

접착물성과 접촉각의 관계

주효숙 · 임동혁 · 박영준 · 김현중[†]

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 접착과학 연구실
(2005년 1월 10일 접수)

Relationship of PSA Performance and Contact Angle

Hyo-Sook Joo, Dong-Hyuk Lim, Young-Jun Park, and Hyun-Joong Kim[†]

Laboratory of Adhesion & Bio-Composites, Major in Environment Materials Science,
Seoul National University, Seoul 151-921
(Received January 10, 2005)

1. 서 론

접착제는 물리적 힘 또는 분자, 원자, 이온의 인력, 흡착 등에 의해 두 표면을 붙이는 역할을 하는 물질이며, 고분자, 금속, 무기재료 등 다양한 피착제 사이에 적용된다. 접착제는 전기·전자 산업에서 절연성 테이프, 자동차용 테이프, 의료용 테이프, 라벨용 테이프, 방수용 테이프, 마스킹 테이프 등 다양한 용도로 사용되고 있고, 기본적인 접착성 이외에도 난연성, 도전성, 내열성 및 절연성 등의 특성을 지니는 기능성 접착제가 개발되고 있다.

접착제품의 시장이 넓어짐에 따라 접착제가 사용되는 기재도 다양해져서 stainless steel 등의 높은 표면장력을 가진 기재뿐 아니라, Teflon, PE film 등 낮은 표면장력을 가져 접착이 잘 되지 않는 기재나 난접착성을 지닌 표면에도 접착할 수 있는 접착제의 개발이 필요하다. 이러한 접착제의 개발을 위해 접착제의 적용 메커니즘을 알아야 하고, 이런 메커니즘을 살펴보기 위해서는 접착제와 피착제 사이의 계면이 반드시 연구되어야 한다. 기재 표면의 화학적인 특성을 알아보기 위해서 X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), Static Secondary Ion Mass Spectrometry (SSIMS), Attenuated Total Internal-Reflection Spectroscopy (ATIR) 등이 사용되어지는데, 이러한 방법은 비싸고 정교한 기술이 요구된다. 그리고 기재의 표면을 광학적으로나 전기적으로 관찰하기 위해 Scanning Electron Microscope (SEM), Atomic Force Microscopy (AFM) 등의 기기가 이용된다.

다. 접촉각 측정(contact angle analysis, CAA)은 표면 에너지와 젖음성(wettibility)을 측정하는데 접착제가 적용되어야 할 피착제의 성질도 알 수 있을 뿐 아니라 XPS와 AFM 등의 결과들과 비교하여 표면의 분자량과 분자량 분포, 표면의 화학적 구조, 접착력, 극성 등을 알아낼 수 있다[1-4].

본고에서는 접촉각을 통한 접착제의 젖음성(wettibility)과 접착력을 평가하고, 접착제가 표면에 잘 젖기 위한 표면처리의 방법 및 효과를 확인하고자 한다.

2. 접촉각의 정의

접촉각이란 액체가 고체표면의 표면장력보다 클 때, 액체의 방울이 고체의 표면에서 이루는 각이다. 액체가 고체의 표면장력보다 작을 때는, 액체는 완전히 젖는 상태 즉, 접촉각이 0°가 된다. 일반적으로 접촉각(θ)은 액체와 고체의 종류에 따라 다른데, θ 가 90°보다 크면 액체는 고체표면을 적시지 않고, 반대로 θ 가 90°보다 작으면 액체가 고체 표면을 적신다고 한다. 이는 Figure 1로 표현할 수 있다. 접촉각으로부터 표면장력을 계산하기 위한 식이 Young에 의해 1805년에 제시되었다[5].

Figure 2[6]처럼 액체의 표면장력을 γ_L , 고체의 표면장력을 γ_S 라 하고, 액체와 고체사이의 계면장력을 γ_{SL} 이라 하면, C점에서의 힘의 균형조건에서 영의 방정식(Young's equation)

$$\gamma_{SL} - \gamma_S + \gamma_L \cos \theta = 0$$

[†] Corresponding author: e-mail: hjokim@snu.ac.kr (www.adhesion.org)

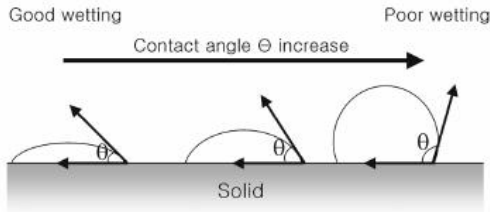
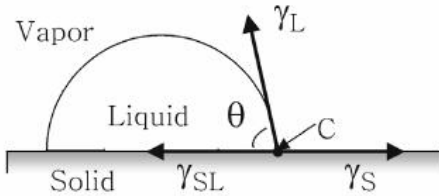
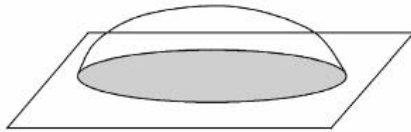


Figure 1. Contact angle and wettability.



(a) Two-dimensional contact angle



(b) Three-dimensional contact angle

Figure 2. Contact angle and surface tension.

을 얻는다. 또한 확장계수(spreading coefficient, S)는 다음과 같다[7].

$$S = \gamma_S - \gamma_{SL} - \gamma_L$$

이 식에서도 알 수 있듯이, $\gamma_S > \gamma_{SL} + \gamma_L$ 즉, $S > 0$ 이면 접촉각은 존재하지 않으며, 액체는 일정한 형태를 취하지 않고 고체표면을 완전히 적시게 된다. 그러나 표면이 완벽하게 매끄럽지 않으므로 거칠기(roughness)를 고려하여야 한다. 다음은 고체 표면의 거칠기를 고려한 Wenzel의 방정식이다[8].

$$r(\gamma_S - \gamma_{SL}) = \gamma_L \cos \theta_w$$

여기서 r 은 가정된 면적과 실제 면적의 비(roughness factor)이고, θ_w 는 거친 표면에서의 측정된 접촉각이다. 위 식에서 보여지는 것과 같이 거칠기가 증가함에 따라 접촉각이 증가함을 알 수 있다. 그러므로 매우 매끄러운 표면에서는 접촉각이 작을 것이다. 표면과 액체

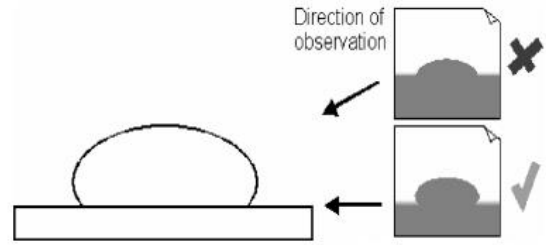


Figure 3. Base line (contact angle of diiodomethane on PSA)[15].

사이에서 이루는 접촉각의 측정은 접착(adhesion), 표면처리 그리고 폴리머 표면분석과 같은 많은 분야에서 잘 알려진 기술로서, 수 Å단위의 단일층 변화에서 민감한 표면분석기술이다.

접촉각 측정을 위한 점착제 시료는 기체에 코팅하여 준비하는 것이 보통인데, 코팅을 할 때 표면의 균일성이 중요하다. 시료의 표면이 거칠기가 크면 접촉각의 좌우각이 틀리게 된다. 시료의 두께 또한 표면 자유 에너지에 영향을 미치게 되는데, 표면은 18 nm 이상이 되면 접촉각이 일정하게 나타나므로 코팅의 두께는 18 nm 이상이 되어야 한다[9-14].

또한 접촉각을 측정할 때 접촉각에 영향을 미치는 인자들은 온도, 시간, 습도 등이 있고, 접촉각에 사용되는 액체의 떨어지는 물방울의 부피와 떨어졌을 때의 직경, 기체의 분자량 등이 있다. 일반적으로 온도가 증가할수록 표면에너지가 감소하는 결과가 나오고, 방울의 크기가 클수록 접촉각이 작아지는 결과를 초래한다. 방울의 지름이 1~5 mm 커지면 접촉각은 3~5° 정도 감소한다.

또한 이러한 인자들 외에 장비가 주는 영향도 무시할 수 없는데, 접촉각 측정 기기에서 카메라의 각도나 렌즈, 배경광의 밝기 등이 영향을 미친다. 장비가 주는 영향을 최소화하기 위해서는 카메라의 각도는 기계와의 평행에서 5°를 넘기지 않는 것이 좋고 찍으려고 하는 접촉각을 아래로 내려다보는 각도가 측정이 잘 된다. 렌즈는 굴절을 유발하기 때문에 사용하지 않는 것이 좋고, 측정시 배경광의 강도는 사용자가 경험적으로 습득해야 한다. 배경광을 조절하는데 있어서 가장 중요한 것은 base line을 잘 잡는 것이다. 최적의 base line의 예시를 Figure 3에 나타내었다[15-17].

3. 접촉각과 점착력

점착력은 점착제가 기체에 접촉한 후, 젖음성이 얼마나 좋은지에 따라서 좌우된다. 점착제의 표면장력이 피착제의 표면장력보다 낮을 경우에는 잘 젖게 되어 접

촉각이 낮게 나오고, 반대로 점착제의 표면장력이 피착제의 표면장력보다 높을 경우는 잘 젖지 않고 접촉각이 높게 나온다. 그러므로 점착제의 낮은 접촉각은 점착제가 필름에 잘 코팅되게 하고, 높은 접촉각일 때 보다 더 넓은 면적에 퍼지도록 한다. 점착제는 필름이나 종이에 적용될 때, fish eye나 작은 구멍이 생기는 등의 결과를 가져오는데 이는 점착제의 표면장력이 필름이나 종이의 표면장력보다 같거나 높기 때문이다. 기체의 표면이 화학 흡착에 의해 액체를 흡착할 경우에는 접촉각이 0°로 나타나는데 액체는 기체의 표면과 화학적으로 결합(bond)을 일으키지 않는다. 핫멜트 점착제를 제외한 점착제는 액체로서 필름이나 종이에 적용이 되고 있다.

접촉각의 정의에서 사용된 Young의 방정식은

$$\gamma_s - \gamma_{SL} = \gamma_L \cos \theta$$

로 바뀔 수 있고 이 식은 Dupre가 제시하였던 접착의 일(work of adhesion, W_a)에 대한 식은 다음과 같이 표현된다.

$$W_a - \gamma_s + \gamma_L - \gamma_{SL}$$

$$W_a - \gamma_s + \gamma_L + (\gamma_L \cos \theta - \gamma_s)$$

$$W_a = (\gamma_s - \gamma_s) + \gamma_L(1 + \cos \theta)$$

위 식에서 γ_s 는 고체 자체의 표면장력이며, 낮은 표면 에너지를 가지는 고체 표면에서 γ_s 와 γ_{sv} 를 같다고 둘 수 있으므로 식은 아래와 같이 정리할 수 있다.

$$W_a \approx \gamma_L(1 + \cos \theta)$$

위 식에서 접촉각에 따른 점착력의 관계가 제시되며, 점착제가 일정할 때 피착제를 변화시키면서 접촉각과 점착력을 측정하면 선형관계가 성립하게 된다. 그리고 점착제의 표면장력이 커서 불완전한 젖음이 일어날 때는 계면에서 결합을 형성시켜 응력이 가해졌을 때 이 결합에 응력이 집중되어 접착부가 파괴된다. 완전히 액체가 고체 표면에 젖었을 때는 $\cos \theta = 1$ 이므로 $W_a \approx 2\gamma_L$ 이 된다.

순수한 상의 표면에너지는 분산력(disperse force)과 극력(polar force)으로 나눌 수 있으며, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다[18,19].

$$W_a = 2(\gamma_s^d \gamma_L^d)^{0.5} + 2(\gamma_s^p \gamma_L^p)^{0.5}$$

여기서 d는 표면에너지의 분산력, p는 극력 성분을 나

Table 1. G_0 and W_a of styrene-butadiene rubber adhere to various substrate[19]

Substrate	G_0 (mJ/m^2)	W_a (mJ/m^2)
Fluorinated ethylene-propylene copolymer	22	48
Plasma-treated ethylene-propylene copolymer	69	57
Poly(chlorotrifluoroethylene)	75	75
Nylon 11	71	71
Poly(ethylene terephthalate)	79	72

타낸다.

이러한 접촉일과 실제 에너지의 비교를 Table 1에 나타내었다[19]. 이론적인 값(W_a)과 실험값(G_0)이 거의 일치하는 것을 관찰할 수 있는데, 동일한 접촉일을 가지는 다른 점착제에서 서로 다른 점착에너지 값을 보여주고 있고 이는 표면에너지 외에 다른 요인이 접착에 영향을 미쳤음을 나타내고 있는 것이다. 고유점착에너지(intrinsic adhesion energy, G_0)[20]는

$$G_0 = iG_0(\text{계면}) + bG_0(\text{점착제}) + sG_0(\text{피착제})$$

$$i + b + s = 1$$

로 표현되며, 파괴가 계면에서만 일어날 때 접촉일(W_a)은 고유점착에너지(G_0)와 같게 된다. 그러나 파괴가 계면에서만 진행되지 않고 점착제나 피착제의 변형이나 파괴가 일어날 경우 접촉일이 같더라도 더 많은 에너지가 소요되어 고유점착에너지의 값이 크게 나타나게 된다.

4. 접촉각과 점착물성

점착의 범위는 크게 두 가지로 생각할 수 있다. 첫 번째는 점착제가 기체에 잘 젖는 것 즉, 젖음성이다. 젖음성은 접촉각에 측정할 수 있는 표면장력과 극성 등과 관련되는 물성이다. 두 번째는 점착제가 기체에서 떨어질 때의 힘이고 이는 점착물성과 관련되는 내용이다.

점착제의 기본물성은 박리강도(peel strength), 초기점착력(tack), 유지력(holding power) 세 가지이다. 박리강도는 피착제 표면으로부터 점착제 또는 점착 테이프를 박리시킬 때 박리에 대한 저항력으로 나타나는 물성이며 점착제와 피착제 사이에서 일어나는 파괴현상에서 일어나는 힘이다. 박리강도(peel strength)는 다음과 같은 식으로 정의된다.

$$1 \text{ Peel strength}(N/mm) = F/b$$

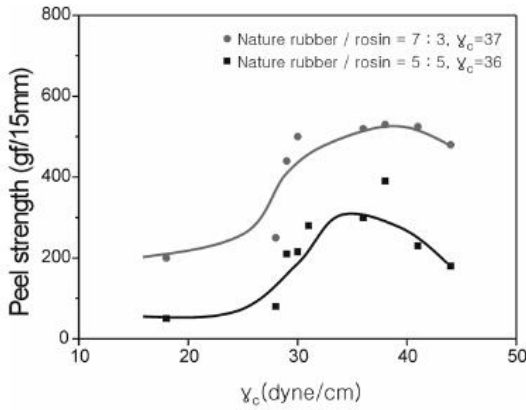


Figure 4. Relationship of γ_c and peel strength[21].

이 때, F는 박리에 저항하는 힘이며, b는 박리되는 시편의 너비이다.

초기점착력(tack)은 ASTM, PSTC (Pressure Sensitive Tape Council), JIS 등에 「점착제 표면이 피착제 표면에 용제 및 열 등의 에너지를 사용하지 않고 그 자체의 작은 압력에 의해 단시간 내에 점착 가능한 기능」으로 정의되어 있다. 즉, 점착제의 일시적인 점착력, 점착제를 피착제에서 단시간에 분리하는데 필요한 힘으로 측정된다.

유지력(holding power)은 점착을 한 후, 일정한 온도에서 견디는 시간(T_b , time to break)을 측정하거나, 일정한 속도로 온도를 증가시켜 견디는 온도(T_f , temperature of failure)를 측정하는 두 가지 방법이 있다. 유지력은 점착제의 내열성과 내구성을 평가할 수 있다.

위의 세 가지 측정방법 중에서 젖음성에 의한 점착력과 가장 관계가 깊은 것이 박리강도이다.

4.1. 표면에너지(surface energy)와 박리강도의 관계

점착일(W_a)은 실제 박리강도로 측정된 값보다 작다. 왜냐하면 박리강도는 표면뿐 아니라 점착제의 bulk한 성질도 측정되기 때문에 점착일과 박리강도는 연관성을 지닌다. Toyama는 PSA의 표면장력 값에서 1~2 dyne/cm 이내의 범위에 있는 피착제에서 박리강도가 최대를 가지는 것을 확인하였다[21].

Toyama는 고체표면에 다른 표면장력을 가지는 점착제에 대한 박리강도를 측정하였다[22]. 즉, γ_{SL} 을 고정시킨 상태에서 γ_L 를 변화시킨 것인데, Figure 4에 나타나있다. Figure 4에서 완전히 젖게 되는 임계표면장력 γ_c 값에서 박리강도 값이 최대가 되는 것을 확인할 수 있다. 또한 LDPE 표면에 UV조사를 하면 점착각은 감소하고 박리강도는 증가한다고 보고되었다. 이는 표면의 특성과 점착력의 관계를 보여주는 결과이다[23].

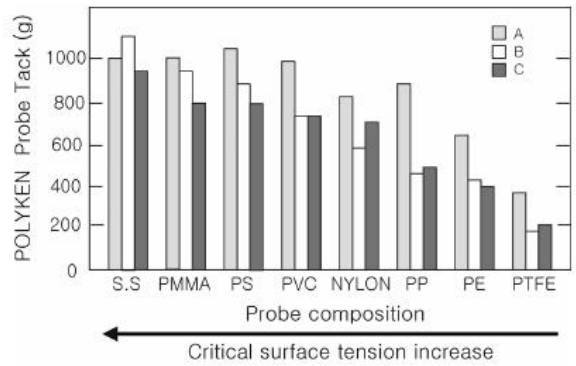


Figure 5. Tack of PSAs(A, B, and C) on different substrates[26].

Table 2. Polyken probe tack for various probe materials[26]

Probe material	Surface tension (dyne/cm)	Probe tack* (g)		
		A	B	C
Stainless steel	>500	1000	1080	980
Polymethacrylate	39	980	960	800
Polystyrene	33	1000	820	790
Polyvinylchloride	39	920	700	700
Nylon	43	780	570	680
Polypropylene	33	800	420	470
Polyethylene	31	580	370	360
Polytetrafluoroethylene	18	210	80	180

* A, B, C represent three different commercial tapes

또한 Fowkes은 극성(polarity)이 점착에 중요한 영향을 미친다고 설명하였다[18]. 낮은 표면장력의 기재에 점착제가 점착되지 않는 것은 물론이고, 극성이 높은 아크릴 점착제는 유리와 같은 극성이 높은 표면에 잘 점착하고, 고무계 점착제는 낮은 표면극성을 가지는 polyolefins과 같은 기재에 높은 점착력을 나타낸다. 그러므로 위의 결과들을 종합해 볼 때, 표면장력은 점착력에 큰 영향을 미친다. 하지만 앞서 설명한 점착일과 고유점착에너지의 관계에서도 알 수 있듯이 표면장력이 점착력에 영향을 미치는 모든 것은 아니라는 사실을 알 수 있다[24].

4.2. 표면에너지와 초기점착력의 관계

초기점착력은 점착시간이 길수록, 점착하는 압력이 높을수록 초기점착력 값이 높게 나오는데 그 이유는 점착 면적이 증가하고, 잘 젖기 때문이다.

Figure 5는 세 가지 상업적인 점착테이프 probe tack을 측정한 것인데 임계표면장력(critical surface tension,

Liquid	γ_L	γ_L^d	γ_L^p
W	72.8	21.8	51.0
G	64.0	37.0	27.0
F	58.0	39.0	19.0
D	50.8	48.5	2.3
B	44.4	44.4	0.0

W : doubly distilled water
 G : glycerol
 F : formamide
 D : diiodomethane
 B : α -bromophthalene

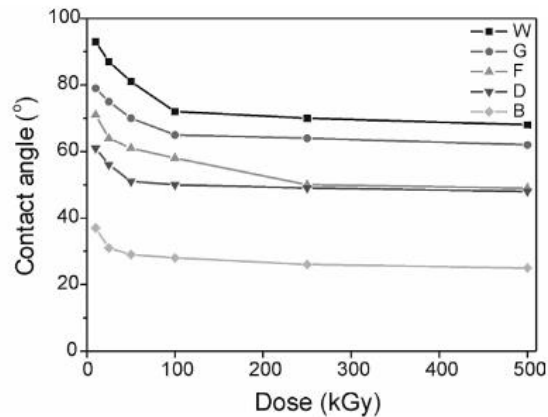


Figure 6. Change of contact angle of BOPP (biaxially oriented polypropylene) film after exposing EB radiation[32].

γ_c 이 높을수록 낮은 초기점착력이 나오는 것을 볼 수 있다. Table 2는 probe의 surface tension에 따른 초기점착력을 관찰한 것이고, 표면장력은 임계표면장력이다. 임계표면장력이라는 개념은 Zisman에 의해 소개되어졌고, 이는 고체 표면의 표면장력을 측정하기 어렵기 때문에 임계표면장력이 고체의 표면장력이 되었다[25].

Table 2를 보면 낮은 임계표면장력을 지닌 polytetrafluoroethylene이 가장 낮은 초기점착력 값을 보여주는 데 이는 probe의 낮은 표면장력으로 인해 점착제가 probe에 잘 젖지 못하여 나타나는 현상이다. 결론적으로 말하면 점착제의 표면장력이 기체의 표면장력보다 크면 젖음성이 좋지 않아 낮은 초기점착력 값을 나타내게 되고, 기체의 표면장력이 점착제의 표면장력보다 크면 젖음성이 좋아져 높은 초기점착력 값을 나타내게 된다[26]. 이 후 Tomaya의 논문에서 기체의 임계표면장력이 낮을 때는 계면파괴(interfacial failure)가 일어나고 기체의 임계표면장력이 높을 경우 응집파괴(cohesive failure)가 일어남을 보였다[27].

또한 Tomaya는 기체의 임계표면장력이 점착제의 표면장력과 비슷할 때, 초기점착력이 크다는 것을 보고하였다[28].

5. 표면 처리와 점착력

점착에 있어서 표면은 점착강도의 발현에 큰 영향을 미치게 되는 요소이다. 그러므로 피착제 표면화학구조를 변화시키는 표면처리를 하기도 한다[29]. 표면처리의 효과를 측정하고, 점착이 얼마나 잘 될 수 있는지를 알 수 있는 지표를 표면장력이라고 하는데, 피착제의 표면장력이 점착제보다 클 경우 젖음성이 좋고 점착이 잘 된다. 표면장력은 점착뿐 아니라 코팅, 젖음성 측정,

고분자 블렌딩에 있어서 중요한 요소이다[30].

좋은 표면 특성을 가지는 물질은 응용분야가 다양하고 가격이 고가이기 때문에 접착, 의료, 코팅, 전기전자 등 많은 산업에서 표면처리를 이용하고, 플라스틱 산업에서는 매우 중요한 연구분야이다. 표면처리는 점착제가 피착제에 보다 좋은 친화성을 지니게 하기 위해서 피착제의 표면을 변화시키는 것이다. 즉 피착제를 물과 유기용제 등으로 세정하거나, 모래와 카보란담 등의 연마제를 이용하여 물리적으로 또는 화학적, 전기화학적으로 연마하는 것이 표면처리의 기본이다. 근래에 이르러 플라즈마(Plasma)처리, UV처리[31], Laser처리[19], Electric Beam (EB)처리[32] 등이 연구되고 있다. 이러한 표면처리 후에는 일반적으로 접촉각이 감소하거나 점착을 할 수 있는 표면적이 넓어져 점착력이 증가하는 경향을 보여준다. Figure 6은 Biaxially oriented polypropylene (BOPP) 필름의 EB조사량에 따른 접촉각의 변화를 나타낸다[32].

5.1. 플라즈마 처리

플라즈마 처리를 하면 인쇄성(printability), 젖음성(wettability), 결합력(bondability), 생체적합성(biocompatibility), 표면 내열성(surface heat resistance) 등이 좋아지고, 플라즈마 처리를 할 때 다음과 같은 네 가지 면에서 점착력이 좋아지도록 한다[33].

1. 표면 정화(surface cleaning)
2. 표면 침식(surface ablation)
3. 표면에서의 가교(crosslinking at the surface)
4. 표면의 화학적 변화(modification of the chemical structure of the surface)

플라즈마처리를 한 표면은 XPS와 SIMS, Contact angle로 평가할 수 있는데, XPS는 화학적 조성의 변화와 관능기(functional group)로 확인할 수 있다. SIMS는

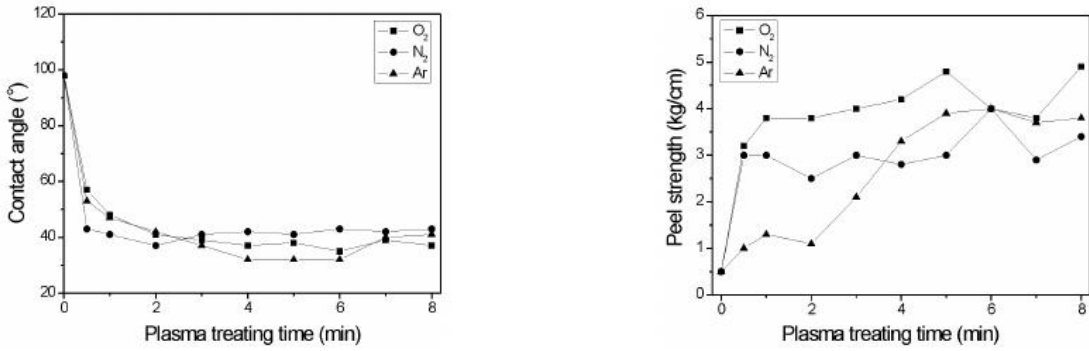


Figure 7. Effect of plasma treating time on contact angle and peel strength[34].

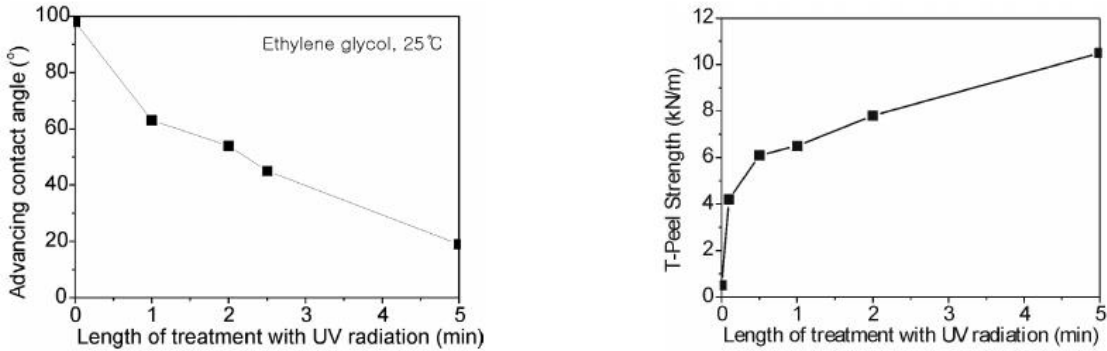


Figure 8. Relation of contact angle and length of treatment with UV radiation[40].

처리된 표면의 구조에 대한 정보를 제공한다. 접촉각은 표면의 극성과 비극성을 평가하는데 사용될 수 있다[1]. Figure 7은 신발 접착에 사용되는 EVA의 플라즈마 처리 시간에 따른 접촉각의 변화를 보여준다. Figure 7을 살펴보면 EVA에 플라즈마 처리를 했을 때 초기에 급격히 접촉각이 감소하는데, 이는 미처리 EVA 발포체 표면의 경우 매우 평활하며 소수성이지만 초기 플라즈마 처리에 의해 표면이 에칭되면서 표면의 평활성이 현저히 감소하여 액체가 부착될 수 있는 면적이 증가하였기 때문이다. 플라즈마 처리를 하지 않은 EVA의 접착력은 약 0.5 kg/cm로 손으로 쉽게 분리되는 매우 약한 접착력을 나타내었으나 EVA에 저온 플라즈마를 처리함에 따라 EVA의 접착력은 약 4 kg/cm 정도로 현저히 증가되었다. 그러나 처리 시간이 1분 이상 길어져도 접착력이 더 이상 증가하지는 않았고 Figure 7의 접촉각에서도 1분 이상에서 접촉각의 변화가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 이 실험에서 3.9~4.0 kg/cm 정도에서 피착체 파괴가 일어났기 때문에 처리 시간이 길어져도 접착력은 더 이상 증가하지 않았지만, 접촉각이 낮아질수록 박리강도는 증가한다는 사실을 볼 수 있었

다[34]. PVC에 산소 플라즈마 처리를 한 경우 표면에너지가 갑자기 증가하였다가 감소하는 경향을 볼 수 있는데 이는 산소 플라즈마 처리를 한 직후 표면의 각종 유기 화합물이 없어져 극성이 증가하기 때문이다.

그러나, PVC에 24시간 이상 플라즈마 처리를 하면 다시 표면에너지가 감소하는데, 표면을 탄소화합물이 다시 덮기 때문이다. 이러한 탄소화합물이 이루는 표면의 두께는 nm이므로 XPS로도 변화를 관찰할 수 없었지만, 접촉각을 측정했을 때, 분산력과 극력으로 나누어 설명될 수 있었다[35].

그러므로 플라즈마 처리를 하면 젖음성이 증가하고 접착력이 증가하게 된다. 접착력의 증가는 박리강도를 측정함으로써 알 수 있었다.

5.2. 코로나 처리(Corona discharge)와 자외선 처리 (UV radiation treatment)

SBS (styrene-butadine-styrene) 고무는 비극성이라 접착력이 낮다. 그래서 접착력을 증가시키기 위해 solvent-based halogenation, chlorination과 low-pressure oxygen plasma 등의 처리방법을 사용했다. 하지만 solvent-based

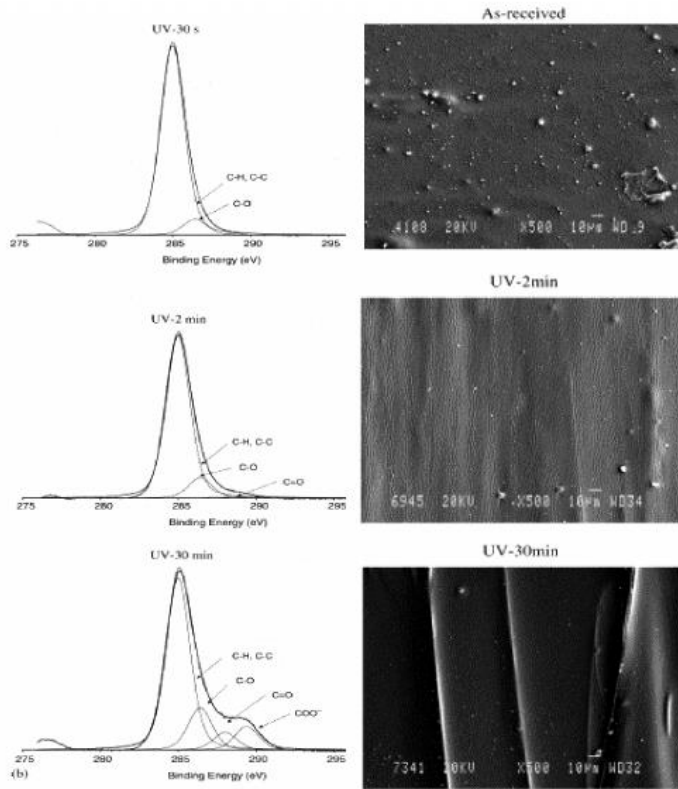


Figure 9. Change of chemical and physical on surface after exposing UV[40].

halogenation은 시간이 오래 걸리고, 유해한 물질이라 좋지 않다는 단점이 있어 chlorination으로 대체되었으나 chlorination도 인체에 유해하다. Low-pressure oxygen plasma는 인체에 유해하지 않지만, 진공에서 처리해야 하기 때문에 산업에 이용되기 쉽지 않다. 그래서 SBS 고무의 접착력을 높이기 위해 코로나 처리와 자외선 처리가 대두되었다[36-40].

코로나 처리는 표면의 거칠기를 증가시키고, 표면에 -COH, -COOH, -CO 등이 나와 접착력을 증가시킨다. 반면 자외선 처리는 C와 O의 화합물(C=O, COO)을 생성시켜 접착력을 증가시킨다. Figure 8은 자외선 처리한 SBS의 접착각과 박리강도의 관계를 보여준다. 코로나 처리도 자외선 처리와 같은 경향의 결과를 나타낸다. 화학적 변화는 XPS로 관찰하였고, 표면의 물리적 변화는 SEM으로 관찰한 결과가 Figure 9에 나타나 있다. Figure 8과 연관시켜 생각해 보면 자외선을 조사한 후, 접착력의 증가는 표면의 화학적 변화와 물리적 변화에 기인한 것이라고 볼 수 있다[40].

6. 결 론

접착각 측정은 접착제의 적용에 있어 피착제의 표면 에너지 측정, 젖음성 평가, 접착력의 차이를 알 수 있는 가장 쉬운 방법이다. 일반적으로 접착각의 감소는 젖음성의 증가와 표면에너지의 증가 즉, 접착력의 증가를 가져다준다. 또한 피착제를 표면처리할 때 적정시간을 측정하는데 이용되기도 한다. 접착각 측정은 기기와 이론의 발전으로 인해 더 정확한 표면에너지 측정이 가능해지고 있다. 하지만 아직까지 접착각 측정이 표면에너지의 간접적인 측정이기 때문에 간단한 측정방법이지만 신뢰성이 떨어지고 있다. 이러한 접착각의 측정과 함께 AFM, XPS 등을 함께 이용하여 신뢰성을 높이고 표면을 더 정확하게 평가할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. C. M. Chan, "Polymer Surface Modification and Characterization", Hanser, München, Germany (1993).

2. Y. K. Lee, H.-J. Kim, M. Rafailovich, and J. Sokolov, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **22**, 375 (2002).
3. F. M. Fowkes, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **1**, 7 (1987).
4. C. J. van Oss, R. J. Good, and M. K. Chaundhury, *Langmuir*, **4**, 884 (1988).
5. T. Young, *Philos. Trans. R. Soc. London*, **95**, 65 (1805).
6. Rafael. Tadmor, *Langmuir*, **20**, 7659 (2004).
7. S. Wu, D. R. Paul, and S. Newman, "Polymer Blends", Academic Press, NewYork (1978).
8. J. Lawrnce, L. Li, and J. T. Spencer, *Appl. Surf. Sci.*, **138-139**, 388 (1999).
9. C. N. C. Lam, R. Wu, D. Li, M. L. Hair, and A. W. Neumann, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **96**, 169 (2002).
10. A. Abbasian, S. R. Ghaffarian, N. Mohammadi, and D. Fallahi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **93**, 1972 (2000).
11. C. W. Extrand, *Langmuir*, **9**, 475 (1993).
12. M. Mate and J. Wu, *Langmuir*, **14**, 4929 (1998).
13. M. Hato, *J. Phys. Chem.*, **100**, 18530 (1996).
14. 조길원, 이대원, *고분자과학과 기술*, **6**(6) (1995).
15. A. Sklodowska, M. Wozniak, and R. Matlakowska, *Biol. Proc. Online*, **1**(3), 114 (1999).
16. J. C. Moreira and N. R. Demarquette, *J. Appl. Polym. Sci.*, **82**, 1907 (1999).
17. J. Granham-Engle and S. Pennell, *Int. J. Numer. Meth. Fluid.*, **32**, 851 (2000).
18. F. M. Fowkes., *Ind. Eng. Chem.*, **56**, 40 (1964).
19. E. H. Andrews and A. J. Kinloch, *Proc. Roy. Soc.*, **A322**, 385 (1973).
20. D. H. Kaelbe and K. C. Uy, *J. Adhesion*, **2**, 50 (1970).
21. Toyama. M and Ito.T. *Polym. Eng. Sci.*, **17**(7), 467 (1977).
22. A. W. Neumann and Jan K. Spelt, "Applied surface thermodynamics", Marcel Dekker, NewYork, (1996).
23. B. Y. Jung and S. H. Ryu, *Elastomer*, **36**, 3 (2001).
24. F. M. Fowdes, *J. Polym. Sci.*, **22**(3), 547 (1984).
25. E. H. Shafrin and W. A. Zasman, *J. Phys. Chem.*, **64**, 519 (1960).
26. D. Satas, "Handbook of Pressure Sensitive Adhesive Technology", Satas & Associates Warwick, Rhode Island, USA (1999).
27. M. Tomaya, T. Ito, and H. Moriguchi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **14**, 2295 (1970).
28. M. Tomaya, T. Ito, and H. Moriguchi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **14**, 2039 (1970).
29. S. Bhowmik, P. K. Ghoch, and S. Ray, *J. Appl. Polym. Sci.*, **80**, 1140 (2001).
30. 김현중, 김대준, 조길원 공역, "접착·접착의 화학과 응용", 한국 접착 및 계면학회 (2002).
31. H. Y. Nie., M. J. Walzak, B. Berno, and N. S. McIntyre, *Appl. Surf. Sci.*, **144-145**, 627 (1999).
32. M. Zenkiewicz, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **25**, 61 (2005).
33. C. M. Cepeda-Jimenez, R. Torregrosa-Macia, and J. M. Martin-Martinez, *Surf. Coat. Technol.*, **174-175**, 94 (2003).
34. C. C. Park and C. Y. Park, *Elastomer*, **35**(4), 296 (2000).
35. M. Babai-Cline and J. P. Wightman, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **15**, 185 (1995).
36. J. Iniesta-Jaen, M. M. Pastor-Blas, T. P. Ferrandiz-Gomez, and J. M. Martin-Martinez, *J. Adhes. Sci. Technol.*, **13**, 903 (1999).
37. C. M. Cepeda-Jimenez, M. M. Pastor-Blas, T. P. Ferrandiz-Gomez, and J. M. Martin-Martinez, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **21**, 161 (2001).
38. D. Oldfield and T. E. F. Symes, *J. Adhes*, **16**, 77 (1983).
37. M. M. Pastor-Blas, J. M. Martin-Martinez, and F. J. Boerio, *Rubber Chem Technol.*, **75**, 825 (2002).
39. M. D. Romero-Sanchez, M. M. Pastor-Blas, and J. M. Martin-Martinez, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **21**, 325 (2001).
40. M. D. Romero-Sanchez, M. M. Pastor-Blas, and J. M. Martin-Martinez, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **25**, 19 (2005).