

자동차용 사이드 몰딩과 엠블럼 적용을 위한 UV 경화형 아크릴 접착 테이프의 접착물성

박지원¹ · 이승우¹ · 김현중^{1†} · 원동복² · 김동복² · 이강신² · 우항수³ · 김언아³

¹서울대학교 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 접착과학연구실, 농업생명과학연구원

²인산디지켐(주) 연구개발팀, ³울산정밀화학센터 연구개발실

(2011년 6월 14일 접수, 2011년 9월 14일 수정, 2011년 9월 15일 채택)

Adhesion Properties of UV-curable Acrylic PSA Tape for Automotive Sidemolding and Emblem

Ji-Won Park¹, Seung-Woo Lee¹, Hyun-Joong Kim^{1†}, Dong-Bok Won², Dong-Bok Kim², Kang-Shin Lee², Hang-Soo Woo³, and Eun-Ah Kim³

¹Laboratory of Adhesion & Bio-Composites, Program in Environmental Materials Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

²Insandigichem Co., Ltd R&D Team Hwasung, KyunggiDo 445-944, Korea

³Ulsan Fine Chemical Industry Center, Ulsan 681-340, Korea

(Received June 14, 2011; Revised September 14, 2011; Accepted September 15, 2011)

요 약: 본 연구에서는 자동차 조립공정에 적용 할 수 있는 아크릴폼테이프를 합성하기 위하여 UV 중합 및 가교 공정을 도입하였다. 중합된 접착제를 폼에 합지하고 폼의 두께를 변화시켜 가며 시험편을 제조하였다. 기본물성을 측정하기 위해 stainless steel 표면에서의 강도를 측정하였으며 이때 peel, dynamic shear and t-block을 사용하였다. 일반적인 접착제에 비해 우수한 결과를 보여 주었으며 외부 요인 - 두께, 젖음시간 - 등에 의해 물성이 크게 변화하는 것을 확인 할 수 있었다. 본 연구에 활용된 아크릴폼접착제의 자동차 공정 활용성을 평가하기 위해 다양한 플라스틱 피착제에서 물성 측정을 진행하였다. 저표면에너지그룹으로 분류되는 PP와 PE에서는 그 물성이 전혀 발현되지 못했으나 기작 차이에 의해 dynamic shear 시험에서는 일부 물성이 발현됨을 확인 할 수 있었다.

Abstract: In this study, UV curing and crosslinking process was introduced for synthesis of acrylic foam tape that can be applied to the the automotive assembly process. Polymerized adhesive are laminated to baseform and varying the thickness of specimens were prepared. To measure basic mechanical properties, stainless steel was used. And in the test peel, dynamic shear and t-block were used. The acrylform adhesive show better results compare with typical adhesive and the properties depend on external factors - thick, wetting time -. To analysis functions of acrylic foam adhesive used to automobile production, evaluate the adhesive properties on the various plastic substrate. In PP and PE are categorized low surface energy materials, their properties have not been expressed. But dynamic shear tests show that some properties could be expressed by the difference break mechanism.

Keywords: acrylic form, PSAs, wettability, surface energy

[†]Corresponding author: Hyun-Joong Kim (hjokim@snu.ac.kr)

1. 서 론

자동차, 전기/전자, 디스플레이 모듈 등 산업 전반에 사용되는 점착테이프는 기능적이면서도 경제적인 장점을 가지고 있다. 일반적인 점착제보다 더 쉽게 적용할 수 있고 사용이 간편하고 재작업성이 가능하며 환경친화적인 이점 또한 지니고 있다. 이러한 테이프에 활용되는 점착제는 감압성 점착제(Pressure Sensitive Adhesive, PSA)라 한다[1,2].

감압성 점착제 또는 간단히 점착제는 물, 용제, 빛, 열 등의 원동력을 필요로 하지 않으며 지압과 같은 극히 작은 압력으로 단 시간 내에 다른 물체의 표면에 접착이 가능하고, 이것을 떼어낼 경우 피착물을 오염시키지 않고 쉽게 떨어지는 점착제를 말한다[1,2,5]. 아크릴 점착제는 아크릴산 에스테르계 공중합물로서 무색투명하고 햇볕에 노출되어도 황변이 일어나지 않으며 산화저항성이 우수하고 내후, 내유성 및 내열성 등이 우수하여 기능성 단량체를 잘 활용하면 용도에 맞추어 물성을 조절할 수 있는 장점이 있다. 또한 가격도 저렴하고 제조 공정이 비교적 간단하여 현재 점착제 시장의 대부분을 차지할 만큼 널리 사용되고 있다. 광경화형 점착제는 자외선(UV), 가시광선(Visible), 전자선(Electron beam, EB) 등의 조사에 의해 가교되지 않은 중합성 화합물들이 가교되거나 중합되어 고분자 필름 형태의 점착제를 형성하는 것으로서, 광경화 과정에 의해 얻어지는 것으로 나타났다. 광경화는 물체가 200~1,000 nm 파장 범위 내에 있는 빛을 흡수하여 화학적 변화에 의해 발생되어진다. 특히 UV는 빛의 파장에 의해 200~400 nm의 파장범위에서 작용하는데, 대상 물질의 분자 화학구조에 따라 에너지가 흡수되는 정도가 뚜렷하게 달라진다. 일반적으로 특정 파장의 빛을 받으면 전자가 짝을 이루고 있는 안정한 상태(Ground State)에서 전자의 이동으로 짝을 이루지 않는 전이 상태(Excited State)로 가게 된다. 이러한 전이 상태에서는 화학적으로 중간상태인 라디칼이나 이온을 형성하게 되고, 이 라디칼이나 이온은 다시 안정한 상태의 단량체나 올리고머를 공격하여 중합을 이루게 된다. UV 중합에 사용되는 광원으로는 200~400 nm 영역의 근자외선이 이용되고 이러한 광원에는 주로 고압수은등이나 자외선 형광등이 이용된다. 아크릴 점착제의 제조 방법으로 최근 환경에 대한 관심과 휘발성 유기물질(Volatile organic compounds, VOCs)의 배출을 규제하는 선진국들의 입법에 따라 무용제형인 UV 경화 시스템에 대한 연구가 각광을 받고 있다. UV 경화 시스템은 에너지원으로 사용되는 UV를 상온에서 국소부분에 조사하여 짧은 시간에 경화가 가능하고 에너지 절감과 무용제화를 통한 공해 문제 해결이 가능하며 원료의 손실 없이 100% 고형분을 얻을

수 있다. 이러한 장점으로 자동차 산업, 전기/전자 산업 등 광범위한 분야에 사용되고 있다[3-7].

감압성 점착제(Pressure Sensitive Adhesive, PSA)의 UV 중합 및 가교 경화 기술은 고도의 정교한 기술로서 1980년대 초에 개발되어 3M에 의해 상업화가 되어 생산되고 있는 기술이다. UV 경화형 점착제는 두 가지의 다른 공정으로 구성이 되어 있는데 이것은 동시에 구현되는 기술로 서로 분리할 수 없다. 이 공정은 UV 중합과 UV 가교 경화 공정으로 구분이 될 수 있다. UV 가교 점착제의 중합은 상기에 언급한 것처럼 두 가지 공정이 순차적으로 연결되는 과정이라고 할 수 있다. 1차 공정은 광중합에 사용되는 아크릴계 모노머를 광개시반응(Photo Initiation Step)을 통해 저점도 상태의 시럽을 만드는 중합과정이고, 2차 공정은 1차에서 제조되어진 저점도 시럽을 다관능성 가교제와 광개시제를 첨가한 재료를 일정한 두께로 코팅하는 UV 가교공정(UV Cross-linking Step)이다[5-9].

점착제는 강도 특성에 따라 구조용 점착제, 비구조용 점착제 및 준구조용 점착제로 분류한다. 구조용 점착제는 내구성이 좋으며 고하중에서도 사용할 수 있는 신뢰성을 보증할 수 있는 점착제로서 재질별로 구분해 보면 epoxy계, cyanoacrylate계, acryl계, polyurethane계로 구분할 수 있다. 구조용 점착제의 특징을 보면 점착강도, 박리강도 및 전단강도가 우수하며 금속, 세라믹, 플라스틱 등 거의 모든 재료에 적용할 수 있다. 준구조용 점착제는 고하중이 요구되는 부위가 아니고 적당한 정도의 하중이 요구되는 부위에 적용되는 점착제로 기타의 특성은 구조용 점착제와 대등하다.

본 연구에서는 자동차 산업, 전기/전자 산업 및 디스플레이 모듈 조립에 적용하기 위한 점착 테이프를 제조함에 있어서 첫째, 용제를 사용하지 않는 무용제형 점착제를 UV 조사에 의해 합성하고, 둘째 플라스틱 사출물 및 표면이 매끄러운 금속, 세라믹 등에 높은 점착 물성을 구현하기 위해 가교제, 첨가제 및 Filler를 혼합하여 물성을 제어하고자 하였다.

2. 실 험

2.1. 실험재료

본 연구에서 아크릴 pre-polymer를 제조하기 위해 아크릴 단량체로는 2-Ethylhexyl acrylate (2-EHA, Samchun Chemical Co., Ltd., S.Korea)와 acrylic acid (AAC, Samchun Chemical Co., Ltd., S.Korea) 등이 사용되었으며 UV경화 반응을 유도시키기 위해 광개시제로 1-Hydroxycyclohexyl phenyl methanone (PI, Irgacure 184, BASF)가 사용되었다. 제조된 pre-polymer의 가교 반응을 위해 Cross-linking agent로 1,6-Hexanediol diacrylate (HDDA, Miwon Specialty

Table 1. The basic recipe for preparing acrylic syrup

Ingredients	2-EHA ¹	AAC ²	Photoinitiator ³
Amount (%)	91	9	0.25

¹ 2-EHA : 2-Ethylhexyl acrylate

² AAC : Acrylic acid

³ Photoinitiator : 1-Hydroxycyclohexyl phenyl methanone

Table 2. UV curable PSA Formulations

Sample	Syrup	Filler1	Photoinitiator ²	Cross-linking agent ³
	100	8	0.5	0.4

¹ Filler : SiO₂

² Photoinitiator : 1-Hydroxycyclohexyl phenyl methanone

³ Cross-linking agent : 1,6-Hexanediol diacrylate

Table 3. Properties of inorganic fillers

충진제	조 성	특 징
탄산칼슘	CaCO ₃	치수안정성, 가격절감
황산바륨	BaSO ₄	내약품성
카오린 클레이	Al ₂ O ₃ · 2SiO ₂ · 2H ₂ O	탄성, 치수안정성, 내약품성, 가격절감, 내열도
알루미나	Al ₂ O ₃	치수안정성, 전기저항성
카본블랙	C	흑색착색, 열전도성, 전기전도성, 가격절감
실리카	SiO ₂	흐름성조절, 전기전도 또는 저항성조절, 치수안정성

Chemical, South Korea)가 사용 되었다.

앞서 제조된 샘플의 부착시험을 진행하기 위해 다양한 표면에너지를 가진 시편을 선정하였으며, 선정된 시편은 Stainless steel (SUS), poly propylene (PP), polyethylene (PE), polycarbonate (PC), Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) 및 Polyvinyl chloride (PVC)이다.

2.2. 아크릴 Pre-polymer의 UV 중합

본 연구에서는 UV 조사에 의한 라디칼 개시를 이용한 UV 중합법으로 pre-polymer을 제조하였다. 우선 2-EHA를 주 단량체로 하고 AAC를 공단량체로 하는 2성분 아크릴 공중합체를 제조하였다. 광개시제와의 조성물비는 Table 1에 표시하였다. 중합물의 전환율과 점도는 UV 조사시간으로 조절하였다. UV 중합은 질소 분위기 하에서 산소 농도가 0.3 ppm 이하, 단량체의 온도가 21°C의 조건으로 일정하게 유지하며 중합을 하였다. 먼저, 비커 형 반응기에 일정비로 단량체와 광개시제를 주입한 후 일정 교반속도로 혼합하며, 질소를 투입해 단량체에 녹아있는 산소 농도가 0.3 ppm 이하가 될 때까지 질소로 치환한다. 질소로 충분하게 치환이 되고, 단량체 혼합물의 온도가 21°C로 일정할 때 UV 램프를 조사하여 일정 시간 동안 중합하였다.

2.3. UV 경화형 PSA 블렌딩

합성된 일정한 점도의 pre-polymer에 일정 조성비의 충진제, 가교제, 광개시제를 차례로 투입하여, 충분하게 교반이 되도록 해주었다. 충분하게 교반이 이루어진 UV 경화형 pre-polymer은 빛과 접촉이 발생되지 않도록 밀폐 시키는 것이 중요하다. UV경화과정에서 개시제 대부분이 소진되지만 일부가 남아 있으며 이는 후

반응 과정에서 전부 소멸하게 된다. 노광에 노출될 경우 부분적인 반응이 유도되게 되므로 고른 분자량 분포에 영향을 준다.

충진제의 주역할 중 하나는 점도 조절을 통한 가공성의 조절이다. 점도를 높이기 위해서는 입자가 작은 무기질을 사용하는데 탄산칼슘, 황산바륨나 (및) 클레이 등이 많이 사용되며, 표면적이 큰 실리카 등은 용융물질 내에 구조를 형성하여 thixotropy 등의 성질을 부여하기도 한다. 충진제 사용의 또 다른 효과는 전체 점착제 가격 절감, 치수안정성, 기계적 강도 증가 등이 있다. 이 경우 과다 사용으로 인한 점착력 감소 등을 고려하여 적당량을 사용하여야 한다. 대개 점착력이 크게 요구되는 분야에서는 거의 쓰이지 않거나 소량만이 사용된다. 그밖에 열전도율, 난연성, 전기특성 등을 충족시키기 위하여 충진제를 선택하여 사용하기도 한다. 대표적인 무기충진제와 그 특성을 Table 3에 간단하게 정리하였다.

2.4. UV 경화형 점착 테이프 제조

균일하게 교반된 UV 경화형 pre-polymer를 50 μm 두께의 PET 필름 위에 일정량 투입 후 상단을 실리콘 이형처리가 된 50 μm 두께의 PET 필름을 덮고, 일정 두께를 유지하고 있는 롤 코터를 통과하여 균일한 코팅 두께를 확보하고 UV 경화 장치에서 UV를 조사하여 가교된 점착 테이프를 제조하였다. 점착 테이프의 제조 과정을 Figure 1에 나타내었다.

2.5. 점착 테이프의 점착력 측정

2.5.1. 180° 박리강도(peel test)

박리강도는 ASTM D-3330의 시험규격에 의거하여

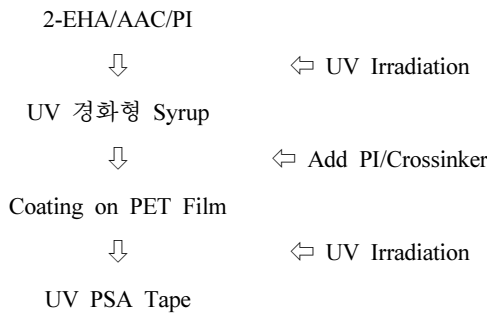


Figure 1. Process of preparation of UV PSA tape.

시험판을 세척하여 준비하고, 폭 25 mm, 길이 250 mm의 테이프에 테스트 중 시험편이 늘어나지 않도록 뒷면에 50 μm PET 필름을 붙인 뒤, 준비된 6종의 시험편에 부착시키고 6.8 Kg의 압착 롤러로 300 mm/min의 속도로 1회 왕복하여 압착한다. 압착 후 20 min, 24 h 시점에 시험편의 끝 부분을 180°로 되접어 300 ± 30 mm/min의 속도로 측정하였다.

2.5.2. 전단접착강도(dynamic shear test)

전단접착강도는 ASTM D-1002의 시험규격에 의거하여 시험판을 세척하여 준비하고, 점착 테이프를 폭과 길이를 각각 25 mm × 25 mm의 점착면적으로 준비된 시험판에 부착한 후 다른 시험판으로 부착시키고 6.8 Kg의 압착 롤러로 300 mm/min의 속도로 1회 왕복하여 압착한다. 압착 후 20 min, 24 h 시점에 12.7 mm/min의 속도로 측정하였다.

2.5.3. 인장강도(t-block test)

인장강도는 ASTM D-897의 시험규격에 의거하여 Aluminium 시편을 톨루엔으로 세척하여 준비하고, 점착 테이프를 폭과 길이를 각각 25 mm × 25 mm의 점착면적으로 준비된 Aluminium 시편에 부착한 후 다른 Aluminium으로 부착시키고 10 Kg의 추를 이용하여 약 15 s 동안 압착한다. 압착 후 24 h 시점에 5.08 cm/min의 속도로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 점착 테이프의 두께별 접착력

일반적인 점착소재의 강도변화에 영향을 주는 외부 요인에는 코팅 두께, 젖음시간, 노출 온도, 기재 등이 존재한다. 특히 코팅 두께와 젖음시간은 접착강도에 긍정적인 영향을 주는 요인으로 일반적으로 두 요소가 각각 증가함에 따라 점착소재의 강도도 함께 증가한다고 알려져 있다[1,2]. Figure 2는 아크릴폼테이프의 peel

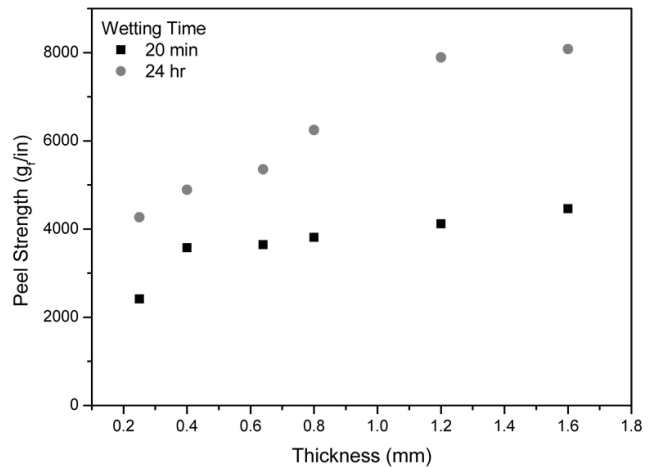


Figure 2. 180° Peel strength of various thickness.

측정결과이다. 그래프에서 확인 할 수 있듯이 코팅 두께가 증가함에 따라 peel강도가 함께 증가함을 알 수 있다. 또한 젖음시간이 20 min (초기접착강도)에서 24 h (후기접착강도)으로 늘어남에 따라 강도가 1.5배에서 2 배 이상 증가함을 확인 할 수 있다.

본 실험 결과에서 초기접착강도는 코팅 두께에 따라 증가하지만 그 폭이 크지 않다는 것을 확인 할 수 있는데, 이는 소재의 젖음속도에 따른 결과라고 예측 가능하다. 두께의 변화가 소재의 표면에너지나 젖음성에 영향을 주는 것은 아니므로 초기에 짧은 시간동안의 젖음성은 동일하여 강도가 동일하게 발현되지만 시간이 지남에 따라 두꺼운 소재가 충분히 젖음에 따라 더 강한 강도를 발현하는 것이라 평가된다.

Figure 3은 dynamic shear 및 t-block 측정결과로 두께가 증가함에 따라 강도가 낮아지는 것을 알 수 있는데 이는 폼테이프의 구성 특징에 의해 발현되는 결과이다. Figure 4는 전단 강도 시험에서 샘플이 파괴되는 구조를 나타낸 그림이다. 아크릴폼테이프는 두께가 증가함에 따라 가운데 위치하고 있는 폼의 두께도 함께 두꺼워 지는데 폼의 강도가 점착제의 강도에 비해 약하기 때문에 두께가 증가하면 폼에서의 파괴현상에 의해 강도가 저하되고 특성두께 이상이 되더라도 강도 저하 현상이 크게 발현되지 않는다. Dynamic shear측정에서도 peel측정결과와 마찬가지로 젖음 시간이 증가함에 따라 증가하게 된다. 이를 확인하기 위해 t-block시험을 수행하였으며 t-block시험에서도 두께가 증가함에 따라 강도가 감소함을 확인 할 수 있으며 이는 폼테이프에서의 파괴현상에 의한 강도 감소현상이 발생함을 확인할 수 있었다.

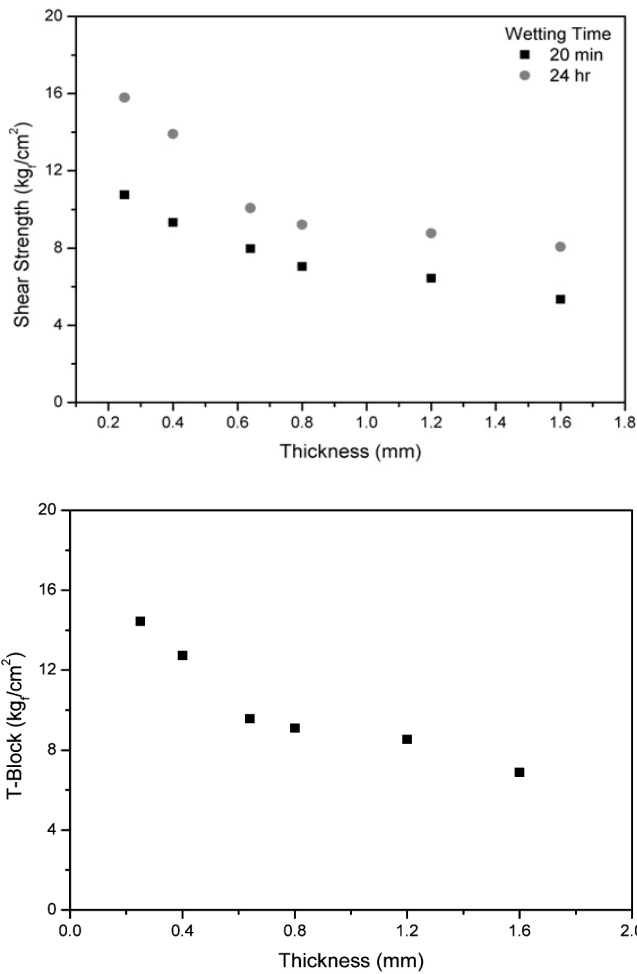


Figure 3. Dynamic shear strength of various thickness dynamic shear test (top) t-block test (bottom).

3.2. 점착 테이프의 피착제별 점착력 측정

일반적인 점착강도는 금속표면에서 측정되어지는데, 이때 사용되는 금속은 일반적인 점착소재에 비해 높은 표면에너지를 가지고 있으므로 소재간의 표면에너지차이에 따른 젖음성 문제는 발생하지 않는다. 하지만 차량에 적용하는 소재들은 대부분 고분자 소재로 일반적인 금속소재에 비해 낮은 표면에너지를 가지고 있으며 특히 PP나 PE 등은 저표면에너지 소재로 알려져 있다.

본 실험에서는 금속을 대체하는 소재로써 일반적으로 차량조립 및 내장재 등에 활용되는 플라스틱소재를 선정하여 그 물성을 측정하였다. PP, PE, PC, ABS 및 PVC를 선정하여 실험을 진행하되 측정 방식은 앞선 금속 표면에서의 측정 방식과 동일하게 진행하였다.

Figure 5는 각각 다른 피착제에서 측정한 peel 측정 결과이다. 사용된 피착제를 두 그룹으로 분류 할 수 있는데 각각 PP와 PE 그리고 PC, ABS와 PVC로 나눌 수 있다. 각각의 그룹은 저표면 에너지 소재와 일반 플라

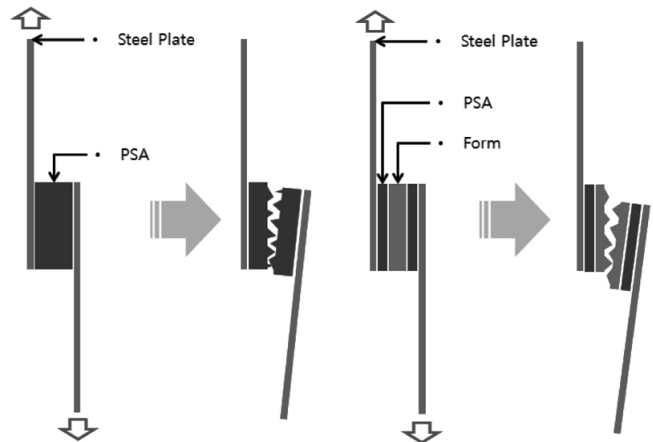


Figure 4. Scheme of failure mode in dynamic shear test adhesive failure (left) form failure (right)

Table 4. Surface energy of each materials

Materials	Surface energy (Dynes/cm)
ABS	38~39 [Mid]
PC	38~39 [Mid]
Acrylic	38~39 [Mid]
PS	36~37 [Mid-Low]
PVC	38~39 [Mid]
PE	18~33 [Low]
PP	18~33 [Low]
Stainless Steel	400~1,100 [High]

스틱소재로 구별될 수 있으며, 각각의 그룹에서 다른 결과를 보여준다. 저표면 에너지 그룹에서는 초기 점착강도가 낮을 뿐 아니라 충분한 젖음 시간이 지나가더라도 강도증가가 전혀 없음을 확인 할 수 있다. 이는 표면에서 거시적 관점에서 부착이 일어났다고 하더라도 미시적 관점에서 점착제의 고분자 사슬이 피착제의 표면으로 충분히 젖어 들어가지 못했음을 확인 할 수 있다.

반면 일반 플라스틱소재에서는 편차가 존재 하지만 젖음 시간이 증가함에 따라 강도가 증가함을 확인 할 수 있다. 하지만 앞선 금속표면에서의 측정결과와는 다르게 24 h 지난 후에 초기 점착력에 비해 그 증가폭이 작다는 것을 확인 할 수 있다. 이는 아크릴레이트 점착제와 피착제간의 표면에너지의 차이가 크지 않으므로 시간이 지남에 따라 충분히 젖어 들어가지 못하기 때문에 발생하는 결과이다. Table 4는 각각의 소재의 대표적인 표면에너지를 표현한 값으로 아크릴점착제 소재가 mid 그룹에 속한다는 것을 확인 할 수 있으며 PP, PE인 저표면에너지 소재와는 큰 표면 에너지 차이가 남을 볼 수 있다. 또한 stainless steel의 표면에너지

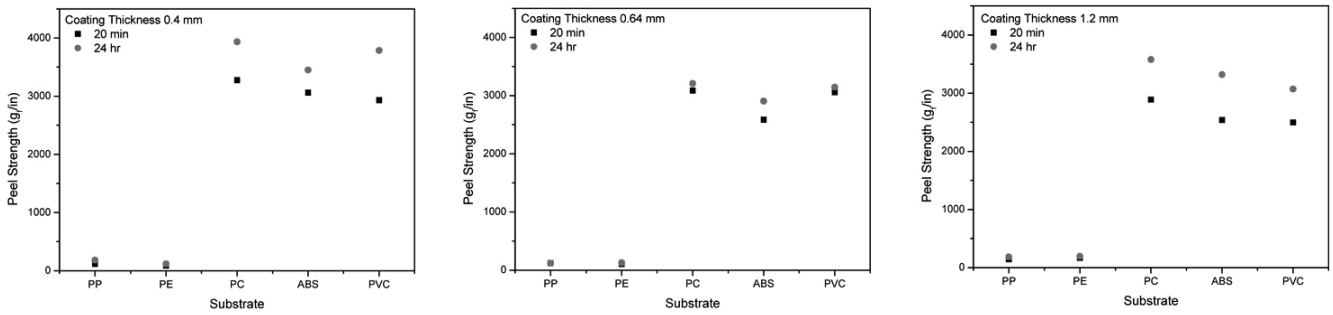


Figure 5. 180° Peel Strength of various thickness and substrate [gf/25 mm].

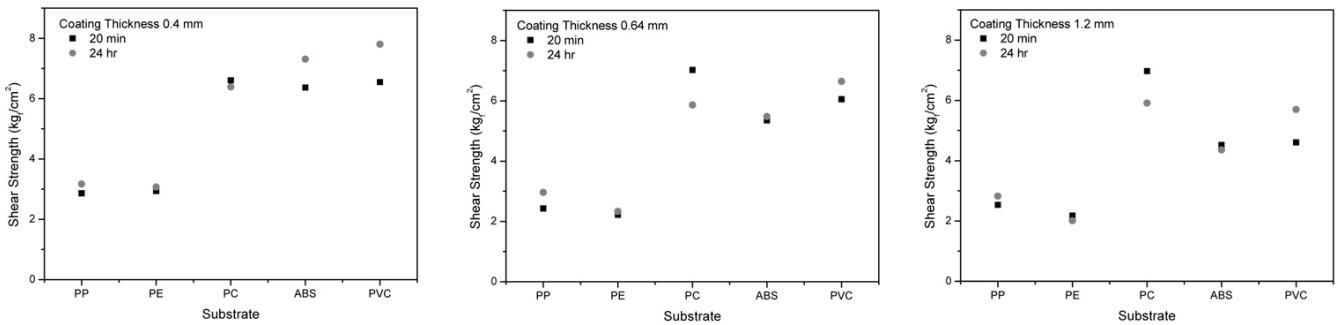


Figure 6. 180° Dynamic Shear Strength of various thickness and substrate [gf/25 mm].

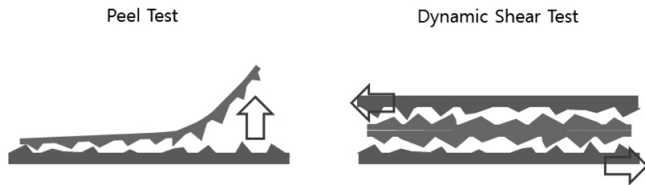


Figure 7. Mechanism of peel and dynamic shear test.

가 아크릴점착소재에 비해 월등히 크다는 점도 확인할 수 있다. 이러한 표면 에너지의 차이는 아크릴폼테이프의 최종적인 사용환경을 한정하는 기준으로 이용되게 된다.

Figure 6은 각각의 소재에서 측정한 dynamic shear 측정 결과이다. 이 결과는 peel 측정결과와는 다르게 저표면 에너지 피착제에서도 일정 이상의 강도가 발현됨을 확인할 수 있는데 이는 peel과 dynamic shear에 작용하는 기작의 차이에서 발생한다고 볼 수 있다. Figure 7을 보면 각각의 시험과정에서 작용하는 기작이 다를 수 있는데 peel 측정은 수직으로 박리를 시키는 시험이기 때문에 젖음이 발현되지 않으면 그 물성이 전혀 나타나지 않는데 반해 dynamic shear 측정은 전단으로 시험편을 잡아당기기 때문에 표면에서의 요철현상 등에 의해 거시적인 부착에 의해서도 일부 그 강도가 발현된다고 할 수 있다. 이는 젖음 시간이 증가함에 따라 소폭 상승하는 일반 플라스틱 기재에서의 peel에 비해

시간이 변화함에도 불구하고 큰 차이를 보이지 않는 dynamic shear의 결과값을 통해서도 평가가 가능하다.

4. 결론

본 연구에서는 아크릴폼테이프의 외부인자에 따른 물성 변화를 살펴보았다. 일반적으로 알려진 결과와 마찬가지로 두께가 두꺼워짐에 따라 peel 측정값은 증가하였으며, 젖음시간에 의해 그 값이 크게 증가함을 확인할 수 있었다. 반면 폼테이프의 구조를 가지고 있기 때문에 두께가 증가함에 따라 dynamic shear 및 t-block 시험결과에서 감소하는 강도를 확인할 수 있었다.

아크릴폼테이프의 활용성을 평가하기 위해 다양한 플라스틱 기재에 대한 시험을 진행하였으며 저표면 에너지 시험편에 peel 강도는 전혀 발현되지 못함을 확인하였다. 하지만 dynamic shear 평가에서는 물성이 발현됨을 확인할 수 있었고 이를 토대로 각각의 시험 방법이 다른 기작에 의해 발현됨을 확인할 수 있었다.

일반적인 플라스틱 소재는 아크릴레이트와 유사한 표면 에너지를 가지고 있어 젖음성 정도가 우수하다고 볼 수 없었으며 젖음 시간이 증가함에 따른 물성 증가 폭도 매우 작음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업(과제번호 : 10031919)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. D. Satas, Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology, 2nd edition, Van Nostrand Reinhold, New York (1989).
2. I. Bened, Pressure-Sensitive Adhesive and Applications, 2nd edition, Marcel Dekker, New York (2004).
3. H. S. Do, S. E. Kim, H. J. Kim, Preparation and Characterization of UV-Crosslinkable Pressure-Sensitive Adhesives in Adhesion-Current Research and Applications; Wiley-VCH: Weinheim (2005).
4. H.-S. Joo, Y.-J. Park, H.-S. Do, H.-J. Kim, S.-Y. Song, and K.-Y. Choi, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **21**, 575 (2007).
5. H.-S. Do, Y.-J. Park, H.-J. Kim, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **20**, 1529 (2006).
6. Z. Czech, R. Milker, Development trends in pressure-sensitive adhesive systems, *Materials Science-Poland*, **23**, 1015 (2005).
7. H. S. Do, S. E. Kim, and H. J. Kim, Adhesion-Current Research and Applications, W. Possart (Ed), Chapter 17, Wiley-VCH, Weinheim, Germany pp. 249~263 (2005).
8. A. Pizzi and K. L. Mittal, Adhesive Technology and Applications, Marcel Dekker, New York (2003).
9. A. J. Kinloch, Adhesion and Adhesive, Science and Technology, Lausanne (1986).
10. Z. Czech, *J. Appl. Polym. Sci.*, **81**, 3212 (2001).
11. 김인범, "UV 경화에 의한 반도체 다이싱용 접착제의 접착특성 변화 연구", 동국대학교 박사학위 논문, 동국대학교 (2004).
12. J. H. Hong, UV Radiation Curing, Chosun University Press (2002).
13. K. T. Han, *Polymer Science and Technology*, **6**, 568 (1995).