	1.5

Table 4. The content and types of leveling agent in various coating solution samples (wt%)

No	BYK-333	BYK-354	BYK-340
18	0.1	-	-
19	0.2	-	-
20	-	0.2	-
21	-	-	0.2

Toluene : MIBK : EA = 20 : 20 : 20 : 20 : 20 wt%)를 첨가하여 하드코팅 용액을 제조하고, 모노머 종류에 대한 특성 변화를 조사하였다.

광개시제 종류와 양에 따른 표면 특성 변화를 알아보기 위해 작업성 및 기계적, 광학적 특성이 양호한 2번 시료와 같은 고형분 조성(SC-2153 : PU-610 : PU210 = 25 : 50 : 25 wt%)에 광개시제의 종류와 양을 달리하여 하드코팅 용액을 제조하였다. 이때 이 때 용매의 혼합비율은 MEK : IPA : Toluene : MIBK : EA = 20 : 20 : 20 : 20 : 20 wt%로 하였으며, 용매의 전체 양은 고형분과 같은 양을 사용하였다. Table 3은 광개시제의 종류에 따른 배합비를 나타낸다.

레벨링제 종류와 양에 따른 표면 특성 변화를 알아보기 위해 2번 시료의 고형분 조성(SC-2153 : PU-610 : PU210 = 25 : 50 : 25 wt%)에 레벨링제의 종류와 양을 달리하여 하드코팅 용액을 제조하였다. 이 때 용매의 혼합비율은 MEK : IPA : Toluene : MIBK : EA = 20 : 20 : 20 : 20 : 20 wt%로 하였으며, 광개시제는 IRGACURE 184(5wt%)를 사용하였다. Table 4는 레벨링제의 종류에 따른 배합비를 나타낸다.

혼합용매의 비율에 따른 표면 특성 변화를 알아보기

Table 5. The content and types of solvent in various coating solution samples (wt%)

No	MEK	IPA	toluene	MIBK	EA
2	20	20	20	20	20
22	40	15	15	15	15
23	15	40	15	15	15
24	15	15	40	15	15
25	15	15	15	40	15
25	15	15	15	15	40

위해 시료2번과 같은 고형분 조성(SC-2153 : PU-610 : PU210 = 25 : 50 : 25 wt%)에 혼합용매의 혼합 비율을 달리하여 하드코팅 용액을 제조하였다. 이 때 광개시제는 IRGACURE 184(5 wt%)를 사용하였다. Table 5는 혼합용매의 종류와 그 배합비를 나타낸다.

2.3. 특성분석

UV 경화형 물질의 구성성분 종류 및 함량에 따른 경화 정도를 조사하기 위해 FT-IR 분석을 시행하였다. Urethane acrylate와 반응성 희석제인 모노머, 그리고 광개시제를 혼합한 용액을 PET 필름에 바코팅 한 후 KBr pellet사이에 끼우고 UV를 조사해두면서 C=C, C=O, N-H peak의 변화를 관찰하여 우레탄 아크릴레이트 올리고머가 폴리우레탄 아크릴레이트로 중합되었는지와 UV경화 광량에 따른 경화반응 거동을 관찰하였다. 또한 구성 성분의 종류 및 농도에 따른 경화거동을 분석하였다. 여러 조성으로 제조된 하드코팅 용액을 PET 필름 위에 코팅하여 얻은 하드코팅 필름 표면의 기계적 특성 중 코팅 표면의 경도를 평가하기 위해 ASTM D3363에 근거하여 표준연필을 6B에서 4H로 변화시키면서 45°각도를 유지하여 일정한 하중(1 kg)을 가하였을 때 도막의 스크래치가 발생하는 연필의 경도를 표면 경도 값으로 정하였다. 내마모성을 평가하기 위해 steel wool을 이용하여 코팅된 필름 표면에 대해 일정한 하중(1kg)으로 3회 왕복하고 스크래치 발생 여부를 확인하는 steel wool test를 진행하였다. PET 필름과의 계면 접착력 변화를 분석하기 위해 필름을 상온과 100°C 끓는 물에 5분 보관 한 후 ASTM D3359 (tape test method)에 근거하여 경화된 코팅층에 칼로 바둑판 모양의 흠을 낸 후 그 위에 셀로판 테이프를 밀착시키고 일정한 힘으로 3회 반복하여 떼어내어 계면 접착력의 정도를 평가하였다. 향후 ITO 기판의 증착여부 판단을 위한 재도장성 평가는 표면장력 측정 시약을 30에서 50 dyne/cm로 변화시키면서 코팅표면에 도

포 후 도포된 액막의 파괴 유무로 평가하였다. 하드코팅 필름의 광학적 특성을 분석하기 위해 ASTM D1003에 근거하여 PET 필름의 코팅 전후 광투과 정도 및 흐림 정도를 비교 분석(Haze 분석)하였고 spectrophotometer를 사용하여 가시광선 투과율(light transmittance)을 측정하였다. 또한 코팅 표면의 morphology를 분석하기 위해 SEM 장비를 이용해 5,000배의 배율로 표면을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 구성성분 종류 및 함량에 따른 경화반응 거동 연구(FT-IR)

일반적으로 IR 특성피크의 유무 및 피크의 이동을 통해서 특성작용기의 생성 유무 및 상호 작용을 확인할 수 있다. 자외선 조사에 의한 하드코팅 필름의 제조와 올리고머, 모노머, 용매, UV 조사 광량의 변화에 따른 하드코팅 필름의 IR 특성 피크의 강도 및 이동의 변화를 확인하기 위해 FT-IR 분석을 실시하였다. 본 연구에서 제조한 필름 모두 우레탄 아크릴레이트 올리고머가 폴리우레탄으로 성공적으로 중합됨을 알 수 있었다. 몇 가지 예를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 우레탄 아크릴레이트에서 나타나는 메타크릴레이트 그룹의 C=C는 1630 cm^{-1} 에서, 이소시아네이트 그룹의 NCO는 2276 cm^{-1} 에서 사라지고 폴리우레탄 아크릴레이트에서 발견되는 우레탄결합의 C=O

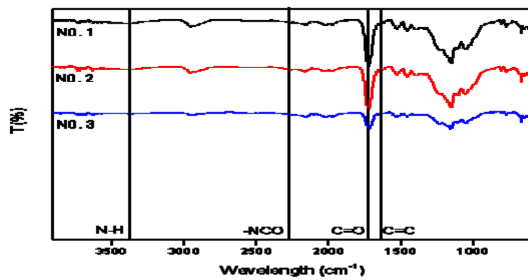


Fig. 1. FT-IR spectra of hard coating films.

와 N-H는 각각 $1734, 3373\text{ cm}^{-1}$ 에서 나타났다. 이것으로 우레탄 아크릴레이트 올리고머가 폴리우레탄 아크릴레이트로 중합되었음을 확인할 수 있다.

3.2. 하드코팅 표면의 물리적 특성

광중합성 올리고머는 경화된 필름의 물성(경도, 내마모성, 부착성, 전기특성, 내약품성 등)을 좌우하는 역할을 한다. 광중합성 올리고머는 일반적으로 관능기로 아크릴기를 갖고 있기 때문에 중합성 모노머와 가교 반응하여 가교 구조를 갖게 된다. 대표적인 광중합성 올리고머의 하나인 urethane acrylate는 -NHC=O기의 효과로 경화성이 우수하고 강한 도막이 형성되며 산소 농도가 높은 경우에도 경화가 잘 진행된다. 다른 올리고머에 비해 다소 고가이며 반응속도가 상대적으로 느린 단점이 있으나 우수한 젖음성(pigment wetting), 경도, 화학적 안정성 등의 장점을 가지고 있다.

관능기수가 각기 다른 올리고머의 배합비를 조절하여 얻은 하드코팅 필름의 기계적·광학적 특성을 Table 6에 나타내었다. 연필경도는 2H로 동일하였으나 2관능기 올리고머의 배합비가 높은 경우 100°C 물에 5분 보관 시 부착성이 다소 떨어지는 것을 보였다. 재도장성의 경우 6관능기 올리고머의 배합비가 높을 때 기준치인 35 dyne/cm 을 약간 미달하였다. 한편 광학적 특성은 관능기수가 높은 올리고머의 함량이 높을수록 Haze 및 광투과율이 높은 결과를 얻었다. 그러나 9관능기의 함량이 가장 높은 1번 시료의 경우 높은 점도로 인해 작업성이 다소 떨어짐을 확인하였다.

광중합성 모노머는 올리고머의 반응성 희생제로 사용되어 수지 배합물의 작업성을 부여하는 역할을 하며 자외선 조사에 의해서 자신도 중합되어 고분자간의 가교제 역할도 수행한다. 올리고머와 광개시제, 용매의 종류 및 배합비를 고정하고 모노머의 종류를 변경하여 얻은 하드코팅 필름의 기계적·광학적 특성을 Table 6에 나타내었다. 연필경도는 모노머의 종류에 관계없이 3H로 비교적 우수한 경도를 나타내었다. 이는 모노머가 가교결합에 참여함으로써 가교밀도가 향상되었기 때문으로 볼 수 있다. 모노머의 종류에 대한 영향을 살

Table 6. The properties of various samples prepared with different composition of urethane acrylate oligomers

No	Pencil Hardness	Steel Wool Test	Cross Cut Test		Surface Tension [dyne/cm]	Haze [%]	Light Transmittance[%]
			25°C	100°C			
1	2H	●	100/100	100/100	36	1.0	91.4
2	2H	●	100/100	100/100	34	1.4	90.6
3	2H	▲	100/100	97/100	38	1.7	90.7

Table 7. The properties of various samples prepared with different composition of monomers

No	Pencil Hardness	Steel Wool Test	Cross Cut Test		Surface Tension [dyne/cm]	Haze [%]	Light Transmittance[%]
			25°C	100°C			
4	3H	▲	100/100	100/100	44	1.2	90.9
5	3H	●	100/100	100/100	46	1.0	90.7
6	3H	▲	100/100	100/100	44	1.0	90.7
7	3H	●	100/100	100/100	48	0.9	91.5
8	3H	▲	100/100	100/100	46	0.9	91.5
9	3H	▲	100/100	99/100	44	0.9	91.4

Table 8. The properties of various samples prepared with different composition of photo initiators

No	Pencil Hardness	Steel Wool Test	Cross Cut Test		Surface Tension [dyne/cm]	Haze [%]	Light Transmittance[%]
			25°C	100°C			
10	3H	●	100/100	100/100	36	1.2	90.6
11	3H	●	100/100	100/100	38	1.2	91.0
12	3H	●	100/100	100/100	50	1.0	91.4
13	4H	×	100/100	100/100	50	0.9	91.3
14	4H	●	100/100	100/100	50	1.1	90.7
15	3H	▲	100/100	100/100	46	1.1	90.9
16	3H	▲	100/100	100/100	44	0.9	90.6
17	4H	●	100/100	100/100	44	1.1	91.1

펴보면 상대적으로 분자량이 낮은 모노머인 TPGDA, IBOA, TMPTA, HDDA가 첨가된 필름의 내마모성이 감소하였다. 채도장성은 44 dyne/cm 이상으로 모노머를 첨가하지 않은 경우 보다 모두 우수하였다. 광학적 특성은 TPGDA 첨가 시 흐림 정도가 나뉘었으며, IBOA, TPGDA, PETA 첨가 시 광투과율이 낮게 나타났다. 전반적인 특성을 고려할 때, 에틸렌 옥사이드 구조로 인해 유연성과 치수안정성이 높다고 알려진 TMPETA를 사용할 경우 가장 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 Kim등[6]의 결과와도 유사하다.

올리고머와 용매의 종류 및 배합비를 고정하고 광개시제의 종류 및 함량을 변경하여 얻은 하드코팅 필름의 기계적·광학적 특성을 Table 7에 나타내었다. 광개시제의 종류에 관계없이 3H 이상의 우수한 연필경도를 나타내었고 특히 α-aminoketone계 IRGACURE 907, mono acyl phosphine계 DAROCUR TPO를 5 wt% 첨가한 경우, 그리고 IRGACURE 184와 DAROCUR TPO를 7:3 비율로 고행분 대비 5wt% 배합한 경우 4H의 매우 우수한 연필경도를 나타내었다. 그러나 IRGACURE 907를 첨가한 경우 내마모성이 현저히 떨어

어짐을 보였다. 채도장성의 경우 IRGACURE 754, IRGACURE 907, DAROCUR TPO를 5 wt% 첨가했을 때 매우 우수한 결과를 보였다. 광학적 특성으로는 IRGACURE 754를 5 wt%, IRGACURE 907을 5 wt%, IRGACURE 184+907을 5 wt% 첨가했을 때 코팅 전후 흐림정도가 양호 했으며, IRGACURE 184 7 wt%, IRGACURE 754+907 5 wt%, IRGACURE 184+DAROCUR TPO 5wt%일 경우 광투과율이 보다 우수한 결과를 보였다.

올리고머와 광개시제, 용매의 종류 및 배합비를 고정하고 레벨링제를 첨가하여 얻은 하드코팅 필름의 기계적·광학적 특성을 Table 9에 나타내었다. 연필경도는 레벨링제의 종류에 관계없이 3H로 우수하였고 부착성 역시 우수하였지만 실리콘계 레벨링제인 BYK-333을 0.1, 0.2 wt%, 아클릴계 BYK-354를 0.2 wt% 첨가한 경우 내마모성과 채도장성이 낮았고 코팅 전후 흐림정도가 상대적으로 높았으며 광투과율 또한 낮은 결과를 보였다.

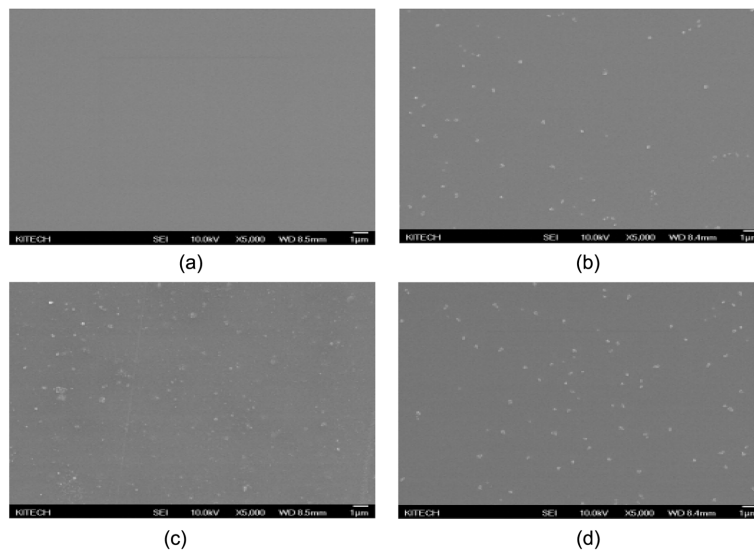
올리고머와 광개시제의 종류 및 배합비를 고정하고 상태에서 혼합용매의 배합비를 조절하여 얻은 하드코팅

Table 9. The properties of various samples prepared with different composition of leveling agents

No	Pencil Hardness	Steel Wool Test	Cross Cut Test		Surface Tension [dyne/cm]	Haze [%]	Light Transmittance[%]
			25°C	100°C			
18	3H	▲	100/100	100/100	30	1.3	90.6
19	3H	▲	100/100	100/100	30	1.7	90.5
20	3H	●	100/100	100/100	32	1.6	90.7
21	3H	●	100/100	98/100	44	1.0	91.0

Table 10. The properties of various samples prepared with different composition of solvent mixtures

No	Pencil Hardness	Steel Wool Test	Cross Cut Test		Surface Tension [dyne/cm]	Haze [%]	Light Transmittance[%]
			25°C	100°C			
22	2H	●	100/100	100/100	36	1.2	90.5
23	2H	●	100/100	100/100	36	1.4	90.5
24	2H	▲	100/100	100/100	38	1.1	90.5
25	3H	▲	100/100	100/100	36	1.2	90.6
26	3H	▲	100/100	100/100	36	1.2	90.5

**Fig. 2.** SEM photographs of surface of hard coating films (a) sample No. 7 (b) sample No. 14 (c) sample No. 17 (d) sample No. 20.

필름의 연필경도, 내마모성, 부착성을 Table 10에 나타내었다. 혼합용매 중 각 용매의 배합비가 같은 2번 시료의 경우보다 그 배합비를 다르게 했을 때 재도장성과 Haze는 다소 향상 되었으나, 나머지 물성은 크게 변화가 없었다. 이밖에 건조온도와 UV 광량 영향 실험에서는 건조온도가 120°C일 경우, 고온에서의 부착성이 88/100으로서 현저히 감소하였으며, 300 mJ/cm의 광량으로 경화할 시 내마모성의 문제가 발생하였다.

3.3. 하드코팅 표면의 모폴로지

Fig. 2는 여러 조성으로 제조된 하드코팅 용액을 PET substrate위에 코팅하여 얻은 하드코팅 필름 표면의 미세구조를 5,000배의 배율로 관찰한 SEM 결과이다. 대부분의 하드코팅 필름에서 Fig. 2의 (a)처럼 미세 균열이 발생되지 않은 매끄러운 표면 상태를 보였지만 광개시제 DAROCUR TPO가 첨가된 14번 시료(b), 17번 시료(c)와 레벨링제 BYK-354가 첨가된 20번 시료

(d)에서 국지적으로 crater 현상이 발생하였다. 이는 광개시제 DAROCUR TPO와 레벨링제 BYK-354가 하드코팅 용액에 균일하게 용해되지 않았기 때문으로, 따라서 이러한 조성의 경우 혼합용매의 종류나 배합비의 조절이 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 PET 필름 표면의 약한 표면경도, 내마모성, 부착성, 재도장성을 보완할 수 있는 코팅용액을 제조하였다. 관능기가 다른 3종의 UV 경화형 올리고머에 반응성 희석제인 6종의 모노머, 5종의 용매, 3종의 광개시제, 3종의 레벨링제를 배합하여 상온에서 20분 교반시킨 후 PET 필름위에 120 um 두께로 바코팅하였다.

코팅된 필름은 오븐에 1분 건조 후 UV 경화장치를 사용해 경화하여 하드코팅 필름을 제조하였다. 이 과정 중 코팅용액의 올리고머 관능기 변화에 따른 물성변화와 모노머, 용매, 광개시제, 레벨링제, 코팅 도막의 두께, 건조 온도, 경화시 UV 광량의 변화가 코팅막의 물성에 미치는 영향을 살펴보았다. UV 경화형 올리고머 선택 시 관능기가 높은 올리고머의 배합비를 높이는 것이 기계적, 광학적 물성을 향상시키는 데 도움을 주었다. 하지만 관능기가 높은 올리고머의 함량이 많아질 경우 점도가 향상되어 작업성이 감소하였으며, 작업성과 가교밀도를 향상시키기 위해 반응성 희석제로 모노머인 TMPETA를 사용한 결과 우수한 물성과 작업성을 보였다. 그리고 광개시제로 phenylglyoxylate계 IRGACURE 754를, 레벨링제는 불소계 BYK-340을 사용하여 향상된 물성을 얻을 수 있었다. 코팅된 필름의 건조온도는 90°C이하로, 그리고 UV 경화시 광량은 400mJ/cm 이상의 광량에서 경화하는 것이 바람직함을 확인할 수 있었다. 하드코팅제는 요구하는 특성 및 필름에 따라 그 성분 및 배합비 그리고 공정조건이 다르므로 매우 많은 인자들의 조절이 필요하며, 일반적인 최적조건을 제시하는 것이 쉽지 않다. 따라서 본 연구 결과를 토대로 향후 특정 제품 용도의 고경도 필름 개발을 위해 인자를 최소한으로 줄이고, 각 인자에 따른 물성 변화 연구를 보다 수행할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

1. Aegerter, M.A. and Al-Dahoudi, N. , "Wet-Chemical Processing of Transparent and Antiglare Conducting ITO Coating on Plastic Substrates" J. Sol-Gel Sci. Technol., Vol. 27, pp. 81-89, 2003.
2. Kim, J. and Hong, S., "Influence of ITO Thickness on the Deformation and Cracking Behaviors of ITO/PET Sheets", Kor. J. Mater. Res., Vol. 19, pp. 1-6, 2009.
3. Sepeur, S., Kunze, N., werner, B. and Schmidt, H., "UV Curable Hard Coatings on Plastics" Thin Solid Films, Vol. 351, pp. 216-219, 1999.
4. Leterrier, Y., Medico, L., Demarco, F., Manson, J.A.E., Betz, U., Escola, M.F., Olsson, M. and Atammy, F., "Mechanical Integrity of Transparent Conductive Oxide Films for Flexible Polymer-Based Displays", Thin Solid Films, Vol. 460, pp. 156-166, 2004.
5. Hozumi, A., Kato, Y. and Takai, O., "Two-Layer hard Coatings on Transparent Resin Substrates for Improvement of abrasion Resistance", Surface and coatings Technology, Vol. 82, pp. 16-22, 1996.
6. Kim, H., Kim, J., Yu, J. and Hong, J., "Experimental Design Approach to Evaluate Chemical Composition Effects of UV Curable Hard Coatings", J. Korean Ind. Eng. Chem., Vol. 12, pp. 287-293, 2001.
7. Hwang, D.K., Moon, J.H., Shul, Y.G., Jung, K.T., Kim, D.H. and Lee, D.W., "Scratch Resistant and Transparent UV-Protective Coating on Polycarbonate" J. Sol-Gel Sci. Technol., Vol. 26, pp. 783-787, 2003.
8. Gilberts, J., Tinnemans, A.H.A, Hogerheide, M.P. and Koster, T.P.M., "UV Curable Hard Transparent Hybrid Coating Materials on Polycarbonate Prepared by the Sol-Gel Method", J. Sol-Gel Sci. Technol., Vol. 11, pp. 153-159, 1998.
9. Chen, Z., Wu, L.Y.L., Chaw, E. and Tham, O., "Scratch Resistance of Brittle Thin Films on Compliant Substrates", Mater. Sci. and Eng. A, Vol. 493, pp. 292-298, 2008.
10. Wirasate, S. and Boerio, F.J., " Effect of Adhesion , Film Thickness, and Substrate Hardness on the Scratch Behavior of Poly(carbonate) Films", J. Adhesion, Vol. 81, pp. 509-528, 2005.

접수일: 2014년 2월 19일, 심사일: 2014년 3월 6일,
게재확정일: 2014년 3월 20일