

자외선 경화형 아크릴계 점착제의 단량체 및 올리고머 함량이 실크 스크린의 인쇄성 및 점착력에 미치는 영향

조민정 · 강호종 · 김동복[†]

광에너지소재연구센터, 단국대학교 고분자공학과

(2016년 11월 21일 접수, 2017년 1월 4일 수정, 2017년 1월 7일 채택)

Effects of Acrylic Monomers and Oligomer Contents on the Silk Screen Printability and Adhesion of UV Curing Acrylic Adhesive

Min-Jeong Cho, Ho-Jong Kang, and Dong-Bok Kim[†]

Dept. of Polymer Science and Engineering, Dankook University, Center for Photofunctional Energy Materials,
Yongin, Gyeonggi 16890, Korea.

(Received November 21, 2016; Revised January 4, 2017; Accepted January 7, 2017)

초록: 자외선 경화형 아크릴계 단량체의 함량을 조절하여 디스플레이 모듈 접합에 사용할 수 있는 점착제를 중합하고 점착 물성 및 실크스크린 인쇄성을 평가하였다. 2-ethylhexyl acrylate(2-EHA)와 아크릴 산(AA) 93:7 비율을 기본처방으로 하여 점착력을 갖도록 하였으며, 기본 처방에 스크린 탈착성 향상을 위한 butyl acrylate(BA), 점착력 향상을 위해 2-hydroxyethyl acrylate(2-HEA)와 tetrahydrofurfuryl acrylate(THFA)를 각각 추가하였다. 기본처방에서 BA의 함량이 7 phr 이상일 때 타래길이는 급격히 감소하고 점착력은 증가하였다. 2-HEA가 3 phr 이상에서 접촉각은 작아지고 폴리카보네이트(PC)에서의 점착력이 감소하는 경향을 보였다. 실크스크린 인쇄 시 직진성과 인쇄퍼짐을 개선하기 위해 THFA를 시럽에 첨가함에 따라 2-HEA가 14 phr의 경우, 점착제의 인쇄성이 저하되는 것으로 나타났다. 결과적으로 기본 처방에 BA 7 phr, 2-HEA 3 phr 및 THFA 7 phr를 첨가했을 때 인쇄성이 가장 양호하였다.

Abstract: For application to display module junction, silk screen printing based on UV-curable acrylic adhesive was studied. Monomers were based on 2-ethylhexyl acrylate (2-EHA) and acrylic acid (AA) 93:7, butyl acrylate (BA), 2-hydroxyethyl acrylate (2-HEA) and tetrahydrofurfuryl acrylate (THFA) added for screen detachability and adhesion, respectively. When the ratio of BA in monomers was added above 7 phr, adhesive was less smeared the screen and spreading length of adhesive decreased, and its adhesion increased. As 2-HEA was added above 3 phr, contact angle decreased and peel strength also decreased on polycarbonate (PC) substrate. When 2-HEA ratio was 14 phr with THFA was added for screen printability include linearity and printing width, the printability of adhesive showed to decrease. As a result, BA 7 phr, 2-HEA 3 phr, and THFA 7 phr with based monomers had good printability.

Keywords: UV curing, silk screen, adhesive, acrylic monomer, printability.

서 론

아크릴계 점착제는 투명성, 점착력, 전기절연성, 내화학성 등이 뛰어나 전기전자, 디스플레이 등 다양한 산업 분야에 많이 사용되고 있다.¹ 그 중 광경화형 아크릴계 점착제는 합성 시 용매를 사용하지 않으며 짧은 시간 내에 상온 경화가 가능하므로 경제적 효율성이 높고 친환경적이다. 또한 우수한 광 투과성, 내후성, 그리고 접착 및 코팅 특성 때문에 디스플레이

레이 분야에서 많이 사용되었다. 최근에는 디스플레이를 포함한 전자 소재 분야에서 경량화, 공정의 간소화를 위해 점착제에 대한 연구가 많이 이뤄지고 있다.^{2,3} 그 중 OCA(optically clear adhesive)와 OCR(optically clear resin)이 터치패널 접합 등의 용도에 대표적으로 사용되고 있다.^{4,6}

광경화형 아크릴계 점착제는 전자선(electron beam, EB) 경화와 자외선(ultraviolet, UV) 경화로 크게 구분된다.⁷ 본 연구는 UV 경화에 의한 점착제에 대한 것으로 경화 전에 아크릴 단량체를 코팅이 용이한 점도가 되도록 고분자로 중합된 시럽을 제조하였다.⁸ 점착제는 용도에 따라 다양하게 적용할 수 있으나 일반적으로 대면적 코팅에 의한 테이프 형태로 적용

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: koreakdb@dankook.ac.kr

©2017 The Polymer Society of Korea. All rights reserved.

Continuous process

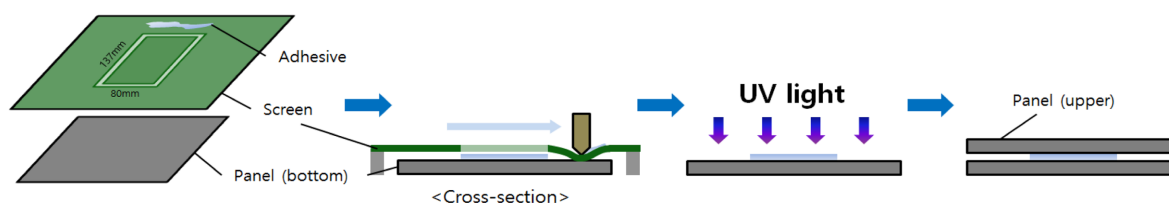


Figure 1. Scheme of display module junction process with silk screen printing process.

한다.⁹ 공정의 간소화를 위해 OCR과 같은 수지를 대면적 코팅 후 유리나 같은 투명기판을 상부에 적용한 후 가열 또는 UV에 의한 경화 공정을 거쳐 터치패널을 제조한다.⁴ 이러한 수지는 저분자량이므로 기포 제거 공정이 필요하며, 경화 후 문제 발생 시 경화된 점착제 제거의 어려움이 발생한다.²

따라서 본 연구에서는 이러한 공정개선 및 경화 후에도 점착제의 제거가 용이하도록 아크릴 고분자를 설계하여 중합하였고, 프린팅 공정에 적용하고자 하였다. 실크 스크린 인쇄는 저분자량의 점착제나 잉크, 도료 등에 대한 연구 및 적용 사례는 있지만¹⁰ 고분자량의 아크릴 점착제를 프린팅 공정에 적용하고자 시도한 사례는 보고된 것이 없다. UV 경화형 점착제를 사용하면 빠른 시간 내에 경화가 가능하므로 공정시간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 프린팅 기법을 적용하므로 연속 작업이 가능하다. Figure 1은 디스플레이 모듈에 실크 스크린 공정을 적용한 공정모식도이다. 대면적 코팅에 의한 기존의 점착테이프를 적용하려면 톱슨작업과 별도의 합지 공정을 거쳐야만 한다. 그러나 실크 스크린 공정을 이용하면 모듈에 직접 점착제 코팅 후 경화하므로 공정시간 단축뿐만 아니라 소량의 점착제로도 필요한 면적과 원하는 패턴으로 점착제를 적용할 수 있어 훨씬 경제적이다.⁹ 본 연구에서는 실크 스크린 프린팅에 적용 가능한 아크릴 고분자 시럽을 다양한 처방으로 제조하여 바리 점착력과 인쇄성을 평가하여 고분자량의 아크릴계 점착제의 적용가능성을 고찰하고자 하였다.

실 험

시약 및 재료. 주단량체로 2-ethylhexyl acrylate(2-EHA, Samchun Chemical Co., Ltd., S. Korea)를 사용하였다. 점착력 향상을 위해 공단량체로 아크릴 산(AA, Samchun Chemical Co., Ltd., Korea)을 사용하였으며, 추가로 2-hydroxyethyl acrylate(2-HEA, Samchun Chemical Co., Ltd., Korea), butyl acrylate(BA, Samchun Chemical Co., Ltd., Korea), 및 기능성 올리고머로 tetrahydrofurfuryl acrylate(THFA, Miwon specialty chemical Co. Ltd., Korea)를 사용하였다. 광개시제는 1-hydroxycyclohexyl phenyl methanone(Igacure 184, BASF)를 사용하였으며 경화제는 1-dodecanethiol(Sigma-Aldrich Korea)

를 사용하였다.

시럽 중합 및 단량체 비율. 2-EHA와 AA를 중량비로 각각 93 및 7 wt%로 고정하고, BA 및 2-HEA는 2-EHA:AA의 중량 100에 대한 phr수로 첨가하여 3원 또는 4원 공중합을 하여 시럽을 제조하였다. 중합 시 광개시제 184는 0.05 phr 첨가하여 10분 동안 질소분위기하에서 교반하였고, 중합 시 UV 조사 강도는 40 W/m²로 하였다. 기본처방을 2-EHA:AA로 선정 한 이유는 AA를 제외한 2-EHA:BA 또는 2-EHA:2-HEA만을 중합한 시럽을 이용한 점착제의 바리 점착력이 약 0.3 kgf/25 mm 정도로 낮아 디스플레이 패널 접합을 위한 점착력을 증가시키기 위해 AA를 첨가하여 설계하였다. BA 및 2-HEA를 각각 첨가한 3원 공중합 시 3, 7, 14 phr를 첨가하여 중합하였고, 4원 공중합은 BA 7 phr 및 14 phr일 때 2-HEA를 각각 3, 7, 14 phr 첨가하여 중합하였다. 또한 BA 및 2-HEA가 포함된 시럽에 기능성 올리고머 THFA를 7, 14, 21 phr로 각각 혼합하여 사용하였다.

코팅 및 물성 평가. 바리 점착력 및 물성을 평가하기 위해 중합된 시럽에 추가로 광개시제 및 경화제를 각각 0.4 phr 및 0.3 phr를 첨가하여 10분간 교반 후 바코터를 이용해 38 μ m 두께의 PET 필름에 20 μ m로 코팅한 후 2분 동안 UV를 조사하여 경화시켰으며, UV 램프는 금속 할로젠 램프이며 UV 강도는 1 m/min 속도일 때 1.637 J/cm²이었다. 경화된 점착제는 폭 25 mm, 길이 150 mm로 샘플링하여 universal testing machine(UTM, LLOYD, LR10K)을 사용하여 바리 점착력을 측정하였고, 로드셀은 100 N $\pm$ 0.05%, propagation speed 300 mm/min에서 180°로 당겨 벗김으로 측정하였다. 피착재는 폴리카보네이트(PC) 필름, 유리 및 SUS304를 사용하였고 점착제 표면의 접촉각은 Phoenix 300 Tensiometer (Surface Electro Optics Co.)를 이용하여 측정하였다.

실크 스크린 프린팅 및 인쇄성 평가. 실크 스크린 mesh의 규격은 ST200(1인치 당 200 구멍 수)을 사용하였으며, 스크린을 통과한 점착제의 두께가 20 μ m가 되도록 좌우 텐션을 X: 0.82, Y: 0.80으로 하였으며 패턴 폭은 3 mm로 하였다. 통과된 점착제의 두께 측정은 점착제를 2분간 UV를 조사시켜 경화시킨 후 상부에 PET 필름을 덮은 후 마이크로미터로 측정하였다. 또한 스크린을 통과한 점착제의 인쇄퍼짐도 경화

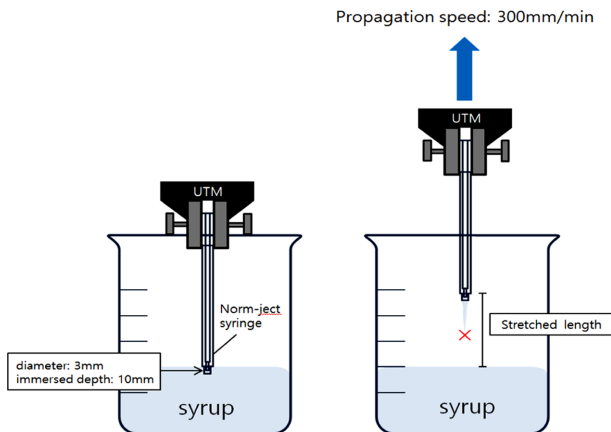
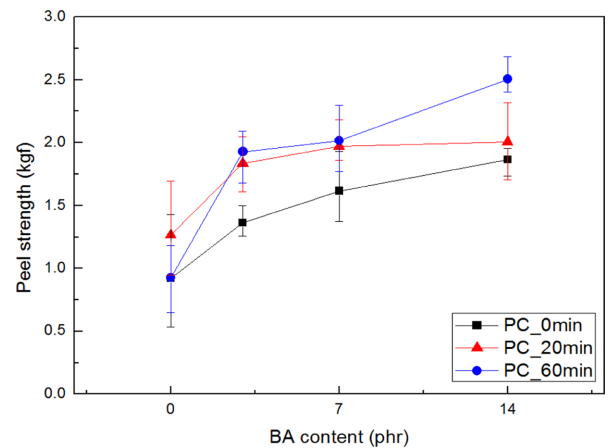


Figure 2. Scheme of measuring the stretched length for screen detachability.

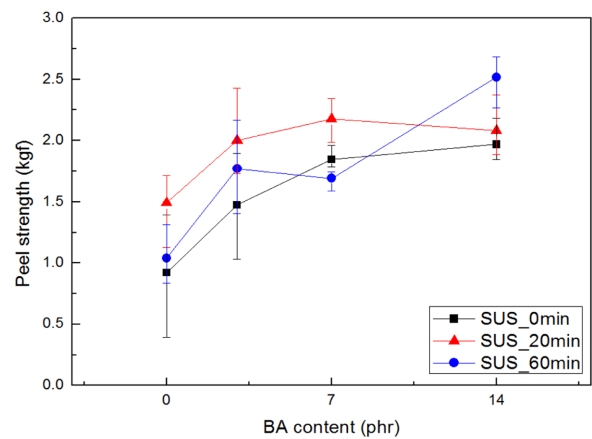
후에 측정하였으며, 3 mm 폭을 기준으로 0.5 mm 간격을 측정할 수 있는 자를 사용하였다. 패턴 직진성은 육안관찰 및 사진촬영을 통해 처방별로 비교 및 판단하였다. 실크스크린을 이용한 프린팅 공정은 짧은 시간에 이뤄지며 스크린 메쉬를 통과한 점착제가 메쉬에 붙지 않아야 공정 안정성을 확보할 수 있다. 또한 수십 또는 수백 번의 반복 인쇄성을 확보하기 위해서는 메쉬로부터 점착제가 잘 떨어지는 특성이 필요하다. Figure 2는 이러한 탈착성을 판단하기 위해 자체 고안한 방법을 도식한 것으로써 아크릴 점착제 설계에 따라 중합된 시럽을 비이커에 넣고 폴리프로필렌 재질의 일회용 시린지를 시럽 표면에 접촉하고 UTM을 이용하여 cross head speed 300 mm/min으로 당겨 올리면서 실타래로 올라가다가 끊긴 지점을 측정하여 평가하였다.

결과 및 토론

Peel Strength. BA 함량에 따른 점착력 변화: 디스플레이 모듈에 사용되는 소재는 경량화 및 다기능을 구현하기 위해 박형 유리 및 다양한 유무기소재가 사용된다. 공정을 간소화하기 위해 점착제가 많이 적용되고 있고^{2,11} 소재에 따라 요구하는 점착력이 다르다. 본 연구는 점착제의 유연 특성 구현에 적합한 유리전이 온도가 -85 °C로 낮은 2-EHA에 점착력 및 응집력 향상을 위해 AA를 추가하여 기본 처방으로 사용하였다. 또한 본 절에서 BA의 영향을 고찰하고자 2-EHA:AA의 비율이 93:7을 기준으로 BA를 함량별로 추가하여 3원 공중합시켜 얻은 시럽을 경화시켜 물성을 고찰하였다. Figure 3은 피착재로 사용된 PC와 SUS에 점착제를 붙이고 시간 경과에 따른 박리 점착력을 각각 나타낸 것이다. 일반적으로 점착력이 1 kgf/25 mm 이하이면 폴리에틸렌(PE)이나 폴리프로필렌(PP)과 같은 표면에너지가 낮은 소재에는 거의 붙지 않는다.¹² 표면에너지가 높은 동종 또는 이종의 소재



(a)



(b)

Figure 3. Effects of BA contents based on EHA:AA=93:7 with 0, 20, and 60 min wetting time: (a) PC; (b) SUS.

를 접합시킬 경우 점착력을 증가시키기 위해 점착층을 두껍게 하는데, 이 경우는 점착력이 높아 점착제와 피착재간 재분리가 어려워진다. 따라서 피착재의 손상 없이 재분리가 가능한 적절한 점착력은 약 1~2 kgf/25 mm 정도로 생각된다. Figure 3(a)에서 초기 0분의 점착력 거동을 보면 BA를 사용하지 않은 기본 처방은 1.0 kgf/25 mm보다 낮은 점착력을 보였으며, BA 함량 증가에 따라 적용시간이 증가에 따라 증가하였으며 BA 함량이 14 phr, 60분에서의 점착력은 약 2.5 kgf/25 mm까지 높아졌다. 점착제 두께가 20 μ m인 것을 감안하면 높은 물성을 발현함을 알 수 있었다.

Figure 3(b)는 유리에서의 결과로 전반적으로 PC와 동일한 거동변화를 보이나 특이한 것은 BA 함량 3 및 7 phr는 적용시간 20분보다 60분의 점착력이 오히려 낮게 나타났다. 일반적으로 적용시간이 늘어날수록 피착재로의 젖음성이 증가하여 점착력이 증가하는데¹¹ 본 연구에서 이러한 결과를 보인 것은 BA 함량이 적으면 유리 표면에 이미 wetting된 고분자 사슬들이 부분적으로 응집하여 시간이 더 경과하면 오히려

점착력이 낮아진 것으로 생각된다.

2-HEA 함량에 따른 점착력 변화: Figure 4는 2-EHA:AA의 비율 93:7을 기준으로 2-HEA를 함량별로 추가하여 3원 공중합시켜 얻은 점착제의 물성 변화를 도식한 것이다. 2-HEA 3 phr에서 가장 높은 점착력을 보였으며 그 이상의 함량에서는 점착 감소하는 경향을 보였다. 이것은 3 phr의 2-HEA가 2-EHA 및 AA와 균일한 비율로 공중합되어 가장 높은 점착력을 보인 것으로 생각되며, 그 이상의 함량에서는 고분자 사슬에 -OH가 많음에도 불구하고 점착력이 낮아진 것은 BA보다 2-HEA 단량체의 분자길이가 짧아 점착제의 유연성이 저하되기 때문이다. 표면에너지가 PC보다 높은 유리에서는 2-HEA 7 phr에서 가장 높은 점착력을 보였다(Figure 4(b)). 이것은 유리에서의 젖음성이 PC보다 더 높은 것을 의미하며, 이 때 2-HEA의 -OH와 피착재간의 상호작용도 유리에서는 3 phr보다 7 phr가 더욱 활성화된 것을 뜻한다. 점착제 적용시간에 따른 점착력 변화는 Figure 3의 BA와 비교해

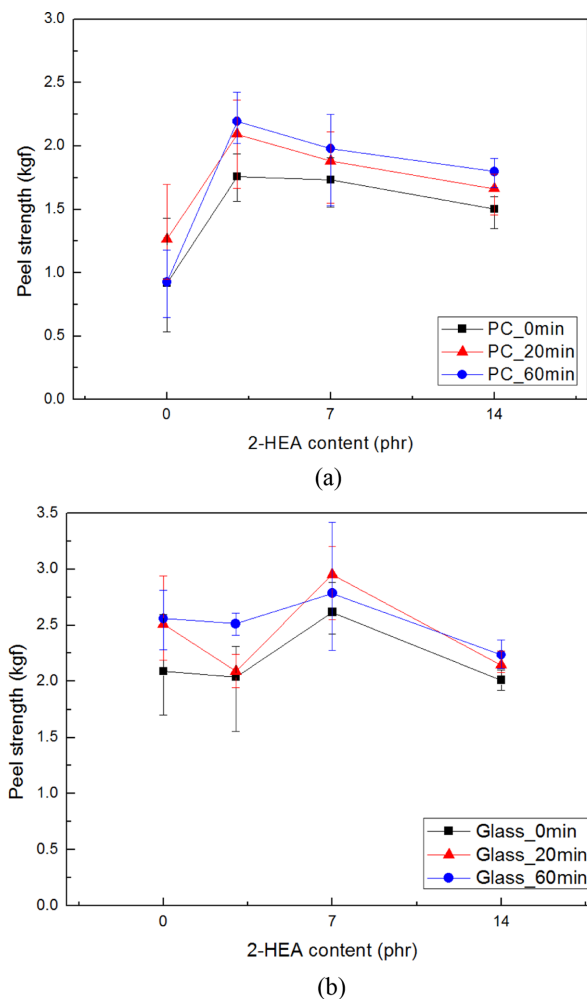


Figure 4. Effects of 2-HEA contents based on EHA:AA=93:7 with 0, 20, and 60 min wetting time: (a) PC; (b) glass.

보면 2-HEA 3 및 7 phr 첨가 시 PC 및 유리에서 점착력이 공통적으로 증가하는 것으로 나타났는데, 이것은 -OH로 인해 한번 발현된 친수성이 시간 경과에 따라 점착제의 젖음성을 가속시킨 결과로 볼 수 있다.

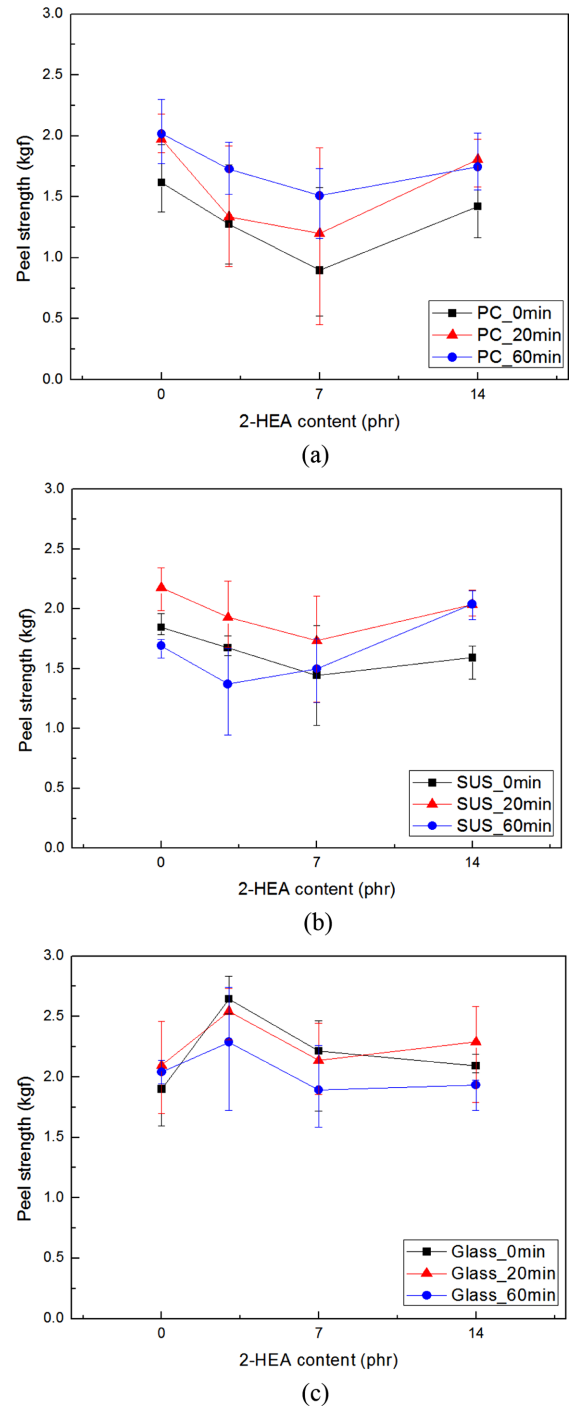


Figure 5. Effects of 2-HEA contents added to BA 7 phr based on EHA:AA=93:7 with 0, 20, and 60 min wetting time: (a) PC; (b) SUS; (c) glass.

BA; 2-HEA 함량에 따른 점착력 변화: Figure 5는 2-EHA:AA의 중량비를 93:7 기준으로 BA 함량 7 phr일 때 2-HEA의 함량별로 중합한 점착제의 점착력 결과를 피착재 및 적용시간에 따라 나타낸 것이다. 2-HEA 함량 증가에 따라 7 phr에서 점착력이 감소하다가 다시 증가하는 것을 볼 수 있다. 2-HEA가 아크릴 시럽 중합 시 BA와 동등한 7 phr일 때 점착력 효과가 가장 낮으며, 이것은 BA 또는 공단량체로 사용한 AA와 비슷한 함량으로 -OH 기의 영향력이 최소화되었기 때문이다. 피착재 및 적용시간에 따른 점착력 변화를 보면, PC(Figure 5(a))에서는 BA(Figure 3(a))와 마찬가지로 시간 경과에 따라 점착력이 증가하는 일반적인 거동을 보인 반면, SUS에서는 적용시간 60분이 오히려 20분보다 낮은 점착력을 보였다. 이것은 Figure 3(b)의 유리에서 BA의 결과와 동일한 거동을 보였다. 이러한 거동은 PC보다 표면에너지가 높은 SUS 및 유리에서 공통적으로 나타난 현상으로, 특히 유리(Figure 5(c))에서의 거동은 피착재의 표면에너지가 더 높을수록 BA의 영향으로 초기 0분에서 20 및 60분으로 시간 경과에 따라 현저하게 점착력이 저하되는 결과를 보였다. 따라서 BA가 포함된 2-HEA 함량 및 시간에 따른 점착력 변화는 표면에너지가 높은 피착재일수록 2-HEA에 의한 친수성보다 BA로 인한 소수성이 더 크게 작용하여 젖음성이 낮아졌기 때문이다.

BA; 2-HEA/THFA 함량에 따른 점착력 변화: Figure 6은 2-EHA:AA=93:7의 기본처방 및 BA 7 phr를 기준으로 하여 2-HEA 함량별로 4원 공중합된 시럽에 THFA를 함량별로 혼합하여 경화시킨 점착제의 피착재 유리에서 20분 후의 물성을 측정된 결과이다. THFA를 첨가한 이유는 점착제 고분자 사슬의 강직도를 증가시켜 코팅 시 점착제의 점도를 증가시킬 뿐만 아니라, 경화된 점착제의 내부 응집력을 증가시킴으로 피착재에서 점착제를 분리 시 잔여물 없이 잘 분리시키기

위함이다.^{6,13,14} 또한 THFA로 인해 실크 스크린 인쇄성에 대한 영향을 고찰하기 위함이다. Figure 6에서 2-HEA가 없는 경우를 보면 THFA 함량이 증가할수록 큰 폭으로 점착력 저하가 일어났으며 2-HEA 3 phr에서도 THFA 함량이 증가에 따라 점착력이 낮아졌으나, 2-HEA가 없는 것보다 전체적으로 점착력이 높게 나타났다. THFA 첨가에 따라 점착력이 낮아지는 것은 표면에너지가 높은 유리 표면에 점착제 고분자 사슬이 국부적으로 응집하였거나 THFA에 의한 강직한 고분자 사슬의 유연성이 떨어져 비교적 초기시간 20분에서 점착력이 낮아졌기 때문이다. 이러한 특성은 앞 절에서 고찰하였듯, BA가 포함된 점착제에서 피착재의 표면에너지가 높으면 2-HEA의 함량이 증가할수록 주사슬의 길이가 짧아져 유연성이 저하되어 점착력이 저하되는 거동과 일치한다.

2-HEA 7 및 14 phr에서는 THFA 함량 증가에 따라 점착력이 낮아지다가 다시 증가한다. 이를 자세히 표현하기 위해 Figure 7에 2-HEA 7 및 14 phr에서 THFA 함량에 따른 점착력 변화를 다시 나타내었다. 2-HEA 7 phr에서는 THFA 21 phr가, 2-HEA 14 phr에서는 THFA 14 phr가 다시 증가하는 거동을 보였다. 이것은 THFA로 인해 고분자 사슬의 강직도가 증가하여 점착력이 낮아지나 2-HEA가 많음으로 유연성 및 -OH 기에 의한 점착력 향상으로 생각된다. 또한 2-HEA 14 phr, THFA 21 phr에서 점착력이 다시 감소하는 것은 이러한 THFA의 강직성이 2-HEA로 인한 유연성보다 약간 더 크게 작용하여 점착력 상승을 억제한 효과 때문이다.

접촉각 변화. 점착제의 표면특성이 점착력에 미치는 영향을 알아보기 위해 접촉각을 측정하였다. Figure 8은 중합된 점착제 시럽을 20 μm 로 코팅하여 UV 조사로 경화한 후, 표면에 1차 증류수를 떨어뜨려 접촉각을 측정된 결과이다. Figure 8(a)는 2-HEA 함량이 증가할수록 접촉각이 감소하며, Figure 8(b)는 BA 함량이 증가할수록 접촉각이 증가함을, Figure 8(c)

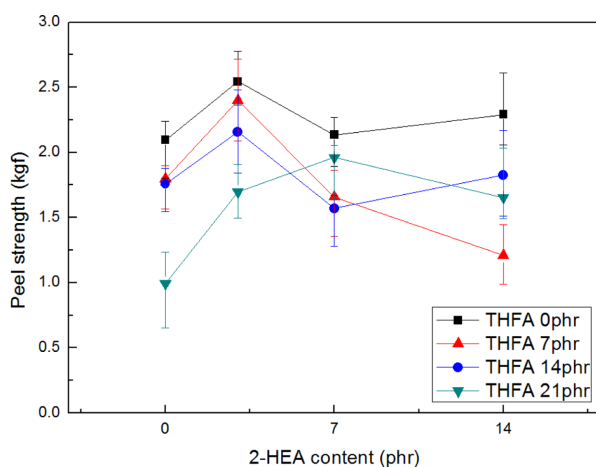


Figure 6. Effects of 2-HEA and THFA contents added to BA 7 phr based on EHA:AA=93:7 with wetting time 20 min on glass.

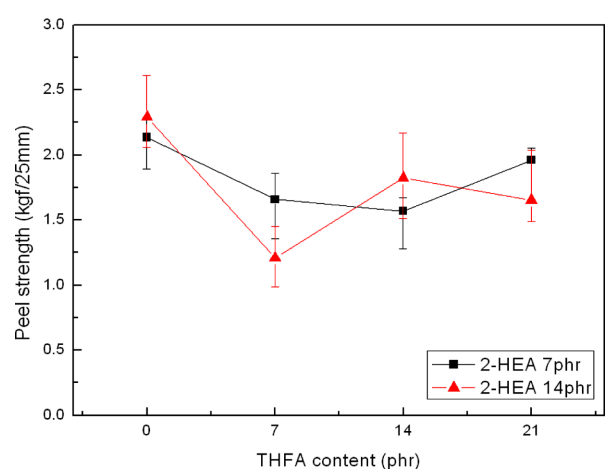


Figure 7. Effects of THFA contents at 2-HEA 7 and 14 phr with wetting time 20 min on glass.

는 THFA 함량이 증가할수록 접착각이 증가하였다. 구체적으로 고찰하면, Figure 8(a)는 2-HEA 함량 증가에 따라 접착각이 반비례 관계에 있으며, 2-HEA의 함량이 증가하면 -OH 기

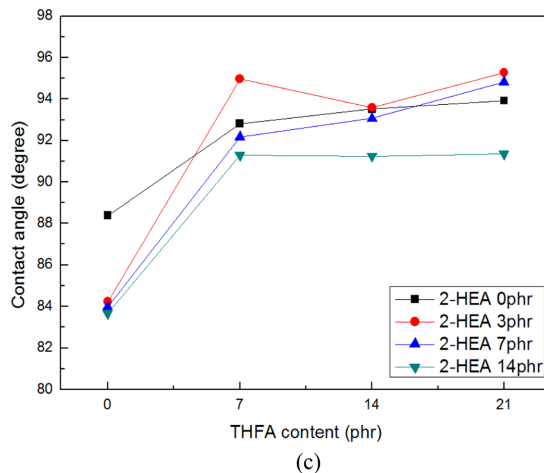
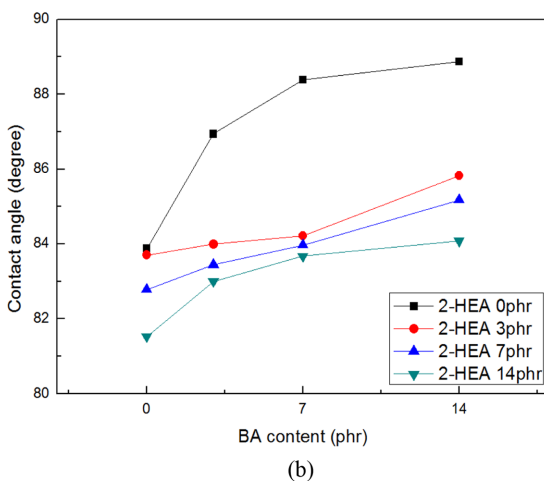
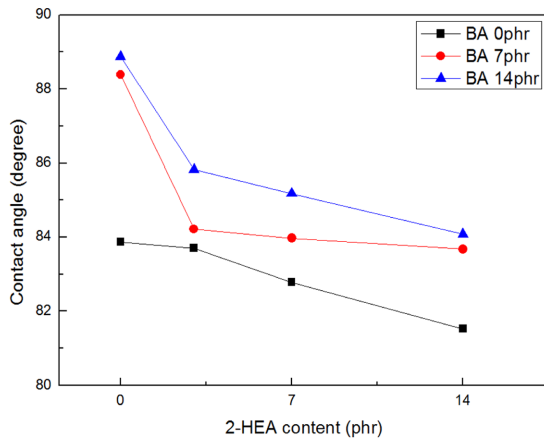


Figure 8. Contact angle according to acrylic monomers and oligomer contents of adhesive after UV curing: (a) 2-HEA; (b) BA; (c) THFA.

가 많아져 표면에너지가 높아지며, 이것은 점착력이 증가하는 요인이 된다. 반면에, BA 함량이 증가함에 따라 접착각이 높아진 것(Figure 8(b))은 점착제 표면이 보다 더 소수성 특성을 가지게 된 것이며 BA는 함량증가에 따라 접착각이 비례적으로 증가하였다. 또한 Figure 8(a)와 비교해 보면 7 phr에서 14 phr로 각각의 함량이 증가했을 때 BA는 접착각의 변화가 약 2° 이하인 반면, 2-HEA는 약 1.5°이며, 이것은 미미하지만 BA가 접착각에 더 큰 영향을 준 것이며 이것으로부터 점착제의 점착력에 2-HEA보다 BA가 더 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. Figure 8(c)의 THFA 함량 증가에 따른 거동은 BA와 유사하게 비례적으로 접착각이 증가하지만 7 phr 이상의 함량에서 전체적으로 접착각이 약 91° 이상의 높은 값으로 BA와 큰 차이를 보였다. 이것은 THFA를 혼합함으로써 점착제의 표면에너지를 더욱 낮추게 됨으로 점착력이 낮아지는 앞 절에서 결과와 잘 일치하였다.

점착력 vs 접착각. Figure 9는 앞 절에서 고찰한 다양한 아크릴 처방 및 함량에 따른 피착재 PC에서의 점착력을 접착각에 대하여 도시한 것으로 처방에 따른 점착제 표면의 접착각이 점착력과 어떤 상관관계가 있는가를 구체적으로 알아보려 한 것이다. 2-HEA 및 BA와 같은 단량체를 단독으로 사용하는 것보다 THFA 올리고머를 추가로 사용하면 소수성 특성이 증가하여 접착각이 더욱 높아지나 점착력은 약 1~1.5 kgf/25 mm 정도로 비교적 낮게 나타났다. 또한 단량체만 사용하면 전체적으로 접착각이 올리고머를 사용한 것보다 낮은 수준이나 점착력은 증가함을 알았으며, 특히 BA는 접착각과 점착력을 상충하는 효과가 있음을 확인하였다.

타래 길이 변화. Figure 10은 BA 함량에 따른 중합된 시럽의 스크린 탈착성을 고찰하기 위해 UTM을 이용하여 자체 고안한 방법으로 점착제 고분자 사슬로 연결된 타래가 끊어질 때의 길이를 측정한 결과이다. BA를 첨가하지 않은 2-

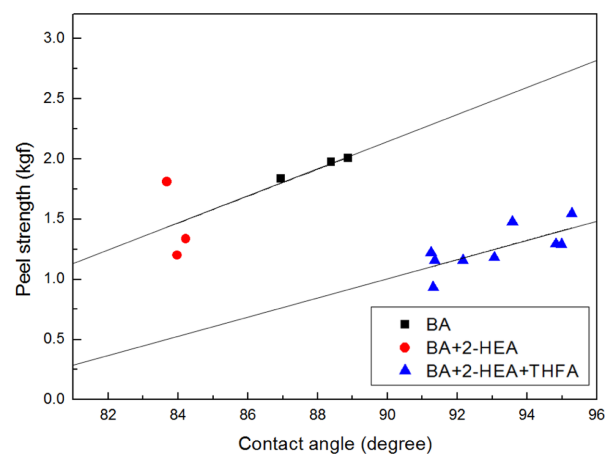


Figure 9. Relationship of contact angle and peel strength on various acrylic monomers and oligomer contents with wetting time 20 min on PC substrate.

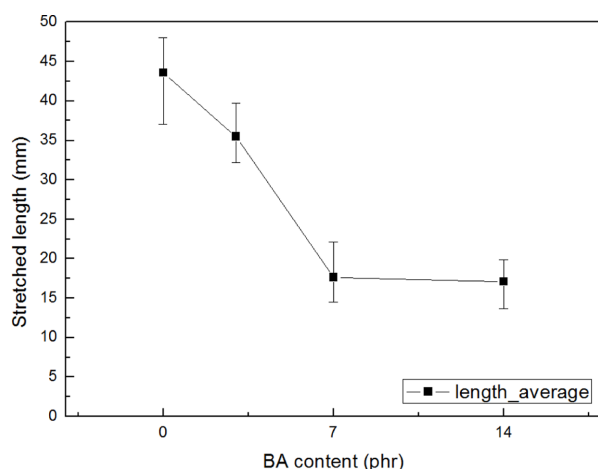


Figure 10. Stretched length according to BA contents based on 2-EHA:AA=93:7.

EHA:AA 기본처방은 평균 43.6 mm로 실크 스크린에 붙어 인쇄가 불가능하다. BA 함량이 7 및 14 phr로 증가함에 따라 각각 17.6 및 17.1 mm로 급격하게 끊어진 위치가 줄어들었으며, 이것은 BA 단량체가 2-EHA보다 상대적으로 사슬길이 짧으므로 BA 함량이 증가함에 따라 공중합체의 T_g 가 증가하여 고분자 사슬의 연신성이 줄어든 것으로 볼 수 있다. Figure 11은 BA 함량별로 실크스크린 인쇄 후 패턴 측면에 나타난 타래 여부를 Nikon S3000 카메라로 촬영한 것이다. BA 함량 7 phr 이후부터 타래가 발생하지 않으므로 실크 스크린 인쇄성을 위해 중합 시 일정량의 BA를 첨가해야 한다.

실크스크린 인쇄성. 본 연구는 UV 경화형 아크릴 접착제를 실크 스크린 공정에 적용하고자 한 것으로 앞 절에서 고찰한 BA 7 phr를 기준으로 2-HEA 및 THFA 함량에 따른 인쇄성을 고찰하였다. 각 중합시료 또는 올리고머인 THFA를 혼합한 코팅액을 프린팅 및 경화한 후 4가지 항목 즉, 인쇄 퍼짐(printing width), 스크린 투과성(thickness), 직진성(linearity) 및 스크린 탈착성(screen detachability)을 평가하였다. 인쇄퍼짐은 스크린의 패턴 규격 3 mm에 맞게 인쇄되는지 평가하였고, 투과성은 접착제가 스크린 메쉬를 투과하여 원하는 두께로 인쇄되는지를 평가한 것이다. 폭과 두께는 정확한 측정을 위해 인쇄된 접착제를 경화시킨 후 측정하는 것이다. 직진성은 인쇄된 접착제의 외곽 부분이 곧게 인쇄되었는지를 평가한 것으로, Figure 12에서와 같이 Nikon S3000 카메라를 이용해 촬영한 이미지로부터 판단하였으며, 시료코드는 BA(B), 2-HEA(H), THFA(T) 및 함량을 숫자로 함께 표시하였다. 스크린 탈착성은 스크린 인쇄 후 접착제가 통과된 하부 메쉬에 접착제가 묻어 나오는 유무로 평가하였다.

Table 1 및 2는 접착력 고찰에서 사용한 기본처방 2-EHA:AA=93:7을 기준으로 BA를 7 phr로 고정하고 2-HEA 함량에

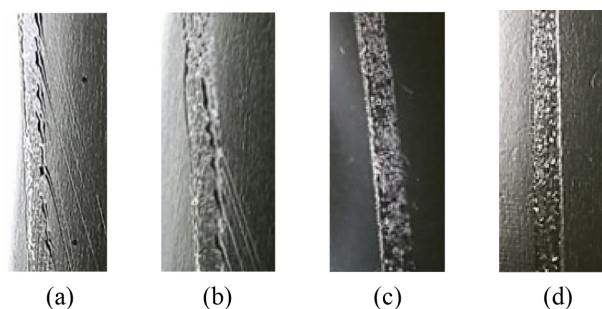


Figure 11. Photograph of various acrylic adhesives after silk screen printing based on 2-EHA:AA=93:7 : (a) BA 0 phr; (b) BA 3 phr; (c) BA 7 phr; (d) BA 14 phr.

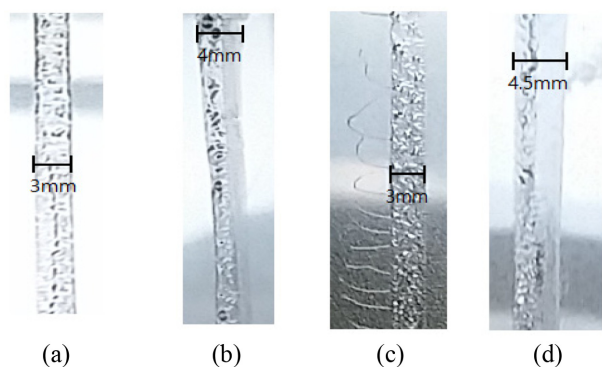


Figure 12. Photograph of various acrylic adhesives after silk screen printing based on 2-EHA:AA=93:7 : (a) B7(T7~T21); (b) B7/H3/T21; (c) B7/H7; (d) B7/H14.

따른 시료 또는 시료에 THFA를 혼합하여 상기 4가지 항목의 인쇄성을 평가하여 결과를 정리한 것이다. Table 1을 보면, 인쇄퍼짐은 B7/H3/T21을 제외한 처방에서 3 mm로 패턴 폭과 동일하게 인쇄되었다. 2-HEA 함량이 7 phr에서 14 phr로 증가한 결과를 보면(Table 2) 폭이 3 mm보다 증가함을 보였다. 이것은 2-HEA의 -OH가 많음으로 인해 PET 필름에 더 잘 붙은 결과이다. 실크 스크린을 통과한 접착제 두께는 2-HEA 3 phr와 THFA 7 phr 첨가하였을 때(B7/H3/T7) 7 μ m로 가장 양호한 투과성을 보였으며 또한 이 처방에서 직진성, 스크린 탈착성도 양호한 것으로 나타났다.

Table 2는 2-HEA가 7 phr일 때 THFA 함량을 증가시키기에 따라 스크린을 통과한 접착제 두께는 낮아지는 경향을 보여주고 있다. B7/H7/T14의 처방이 두께를 제외하고 비교적 양호한 결과를 보였다. 2-HEA 함량이 더 높은 14 phr의 경우 THFA 함량이 증가하면 인쇄 두께는 약간 증가하나 전체적으로 직진성이 모두 불량하였다. 한편, THFA 유무 및 함량과 관계없이 스크린 탈착성은 모두 양호하였다. 따라서 4가지 항목을 종합하면 기본처방에 BA 7 phr 그리고 2-HEA 3 phr, THFA 7 phr 및 2-HEA 7 phr, THFA 14 phr인 조건

Table 1. Results of Silk-Screen Printability-I

Sample code	B7	B7/T7	B7/T14	B7/T21	B7/H3	B7/H3/T7	B7/H3/T14	B7/H3/T21
Printing width (mm)	3	3	3	3	3	3	3	4
Thickness (μm)	4	5	3	3	3	7	3	3
Linearity	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	NG
Screen detachability	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK	OK

Table 2. Results of Silk-Screen Printability-II

Sample code	B7/H7	B7/H7/T7	B7/H7/T14	B7/H7/T21	B7/H14	B7/H14/T7	B7/H14/T14	B7/H14/T21
Printing width (mm)	2~3	3	3	3	4	4	4	5
Thickness (μm)	7	5	5	4	6	3	3	5
Linearity	NG	OK	OK	OK	NG	NG	NG	NG
Screen detachability	NG	NG	OK	NG	OK	OK	OK	OK

이 스크린 인쇄에 적합할 것이다. 즉, 2-HEA와 THFA를 공통적으로 사용해야 하며 phr 비율이 1:2이어야 하고 두 조성의 합이 10~21 phr일 때 스크린 인쇄성이 양호할 것이다.

결 론

본 연구는 아크릴계 단량체 종류 및 함량별로 중합한 시럽 및 올리고머 혼합에 의해 제조한 점착제의 점착력을 피착제별로 평가하였고, 디스플레이 모듈 접합에의 적용 가능성을 위해 접착각 및 실크 스크린 인쇄성을 평가하여 다음의 결론을 얻었다.

1. 2-EHA:AA=93:7의 기본처방에 BA 함량에 따른 점착력은 BA가 증가할수록 비례적으로 증가하였고, 2-HEA는 함량 증가에 따라 반비례적으로 점착력이 감소하였다.

2. 적용시간 증가에 따라 피착제 PC에서는 BA 및 2-HEA 유무와 관계없이 젖음성이 증가하였으나, 표면에너지가 높은 유리에서는 BA의 응집에 의한 젖음성이 저하되었으며 THFA 함량에 따른 결과도 2-HEA보다 BA의 영향을 받아 점착력이 저하되는 동일한 결과를 보였다.

3. 점착제 표면의 접착각은 2-HEA가 첨가되었을 때 가장 낮았으며, THFA를 혼합하여 경화시킨 점착제가 91° 이상의 높은 값을 보였다. 또한 BA는 점착력 및 접착각을 상충시키는 역할을 하였다.

4. 실크 스크린 인쇄성에서 직진성과 인쇄파질을 개선하기 위해 THFA를 시럽에 첨가하며, BA 7 phr, 2-HEA 3 phr 및 THFA 7 phr를 첨가했을 때 인쇄성이 가장 양호하였다.

상기 결과를 토대로 자외선 경화형 아크릴계 점착제를 사용하여 실크 스크린 공정에 적용하면 빠른 시간 및 소량의 점착제로 플라스틱을 포함한 디스플레이 모듈 접합을 이룰

수 있어 다양한 부품 소재 산업 분야에서 응용이 가능할 것이다.

감사의 글: 본 연구는 2016년도 경기도지역협력연구사업 (GRRC단국 2014-B03)에 의하여 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. I. K. Sung, G. H. Park, W. S. Gong, and S. H. Park, *J. Adhes. Interface (Korea)*, **15**, 176 (2014).
2. E. S. Park, J. W. Park, and H. J. Kim, *Polym. Sci. Technol. (Korea)*, **23**, 48 (2012).
3. D. B. Kim, *Polym. Korea*, **40**, 1 (2016).
4. C. H. Park and H. J. Kim, *Polym. Sci. Technol. (Korea)*, **26**, 314 (2015).
5. S. S. Baek, S. J. Jang, J. H. Lee, D. H. Kho, S. H. Lee, and S. H. Hwang, *Polym. Korea*, **38**, 199 (2014).
6. S. S. Baek, S. J. Jang, S. W. Lee, and S. H. Hwang, *Polym. Korea*, **38**, 682 (2014).
7. G. S. Yoon, C. H. Shin, and B. G. Min, *Elast. Compos.*, **24**, 309 (1989).
8. J. Piglowski and M. Kozlowski, *Rheol. Acta*, **24**, 519 (1985).
9. S. J. Kim, Master's Thesis, KAIST, Korea (2012).
10. J. K. Park and C. Y. Kim, *Korean Chem. Eng. Res.*, **48**, 397 (2010).
11. D. B. Kim, *Polym. Korea*, **37**, 184 (2013).
12. D. P. Subedi, *The Himalayan Physics*, vol II, 3 (2011).
13. M. C. Chang, C. L. Mao, and R. R. Vargas, U.S. Patent 4,564,664 (1986).
14. S. E. Krampe, C. L. Moore, and C. W. Taylor, U.S. Patent 4,732,808 (1988).