

다층구조형 아크릴 접착제의 분자량 및 피착재 종류에 따른 접착특성

김동복[†]

광에너지소재연구센터, 단국대학교 고분자공학과
(2015년 2월 23일 접수, 2015년 3월 24일 수정, 2015년 3월 24일 채택)

Adhesion Properties on the Molecular Weight and Various Substrates of Multi-layered Structural Acrylic Adhesive

Dong-Bok Kim[†]

Center for Photofunctional Energy Materials, Dept. of Polymer Science and Engineering, Dankook University,
#126 Jukjeon-dong, Sugi-ku, Yongin-si, Gyeonggi-do 448-701, Korea

(Received February 23, 2015; Revised March 24, 2015; Accepted March 24, 2015)

초록: 본 연구는 자동차, 건축, 디스플레이 부품 접합 등에 사용되는 다층구조형 양면 접착테이프에 대한 것으로 UV 경화에 의해 제조된 아크릴폼 기재에 용제 건조형 접착제(AD)를 양면에 붙이고 피착재 종류에 따른 박리강도와 전단접착강도를 고찰하였다. AD 종류와 기재 조성에 따른 접착력 변화 및 피착재로 사용한 플라스틱에 대한 접착력을 고찰한 결과, AD의 분자량(MW)이 증가할수록 박리강도 및 전단접착강도가 증가하였으나 약 65만 이상의 MW를 가진 AD는 접착력이 감소하는 거동을 보였다. 양면 접착테이프에 사용된 AD층 두께가 얇을수록 온도감소와 함께 높은 물성 값을 보였다. 기재와 AD와의 계면접합 특성은 MW 615000(AD-4)을 사용한 것이 가장 우수하였으며, MW가 615000보다 낮으면 기재인 아크릴 폼과의 계면이 분리되는 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서 검토한 다층구조형 양면 접착테이프는 표면에너지가 낮은 플라스틱 부품 및 곡면 부위에 적용가능한 산업분야에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract: In this study, we would like to describe peel strength and dynamic shear property on various substrates of multi-layered structural double-sided adhesive tape with or without adhesive (AD) prepared by UV curing for an automobile, construction, and display junction. According to adapt the adhesive, the peel and dynamic shear strength of adhesive tape prepared with acrylic foam or various plastic substrates increased with increasing molecular weight, however, decreased over 650000 molecular weight. The adhesion property shows high value at the thin AD layer with decreasing temperature. The interface property shows highest at MW 615000 (AD-4), and the interface junction below MW 615000 resulted to divide from acrylic foam and adhesive layer. From this study, the multi-layered structural double-sided adhesive tapes seem to be a useful for industrial area such as a low surface energy plastic material and curved substrate.

Keywords: multi-layer, UV curing, double-sided adhesive tape, molecular weight, substrate.

서 론

접착테이프는 일반적으로 용제가 포함된 유동성이 있는 액상의 고분자를 건조 및 경화시켜 반고형의 형태로 제조한다.^{1,2} 이때 기재를 중심으로 단면 또는 양면에 접착제를 코팅한 기재형과 기재를 사용하지 않은 무기재형이 있다. 이러한 접착테이프는 자동차, 전기전자, 디스플레이 등의 부품 접합

에 이러한 기재 또는 무기재형의 접착테이프가 다양하게 사용되고 있다.^{3,4} 디스플레이의 경우 다양한 부품 접합을 위해 양면 접착테이프가 많이 사용되며, 특히 부품의 경박단소화에 따라 고분자 소재 뿐만 아니라 표면처리된 금속, 세라믹 등의 부품 접합에 많이 사용되고 있다.⁵⁻⁸ 용제 건조형 접착제로부터 두께 0.15T(150 μ m) 이상의 무기재형 양면 접착테이프를 제조하기란 쉽지 않다. 따라서 UV 경화에 의한 후막의 무기재형 양면 접착테이프가 일반적으로 많이 이용되고 있다.^{8,9} UV 경화형 양면 접착테이프는 표면에너지가 높은 피착재에 우수한 접착력을 보이거나⁸ 플라스틱과 같은 표면에너지가 낮은 부품을 접합하기 위해선 기능성 필러나 접착부여제 등이

[†]To whom correspondence should be addressed.
E-mail: Koreakdb@dankook.ac.kr
©2015 The Polymer Society of Korea. All rights reserved.

포함된 박막의 용제형 접착제를 무기재 UV 경화형 접착테이프 양면에 laminating한 다층구조를 형성시킬 필요가 있다. 또한 표면에너지가 동일한 부품의 접합을 위해 동종의 접착제를 기재 양면에 코팅 또는 lamination하면 되지만, 이종의 부품 접합은 서로 다른 접착제를 적용한 양면 접착테이프를 사용해야만 효과적인 접착 물성을 발현시킬 수 있다.¹⁰

양면 접착테이프 제조를 위해 사용하는 기재는 PET 및 PP와 같은 고분자 필름 이외에 부직포, fabric metal 및 fabric glass fiber 등 다양한 소재들이 사용되고 있다.¹¹ 또한 연결 우레탄 발포폼이나 PE폼, 고무, 아크릴폼 등을 기재로 한 후막형 양면 접착테이프 등이 자동차 및 전기전자 부품 접합에 많이 적용되고 있다.^{8,12} 일반적으로 PET는 기재형 양면 접착테이프의 기재로 가장 많이 사용되고 있으며 표면에너지가 ABS 및 PC 보다 더 높으며 표면에 플라즈마 등의 처리를 한 후 기재로 사용한다.⁸ PP 및 PE는 용융점이 낮으므로 가공성이 좋아 자동차 부품 및 디스플레이 부품 등에 많이 사용되거나 표면에너지가 낮으므로 접착제가 쉽게 떨어진다.^{8,13} 이러한 표면에너지가 낮은 소재를 기재로 한 양면 접착테이프는 기재와 접착제 사이를 잘 연결해주는 바인더를 사용하며 바인더를 제외할 경우 양면 접착테이프는 최소 3층 이상의 다층구조이므로 제조비용이 높은 단점이 있다.¹⁴

본 연구에서는 일반적으로 사용하는 PET 필름 대신 UV 경화로 얻어진 아크릴 폼을 기재로 사용하여 그 양면에 접착제를 코팅 및 적층시켜 전체 두께 0.4~1.1T(400~1100 μm)인 3층 구조의 양면 접착테이프를 제조하였고, 이때 양면에 사용한 용제 건조형 아크릴 접착제의 분자량 및 피착재 종류에 따른 접착 물성을 측정하여 접착제의 분자량에 따라 UV 경화형 아크릴폼 기재와 피착재와의 상관관계를 고찰하고자 하였다.¹⁵

실 험

시약 및 재료. 용제 건조형 접착제는 Table 1에 나타낸 것과 같이 분자량 값이 510000~1200000 g/mol인 것을 사용하였고, 2-ethylhexyl acrylate(2-EHA)와 butyl acrylate(BA)를 주단량체로 하고 acrylic acid(AAC) 또는 carboxylic acid(CA)를 공단량체로 하여 공중합에 의해 제조된 것으로 ethyl acetate(EAc)를 주용제로 하여 개시제로 사용한 azobisisobutyronitrile(AIBN) 0.15~0.6 wt%를 중합온도 70 °C에서 10~15시간 교반하면서 서서히 적가하여 AIBN 양 및 중합시간에 따라 분자량을 다르게 조절하여 제조된 것을 사용하였으며 Figure 1에 2-EHA/BA/AAC를 이용한 AIBN 0.6 wt%, 15시간에서 중합된 접착제의 ATR(Nicolet iS10, Thermo Scientific) 피크를 나타내었다. 시약은 모두 Samchun Chemical Co., Ltd. (Korea)의 것을 사용하였고, 분자량은 RI detector가 부착된 Agilent 1260 GPC system(Agilent Technologies)을 이용하여

Table 1. Various Solvent-dried Type Acrylic Adhesives for Double-sided Adhesive Tape

Sample code	Mw (g/mol)	PDI	Solid content (%)	Viscosity (cPs)
AD-1	510000	4.32	43	5280
AD-2	532000	5.26	40	6225
AD-3	575000	4.87	30	3870
AD-4	615000	5.53	22	3425
AD-5	660000	4.52	24	4040
AD-6	1200000	6.25	46	7500

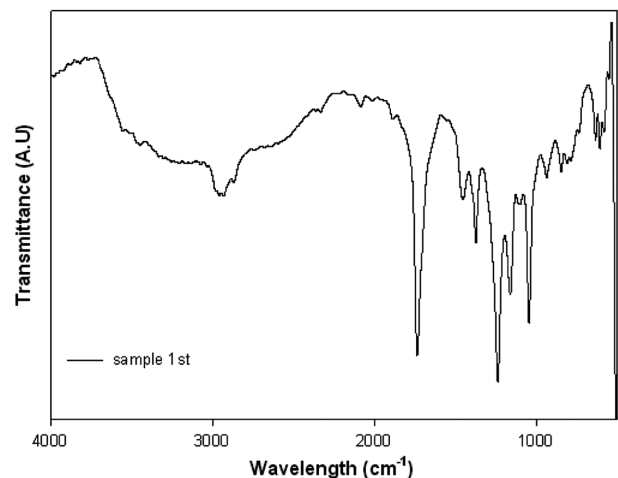


Figure 1. Transmittance of adhesive polymer in 2-EHA/BA/AAC system.

분석하였다. 사용한 컬럼은 PLgel 5 μm MIXED-C(Agilent Technologies)를 25 °C에서 사용하였고 전개용매는 HPLC용 THF를 사용하였다. 분자량 표준물질로 단일분자량의 폴리스티렌이 사용되었다. 기재로 사용한 아크릴 폼은 2-EHA와 AAC을 조성으로 UV 중합 및 경화된 것을 사용하였다. 아크릴 폼 제조는 광개시제로 1-hydroxycyclohexyl phenyl methanone(PI, Irgacure 184, BASF)을 사용하여 상기의 조성으로 중합된 점도 약 3500 cps인 UV 시럽을 먼저 제조하고¹⁶ 1,6-hexanediol diacrylate(HDDA, Miwon Specialty Chemical, S. Korea),¹⁷ PI 및 무기물 충전제(SiO_2 , 3M Co.)를 투입하여 2차 UV 조사에 의해 밀도가 다른 기재를 각각 경화시켜 제조하였다. Figure 2에 UV조사에 의한 시럽, 추가 개시제 및 경화제 첨가에 따른 2차 UV조사 전후의 ATR 결과를 나타내었다. 810 cm^{-1} 에서의 아크릴 단량체의 $-\text{C}=\text{C}-$ 이중 결합의 특성피크가 줄어들므로 경화된 것을 확인하였다. Table 2는 기재의 밀도를 낮추기 위한 무기물 필러 함량 및 아크릴 단량체의 비율에 대하여 나타낸 것이다. 이때 사용한 SiO_2 입자는 hollow 타입으로 true density가 0.125 g/cm^3 , 입자크기가 30~120 μm 인 것을 사용하였다.¹⁸

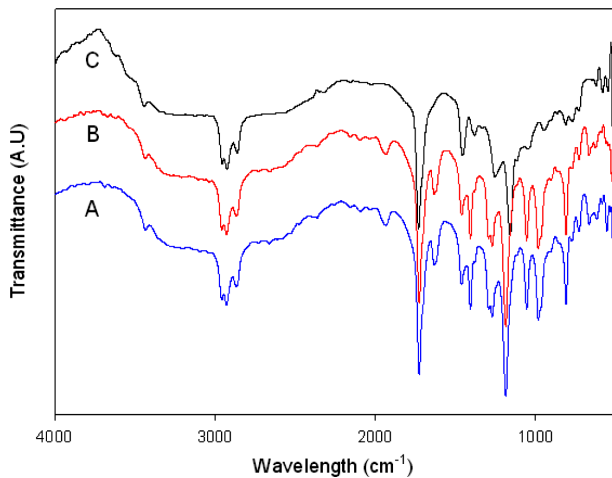


Figure 2. Transmittance of cured adhesive (C), mixing state of curing agent (B), and syrup (A) in 2-EHA/AAC system.

Table 2. Components of Base Material (Acrylic Foam) for Double-sided Adhesive Tape

Sample code	2-EHA (wt%)	AAC (wt%)	Filler (phr)	Density (g/cc)
BM-1	92	8	8	0.738
BM-2	89	11	4	0.835
BM-3	89	11	8	0.730
BM-4	89	11	10	0.700
BM-5	89	11	12	0.662

기재 및 다층구조 점착테이프 제조. 다층구조를 위해 본 연구에서 사용한 아크릴 폼 기재는 UV 조사에 의해 경화시켜 제조한 것으로 수은 램프(UVA spot 400/T, Dr. Hönle)가 장착된 5 L 용량의 내부에 Cr이 코팅된 batch type의 반응기에 2-EHA와 AAC를 비율별로 넣고 PI 0.05 phr를 투입하여 분산시킨 후 20~30분 UV를 조사시켰다. UV 강도는 30 mW/cm²이었고 질소 분위기하에서 산소 농도가 0.3 ppm 이하인 조건에서 진행하였다. UV 시럽은 빛이 차단된 용기에 넣고 질소기체를 충전시켜 보관한 후 PI와 HDDA를 0.1~0.2 phr 추가하고 SiO₂ 입자를 함량별로 혼합하여 30분 동안 교반 후 코팅하여 UV 조사에 의해 경화시켜 기재로 사용하였다. 코팅은 실리콘으로 이형처리된 두 장의 폴리에스터 필름(PET, 도레이세한) 사이에 시럽을 투입하고 squeeze 롤을 통과시켜 0.3~1.0T(300~1000 μm)의 두께로 하였고 최대 출력에너지가 40 W인 UV lamp(저압수은, 한성자외선)가 상·하부에 각각 2개씩 설치된 장치를 이용하여 10~12분 동안 조사하였다. UV lamp로부터 코팅물까지의 거리는 각각 15 cm로 하였고 UV 조사 누적 광량은 단면기준 1500~1800 mJ/cm²이었다.

본 연구에서 사용한 용제 건조형 점착제는 중합조건에 따라 고형분이 다르므로 양면테이프 제조를 위한 코팅성과 균

일한 코팅면 확보를 위해 EAc 및 톨루엔을 사용하여 고형분 20~25 wt%가 되게끔 희석한 후 말단에 epoxy 기가 결합된 경화제 0.3 phr를 투입 및 10분 동안 교반 후 barcoater를 이용하여 실리콘으로 이형처리된 폴리에스터 필름(PET, 도레이세한) 위에 5.0 mm/s의 속도로 코팅하였다.¹⁰ 코팅 후 온도 110 °C인 건조오븐에서 3분 동안 용제를 제거하면서 경화시켰고 건조 후 점착제 층두께는 30~70±5 μm 정도이었다. 양면 점착테이프 제조는 건조된 용제 건조형 점착테이프를 미리 준비한 아크릴 폼 기재에 붙이고 5 kg/cm²의 압착롤러로 왕복 1회 압착시킨 후 그 반대면에도 동일한 방법으로 하여 60 °C 오븐에서 24시간 이상 aging시켜 기재와 점착제 층간 충분히 밀착되도록 하였다.

점착테이프의 밀도 및 표면에너지 측정. 아크릴 폼 기재 및 다층구조로 제조된 양면 점착테이프의 밀도는 ASTM D792 방법에 의해 측정하였다. 크기를 25×25 mm로 자른 후 시편의 두께 및 질량을 측정하여 식 (1)로부터 부피와 질량을 측정하여 대입하므로 밀도를 계산하였다.

$$D = W/(X \times Y \times Z) \quad (1)$$

D : sample density [g/cm³]

W : Measured weight of the sample [g]

X, Y, Z : 가로, 세로, 두께 [mm]

표면에너지는 Phoenix-300 tensiometer(surface electro optics Co.)를 이용한 접촉각 측정으로부터 구하였으며 본 연구에서 사용한 피착재 및 점착테이프의 표면에너지는 Table 3에 나타내었다.

기재 및 다층구조 점착테이프의 물성 측정. 박리강도(Peel Strength) 측정: 180° 및 90° 박리강도 측정을 위해 피착재 시험편을 알콜로 세척하여 준비하고, 박리강도는 ASTM D-3330의 규정을 참조하여 폭 25 mm, 길이 250 mm의 테이프에 테스트 중 시험편이 늘어나지 않도록 뒷면에 50 μm PET 필름을 붙이고 준비된 시험편에 부착시키고 6.8 kg의 압착 롤

Table 3. Surface Energy of Various Substrates and Adhesive Tapes

Substrates	Surface energy (dynes/cm)	Adhesive tapes	Surface energy (dynes/cm)
Stainless steel(SUS)	47.69	Acrylic foam(BM-1)	30.73
ABS	38.53	Acrylic foam(BM-3)	33.01
PC	48.31	AD-2	27.46
PVC	46.25	AD-3	33.10
PP	34.45	AD-4	25.88
PE	33.31	AD-5	30.15

러로 300±30 mm/min의 속도로 1회 왕복하여 압착하고, 압착 후 시간경과에 따라 20분 및 24시간 시점에 시험편의 끝 부분을 180° 및 90°로 되집어 300±30 mm/min의 속도로 측정하였다. 50 mm까지 박리하였을 때의 값을 각 샘플당 3회의 실험 평균치를 결과로 하였다.¹²

전단접착강도(Dynamic Shear Strength) 측정: 전단접착 강도 측정은 ASTM D-1002의 규정을 참조하여 시험편을 세척하여 준비하고, 접착테이프를 폭과 길이를 각각 25×25 mm로 하여 미리 준비된 피착재 시험편(가로×세로=50×125 mm) 모서리에 부착한 후 동일 크기의 다른 시험편에 부착시킨 다음 6.8 kg의 압착 롤러로 300 mm/min의 속도로 1회 왕복하여 압착하고, 압착 후 20분 및 24시간 경과시점에 12.7 mm/min의 속도로 측정하였다. 각 샘플당 3회의 실험 평균치를 결과로 하였다.

계면접합 특성 측정(Cleavage Test). 기재와 AD와의 계면접합 특성 측정은 한 쪽면에 나사를 회전시켜 갭을 벌릴 수 있게끔 구멍을 뚫은 가로×세로=2.5×10 cm² 시험편(PC 및 아크릴판) 두 장 사이에 접착테이프를 가로×세로=13×30 mm²로 준비하여 붙인 후 5 kg 하중의 압착판으로 5초간 누른 후 5 mm 갭으로 벌리고 40 °C에서 24 및 48시간 방치시킨 후 AD와 기재와의 분리 현상을 관찰하였다.

결과 및 토론

용제 건조형 AD 유무에 따른 접착력 변화. 기재로 사용된 UV 경화형 아크릴 폼은 일반적으로 초기 접착력(180° 박리강도)이 3000 gf/25 mm 이상, 전단접착강도는 6 kgf/cm² 이상인 것으로 알려져 있다. 이러한 물성은 UV 조사에 의해 발생된 자유 라디칼이 저분자량의 아크릴을 고분자로 중합시키면서 사슬구조를 형성한 결과로 분자량이 매우 높은 망상구조의 형태로 표면에너지가 높은 stainless steel(SUS) 및 glass에 대한 접착력이 우수하다. 그러나 표면에너지가 낮은 플라스틱 소재에 대한 접착력은 그다지 높지 않다.⁸ 따라서 본 연구는 표면에너지가 금속보다 낮은 피착재에 대한 접착력을 향상시키고자 용제 건조형 접착제를 기재 양면에 적용하여 고찰하고자 하였다.

Figure 3은 기재로 사용한 아크릴 폼과 기재 양면에 분자량 532000인 용제 건조형 접착제(AD-2)를 붙인 접착테이프의 초기(20분) 및 후기(24시간) 접착력을 피착재 SUS와 ABS로 구분하여 나타낸 것이다. SUS에 적용한 초기 접착력은 AD-2 적용 유무와 관계없이 약 4000 gf/25 mm의 접착력을 보이나 24시간 경과후의 접착력은 AD-2를 적용하지 않은 경우가 월등히 높았다. 이것은 시간경과에 따라 표면이 거친 SUS에 고분자량으로 UV 경화된 아크릴고분자가 충분히 침투되어 박리 시 AD-2를 적용한 것보다 더 높은 물성을 발현한 것으로 판단된다. ABS의 경우 표면의 거칠기가 SUS보다

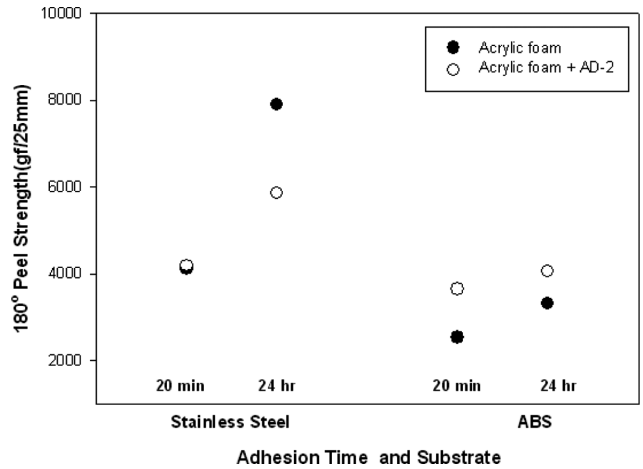


Figure 3. Adhesion property of double-sided adhesive tape on different substrate and time.

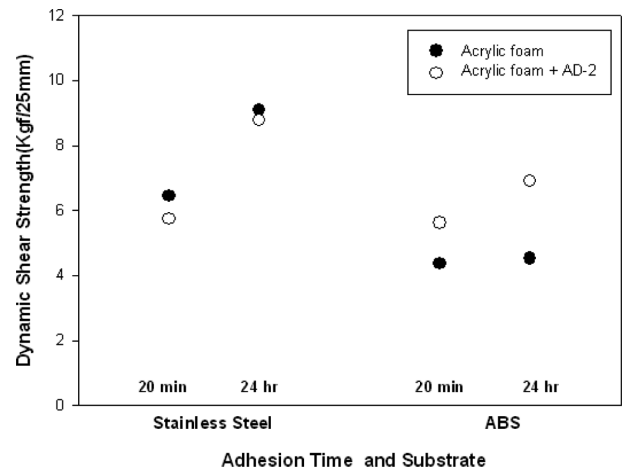


Figure 4. Dynamic shear strength of double-sided adhesive tape on different substrate and time.

매끄러우며 또한 표면에너지가 낮으므로 전체적으로 접착력이 낮게 나타났으며 AD-2를 적용한 접착테이프가 부착시간과 관계없이 AD-2를 적용하지 않은 것보다 더 높은 접착력을 보였는데 이것은 용제 건조형 접착제를 구성하는 고분자 사슬들이 표면에너지가 낮은 플라스틱 소재와의 접착력을 증가시키는 요인으로 생각된다.

Figure 4는 Figure 3과 동일한 방법으로 전단접착강도를 나타낸 것이다. 전단접착강도는 두 개의 동일한 피착재 사이에 양면 접착테이프를 붙이고 양방향으로 잡아당겨 측정하는 것이다.⁸ AD가 적용된 다층구조의 경우 이미 보고한⁸ 바와 같이 피착재-AD, AD-기재(아크릴 폼)와의 계면특성이 중요하며 AD가 적용되지 않은 아크릴 폼의 전단접착강도는 기재-기재의 파괴에 의한 접착력을 나타내며 AD가 적용된 접착테이프의 전단접착강도는 이를 포함한 AD와의 계면 및 AD와 피착재와의 접착력을 동시에 검토해야 한다.¹⁹

AD를 적용하지 않은 기재의 전단접착강도는 박리력과 마찬가지로 ABS보다 SUS에서 더 높게 나타났으며 SUS가 ABS보다 표면에너지가 더 높으므로 나타난 결과로서 기존의 보고와 일치한다.⁸ 또한 피착재 종류와 관계없이 AD를 적용하지 않은 경우 기재-기재의 파괴가 일어났으며, AD-2를 적용한 경우 24시간 경과 후의 전단접착강도 측정시 기재-기재 파괴를 포함한 AD-2와 기재 사이에 계면파괴가 동시에 일어났다.

기재(아크릴 폼) 조성에 따른 AD 접착력 변화. 기재-기재와의 파괴는 기재의 내부 응집력이 약하여 나타난 것으로 기재로 사용한 아크릴 폼이 유연할수록 전단에 의한 저항력이 약하여 쉽게 내부구조가 파괴되는 것으로 생각되며,^{9,18,21} 이를 해결하고자 기재의 조성을 달리하여 내부 응집력 및 AD와의 계면 접합특성에 미치는 거동을 고찰하고자 하였다. 기재의 조성을 달리하는 방법은 Table 3에 나타난 것과 같이 2-EHA/AAC의 비율 조절 및 SiO₂ 함량을 조절하는 방법이 있다.⁹ Table 4에 AD-2를 적용하여 기재의 종류에 따른 초기시간 20분에서의 90° 박리강도와 전단접착강도를 나타내었으며 피착재로 SUS를 사용하였다. Table 4에서 BM-1과 BM-3은 동일한 SiO₂ 함량으로 2-EHA/AAC의 조성이 다르다. 즉 AAC 함량이 적은 BM-1보다 3 wt% 많은 BM-3의 초기박리강도가 더 높음을 알 수 있으며, 이것은 접착테이프의 밀도가 거의 동일함에도 불구하고 AAC 함량이 많을수록 SiO₂가 존재할 경우 UV 조사에 의한 경화 반응 시 표면에 짧은 고분자 사슬이 많이 형성되어 AD-2와의 밀착력이 향상되고 기재와 AD와의 밀착력이 증가됨으로 인해 일체형의 접착테이프로서 피착재 표면에 빨리 침투되어 더 높은 접착력을 발현한 것으로 보인다.¹⁸

BM-2~BM-5는 SiO₂ 함량을 달리하여 기재의 밀도를 조절한 것이다. 밀도 감소에 따라 SiO₂ 8 phr에서 가장 높은 초기박리강도를 보였으며 BM-4 및 BM-5는 더 낮은 밀도임에도 불구하고 초기 박리강도 값이 점차 감소하는 결과를 보였다. 이것은 SiO₂ 함량이 8 phr보다 많으면 짧은 아크릴 고분자 사슬들이 더 많이 형성되어 AD와의 계면 접합력이 증가될 수는 있으나 상대적으로 아크릴 고분자 사슬의 양이 부족하여 기재 자체의 응집력이 약해진 결과로 특히 SiO₂ 12 phr에서는 접착력 측정 시 기재의 파괴와 함께 AD-2와의 계면분리가 더 쉽게 일어남을 알 수 있었다.

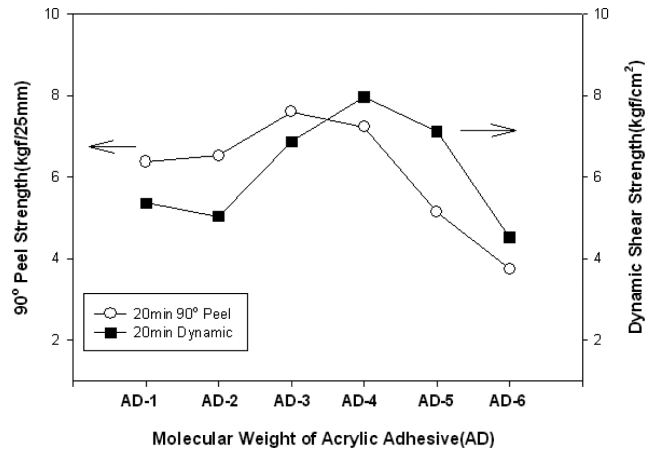


Figure 5. Effects of molecular weight of acrylic adhesive (AD) on SUS.

AD 분자량에 따른 접착력 변화. Figure 5는 2-EHA/AAC=89/11, SiO₂ 8 phr인 조성의 기재에 AD-1~AD-6을 각각 양면에 적용한 접착테이프의 90° 초기박리강도 및 전단접착강도를 나타낸 것이다. 90° 초기박리강도 값의 거동은 AD의 분자량이 증가할수록 증가하다가 용제 건조형 접착제의 분자량이 615000(AD-4) 이상부터 감소하는 거동을 보였으며 전단접착강도도 초기박리강도와 유사하게 분자량 증가에 따라 최고점의 값을 보이며 다시 감소하는 거동을 보였으며 AD-4에서 가장 높은 값을 보였다. 이 결과로부터 2-EHA/AAC=89/11, SiO₂ 8 phr인 조성의 기재를 사용하였을 경우 초기박리강도와 전단접착강도 값을 공통적으로 만족시키는 가장 적합한 용제 건조형 접착제의 분자량은 AD-3(575000) 및 AD-4(615000)인 것을 알 수 있었으며 이보다 분자량이 낮으면 전단접착강도가 낮아지며 높으면 초기박리강도가 낮아지는 거동을 보였다. 따라서 박리강도의 경우 AD의 분자량 50만~60만 정도에서 6 kgf/25 mm 이상의 값을 보였는데 이는 기재와의 충분한 계면접합이 이뤄져 비교적 양호한 물성거동을 보인 것으로 보이며, 분자량이 60만 이상이 되면 아크릴 고분자 주사슬의 길이가 길어져 기재와의 계면 접합력이 저하되는 것으로 판단된다. 전단접착강도의 경우는 피착재와 다층구조인 양면 접착테이프를 비틀러서 측정된 것으로 이러한 아크릴 고분자 사슬 길이에 따라 더욱 민감하게 작용하는 것

Table 4. 90° Peel Strength and Dynamic Shear Strength of Double-sided Adhesive Tape (AD-2)

Sample code	2-EHA/AAC (wt%)	Filler (phr)	Density (g/cc)	90° Peel strength (kgf/25 mm)	Dynamic shear strength (kgf/cm ²)
BM-1	92/8	8	0.815	5.54	5.15
BM-2	89/11	4	0.853	4.52	4.68
BM-3	89/11	8	0.810	6.53	5.04
BM-4	89/11	10	0.775	6.25	5.37
BM-5	89/11	12	0.725	5.28*	6.19

*Interface separation and foam fracture.

으로 보이며 분자량 532000 이하에서 낮은 값을 보였고 분자량이 지나치게 높아도(AD-6) 기재와의 접합력이 취약함을 알 수 있었다.

피착재 종류에 따른 접착력 변화. Figure 6은 2-EHA/AAC=90/10인 조성의 기재(아크릴 폼) 및 그 양면에 AD-2와 AD-4를 각각 적용하여 피착재 종류별로 (a) 20분 및 (b) 24시간 후의 180° 박리강도를 측정하여 나타낸 것이다.

피착재의 표면에너지가 낮은 PP 및 PE에서는 용제형 접착제 적용 유무 및 시간경과와 관계없이 박리강도가 모두 낮게 나타났으며 본 연구에서 검토한 접착제는 저표면에너지 피착재에 적용하기 어려운 것으로 판단된다. SUS, PVC, ABS 및 PC 순으로 박리강도 값이 증가하였으며 24시간 경과 후에는 SUS 및 PC를 제외한 PVC 및 ABS에서 약간의 박리강도 증가만을 보여줬다. SUS는 앞 절에서 고찰하였듯이 시간경과에 따른 요철부위에 접착제의 밀착성이 증가한 결과이며 PC의 경우는 피착재에 극성기가 많으므로 높은 접착력이 발현된 것으로 판단된다.

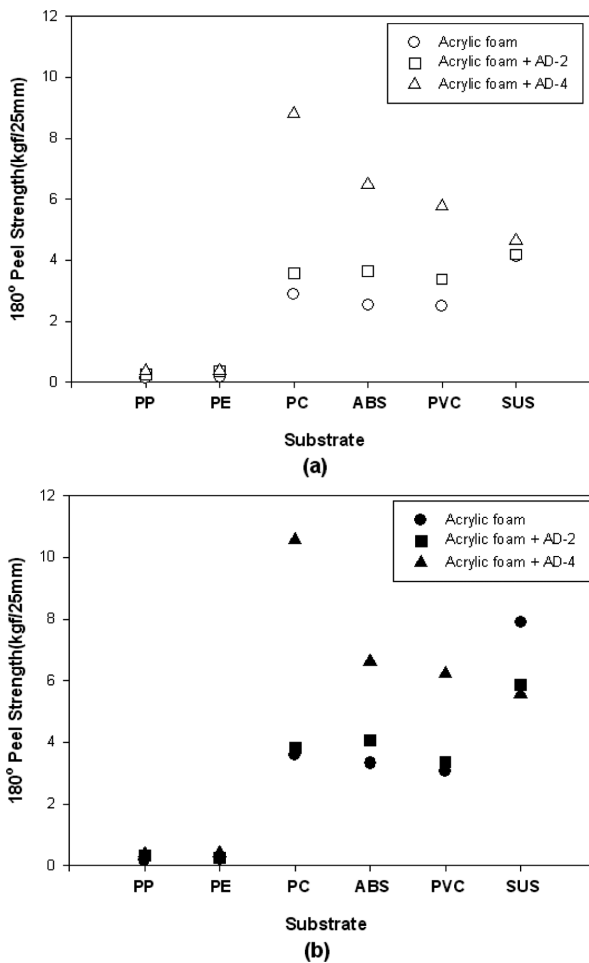


Figure 6. Adhesion property of double-sided adhesive tape on various substrates and times: (a) 20 min; (b) 24 h.

Figure 7은 피착재 종류 및 시간에 따른 전단접착강도를 도시한 것이다. 박리강도의 거동과 동일하게 PP와 PE에서의 전단접착강도가 다른 피착재들보다 낮았으며 약 2~6.5 kgf/cm²의 접착강도를 보였다. 24시간 후의 접착강도는 박리강도와 마찬가지로 PC에서 가장 높았으며 이것은 기재로 사용한 아크릴 폼의 경우도 유사하였으며, 이러한 결과로부터 PC를 소재로 사용하는 부품의 접합 시 AD-4를 적용한 양면테이프를 적용하면 우수한 접착특성을 구현할 것으로 생각된다.

테이프 두께 및 AD층 두께에 따른 접착력 변화. Figure 8은 2-EHA/AAC=90/10인 조성의 기재(아크릴 폼)를 두께 0.3, 0.54, 0.7 및 1.0T(1000 μm)로 각각 준비하여 그 양면에 AD-4(50 μm)를 적용하여 총 두께 0.4, 0.64, 0.8 및 1.1T(1100 μm)가 되게끔 두께를 달리하여 피착재-SUS에서의 전단접착강도를 나타낸 것이다. 접착테이프의 두께가 증가할수록 전단접착강도가 감소하는 거동은 기준에 보고된^{8,18} 아크릴 폼 기재의 두께에 따른 결과와 유사한 경향을 보이니 두께가 두꺼울수록 접착시간이 경과할수록 AD를 적용한 경우 초기시간(20

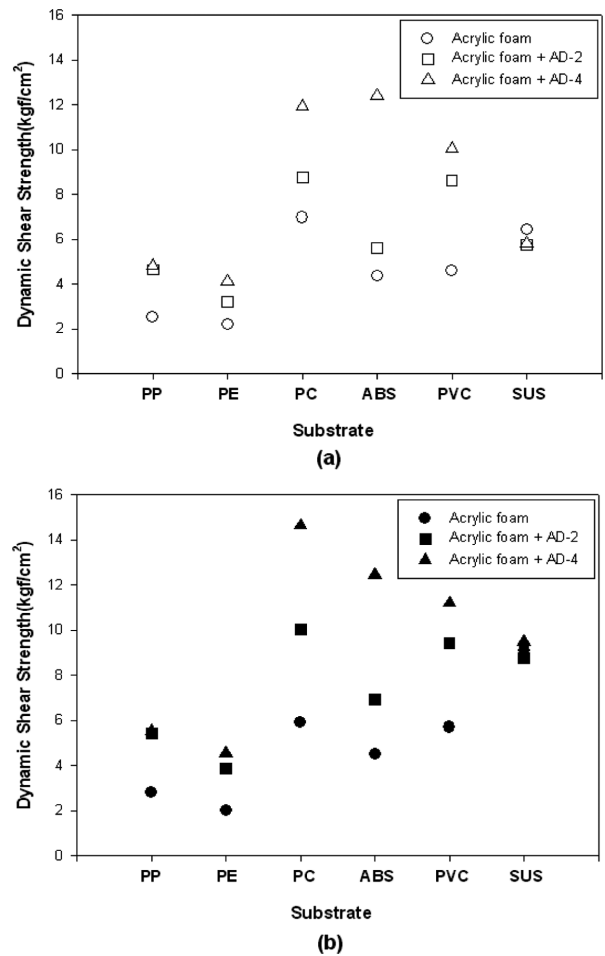


Figure 7. Dynamic shear strength of double-sided adhesive tape on various substrates and times: (a) 20 min; (b) 24 h.

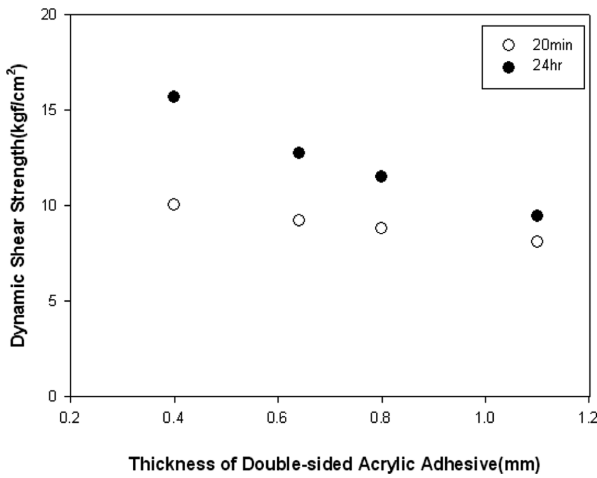


Figure 8. Dynamic shear strength depend on various thickness of double-sided adhesive tapes.

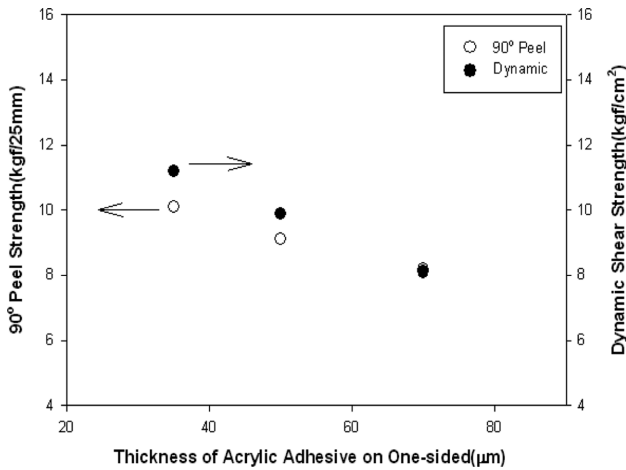


Figure 9. Adhesion property depending on thickness of adhesive layer.

분)과 후기시간(24시간)과의 접착력 차이가 줄어들음을 보여주고 있으며 이것은 기재의 두께가 두꺼울수록 AD의 두께도 변화시킬 필요가 있음을 보여주고 있다.

Figure 9는 AD-4의 두께에 따른 초기시간 20분에서의 박리강도 및 전단접착강도를 도시한 것이다. 기재의 조성은 상기와 동일하며 양면 점착테이프의 두께는 1.1 T가 되게끔 AD-4를 각각의 두께로 코팅 및 건조하고 기재의 양면에 합지하여 양면 점착테이프를 얻었다. AD-4의 두께가 작을수록 박리강도 값은 증가하였으며 전단접착강도는 더욱 큰 변화를 보였다. 즉, AD의 두께를 얇게 할수록 박리강도와 전단접착강도는 동시에 증가하였으며 이 결과로부터 AD 및 기재의 두께를 동시를 줄이면 보다 높은 접착물성을 발현할 수 있음을 알 수 있었다.

측정온도에 따른 접착력 변화. 자동차 및 디스플레이 등 산업분야에 실제로 양면 점착테이프를 적용하려면 다양한 온

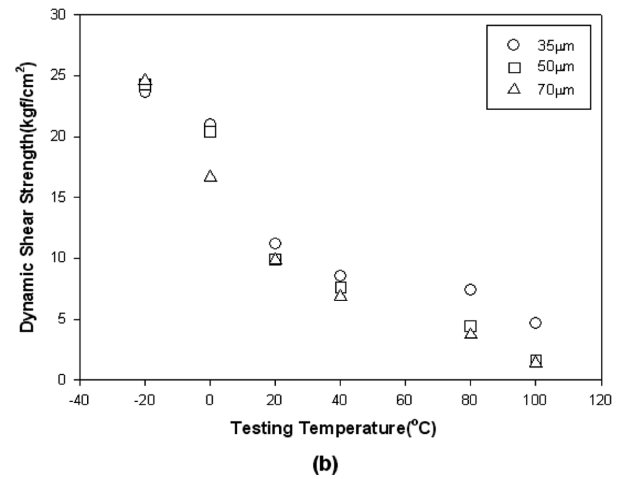
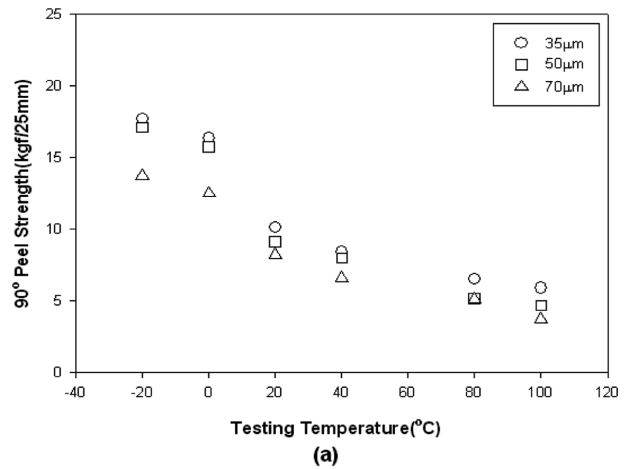


Figure 10. The peel strength (a); the dynamic shear strength (b) depending on testing temperature and thickness of adhesive layer.

도에서의 접착력이 일정수준 이상이어야 한다. 따라서 본 연구에서는 측정온도별로 접착력을 측정하였다. Figure 10은 피착재-SUS에 양면 점착테이프를 붙이고 접착력 측정을 위한 준비시간 포함하여 20분 방치 후 각각의 측정온도에서 30분 방치 후 곧바로 물성을 측정된 결과를 도시한 것이다. Figure 10(a)를 보면 온도가 증가할수록 90° 박리강도가 감소하였으며 이것은 열로 인한 고분자 사슬의 mobility가 증가하여 접착력이 저하되는 일반적인 현상으로 양면 점착테이프의 AD-4의 두께가 두꺼울수록 더욱 낮아짐을 보였으며, Figure 10(b)에서는 전단접착강도의 거동도 박리강도와 동일한 거동을 보임을 알 수 있었다.

AD-기재 계면접합 특성. 아크릴 폼을 기재로 하여 그 양면에 용제 건조형 점착제를 적용한 경우 앞절에서 고찰한 바와 같이 분자량이 615000인 AD-4가 가장 양호한 접착력을 보여 주었다. 본 연구에서 검토한 양면 점착테이프 두께 1.1 T(1100 µm)는 자동차 외장 및 TV 모니터 하우징 부품 접합 시 많이 적용되는 두께로 PC, ABS 등의 플라스틱 접합

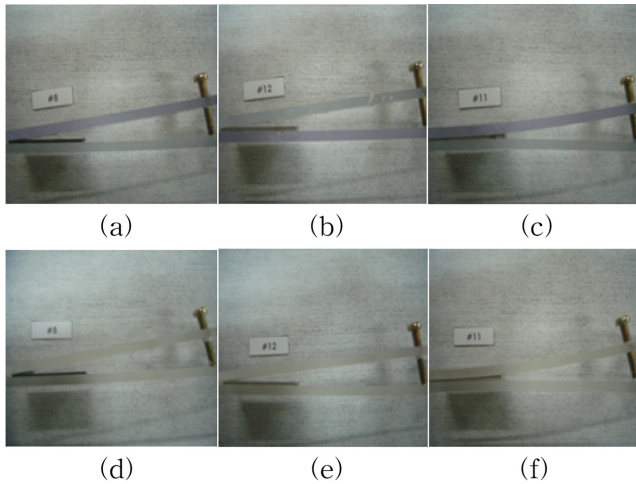


Figure 11. Photographs of after cleavage testing, base substrate (a), (d): acrylic foam, (b), (e): AD-2, (c), (f): AD-4, adhesion substrates (a), (b), (c): PC/PC and (d), (e), (f): ABS/ABS.

시 우수한 물성을 가져야 하며 플라스틱의 변형과 두께 편차까지 감안해야 한다. 또한 일정시간 경과 및 다양한 환경변화에도 접착력을 유지해야 하며 AD와 기재의 분리가 없어야 한다. Figure 9는 AD와 기재와의 계면 분리 현상을 자세히 고찰하기 위해 피착재로 PC 및 아크릴 판을 사용하여 접착테이프를 붙이고 Figure 11과 같이 한 쪽 방향으로 나사를 이용하여 꺾을 주었다. 기재로 사용한 아크릴 폼은 앞 절에서 고찰하였듯이 PC에서 약 3 kgf/25 mm의 초기박리강도를 보이나 5 mm 정도로 꺾을 주면 피착재에서 접착제가 분리되기 시작하여 Figure 9와 같이 10 mm로 벌이면 더 이상 접착력을 발현할 수 없게 되었다. 기재에 AD-2를 적용한 (b) 및 (e)를 보면 AD-2와 기재가 분리되어 AD-2는 상부 PC에 붙어 있고 기재는 하부 PC에 붙었으며 ABS(e)에서도 동일한 현상을 보였다. (c) 및 (f)는 AD-4를 적용한 것으로 AD와 기재와의 계면 분리가 없었으며 이것은 Figure 6 및 Figure 7에 도시한 바와 같이 AD-4가 AD-2보다 피착재-PC에 대한 접착력이 더 높게 나타났으며 이는 AD-4의 분자량이 높기 때문에 기재와 충분한 계면접합 특성을 가진 것으로 판단된다. 이러한 특성은 곡면 부위의 부품 접합 시 양면 접착테이프가 응력을 흡수 및 분산시킬 수 것으로 일반적인 양면 접착테이프로는 구현할 수 없는 특성이다. 따라서 본 연구에서 검토한 용제 건조형 AD-4가 기재로 사용한 아크릴 폼과의 계면접합 특성이 가장 우수함을 알 수 있었다.

결 론

본 연구는 자동차, 건축, 디스플레이 부품 접합 등에 사용되는 다층구조형 양면 접착테이프에 대한 것으로 UV 경화에 의해 제조된 아크릴폼 기재에 용제 건조형 접착제(AD)를 양

면에 붙이고 피착재 종류에 따른 박리강도와 전단접착강도를 고찰하였다. AD 종류와 기재 조성에 따른 접착력 변화 및 피착재로 사용한 플라스틱에 대한 접착력을 고찰한 결과 SUS에 대한 기재(아크릴 폼)의 접착력은 양호하나 플라스틱에 대한 접착력은 낮았으며 이를 해결하기 위한 방법이 AD를 적용한 것으로, AD의 분자량이 증가할수록 박리강도 및 전단접착강도가 증가하였으나 약 65만 이상의 분자량을 가진 AD는 접착력이 감소하는 거동을 보였다. 양면 접착테이프에 사용된 AD층 두께가 얇을수록 높은 물성을 보였으며 온도에 따른 접착력도 AD층 두께가 얇을수록 유리하였다. 기재와 AD와의 계면접합 특성은 분자량 615000인 AD-4가 우수하였으며 이보다 분자량이 낮으면 기재와의 계면접합력이 떨어지는 결과를 얻었다. 따라서 다층구조형 양면 접착테이프에서 AD의 분자량 및 기재와의 충분한 계면접합 특성은 곡면 부위의 부품 접합 및 플라스틱 부품의 접합을 필요로 하는 많은 산업분야에 다양하게 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글: 본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였으므로 이에 감사드립니다[GRRC단국 2014-C01].

참 고 문 헌

- H. J. Choi, I. S. Park, and L. Jang, Korean Patent 100852887 (2008).
- I. H. Cho, Korean Patent 1020080109275 (2008).
- D. Satas, *Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology*, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
- I. W. Levine, U.S. Patent 1,537 (1926).
- I. Bened, *Pressure-Sensitive Adhesive and Applications*, 2nd edition, Marcel Dekker, New York, 2004.
- S. S. Baek, S. J. Jang, J. H. Lee, D. H. Kho, S. H. Lee, and S. H. Hwang, *Polym. Korea*, **38**, 199 (2014).
- S. J. Lee, J. Y. So, C. Park, T. G. Ban, and L. S. Park, *J. Appl. Sci.*, **10**, 1104 (2010).
- J. W. Park, S. W. Lee, H. J. Kim, D. B. Won, D. B. Kim, K. S. Lee, H. S. Woo, and E. A. Kim, *J. Adhes. Interf.*, **12**, 81 (2011).
- D. B. Kim, *Polym. Korea*, **37**, 184 (2013).
- S. M. Ellerstein, S. A. Lee, and T. K. Palit, *Radiation Curing in Polymer Science and Technology*, J. P. Fouassier and J. F. Rabek, Editors, Elsevier, Applied Science, London, UK, Vol. **4** (1993).
- B. Goss, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **22**, 405 (2002).
- H. S. Do, D. J. Kim, and H. J. Kim, *J. Adhes. Interf.*, **4**, 41 (2003).
- Y. W. Song, H. S. Do, H. S. Joo, D. H. Lim, S. Kim, and H. J. Kim, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **20**, 1357 (2006).
- V. Kale and M. Moukwa, *J. Electrostat.*, **38**, 239 (1996).
- G. Leftheriotis and S. Papaefthimiou, *Solid State Ionics*, **136**, 655 (2000).
- J. Piglowski and M. Kozlowski, *Rheol. Acta*, **24**, 519 (1985).
- Z. Czech, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **24**, 503 (2004).
- D. B. Kim, *Polym. Korea*, **38**, 397 (2014).
- F. Sosson, A. Chateauinois, and C. Creton, *J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys.*, **43**, 3316 (2005).