

접착제의 물성해석과 응용실례 (제8회)

김현중¹ · 김대준² 공역

¹서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 접착과학 연구실
²삼성전기(주) 생산기술연구소 생산기술팀
(2005년 8월 19일 접수)

제 3 장 접착의 상용성과 물성 II

4. 접착제의 상용성과 접착물성

앞에서 기술한 바와 같이 고분자블랜드의 상용성은 온도나 압력 등과 같은 열역학적 파라미터에 의해서 변화한다. 더욱이 일종의 고분자블랜드인 접착제에 있어서 상태도(Phase diagram)의 작성은 중요한 연구 과제가 된다. 본 절에서는 접착제의 상용성이 접착물성에 미치는 영향에 대해서 설명하기로 한다.

일반적으로 접착제는 베이스폴리머의 종류에 따라 고무계, 아크릴계, 실리콘계 및 폴리비닐에테르계로 분류되어지고 있다[25]. 특히 고무계 접착제는 옛날부터 사용되었으며, 그 기원은 1870년대에 있어서 Johnson & Johnson사에 의해서 시판되어진 고무 반창고이다 [26]. 그 당시의 고무 반창고는 고무에 송진, 식물성 충전제를 블랜드한 것이었다. 고무계 접착제의 블랜드 방법은 현재 접착제 설계 시 중요한 지침이 되고 여러 종류의 접착 제품의 개발에 응용되어지고 있다.

고무와 tackifier (접착부여제)와의 블랜드인 고무계 접착제에 대한 접착 물성의 해석은 bulk의 역학적 성질 및 표면화학으로부터의 접근이 중심이었으며, 상용성을 고려한 해석은 전무했다. 秋山은[27] 1980년대 초에 SIS/tackifier계 블랜드 접착제에 있어서 그 상태도가 접착 물성과 연관된다는 것을 보고하였으며, 그 후에도 고무계 접착제의 상태도를 뒤에서 설명되는 내용과 같이 나타내어 왔다. 아크릴계 공중합체/tackifier계 접착제에 있어서는 최근에 이르러서 상태도가 보고되었다 [28]. 본 절에서는 秋山 등이 진행해 온 폴리부타디엔 (PBD)/ tackifier계 접착제[29-41] 및 SIS계 접착제에 있어서 상용성과 접착물성에 관한 결과를 기술한다. 여기에 더하여 水町 등이 연구한 아크릴계 접착제의 상용성과 접착물성에 대한 결과[28]를 소개한다.

5. PBD를 이용한 고무계 접착제

秋山 등은 1, 2 결합과 1, 4 결합량이 다른 폴리부타디엔(PBD를 이용하면 여러 가지의 T_g 를 가지는 PBD계 블랜드 접착제를 설계할 수 있다고 생각했다. 또 PBD와 IR과의 블랜드가 wet·skid 저항에 뛰어난 타이어 고무로서 응용되고 있다는 보고에 주목했다. 秋山 등은 PBD와 여러 종류의 tackifier와의 블랜드의 상용성을 조사하고 그 결과를 표 3-2와 같이 정리하였다[34]. 흥미롭게도 PBD는 터펜계 Nirez와 완전상용, 수침 터펜계인 Clearon과는 UCST형상거동, 로진계의 Gumrosin과는 LCST형상거동을 나타내고 있다. 이제부터 완전상용계와 상도계에 의해 분류하여 상용성과 접착물성에 관한 결과를 소개하겠다.

5.1. PBD/터펜수지 완전상용계 접착제

고무계 접착제의 접착 물성에 미치는 인자로서 bulk의 역학적 성질, 표면장력 및 상용성을 들 수 있다. 최근에는 접착물성을 접착제의 동적점탄성, 응력-변형 곡선 및 표면장력과 상관시키려는 시도도 행하여지게 되었다[42-44]. 秋山 등은 표 3-2 중에서 완전상용을 나타내는 PBD/Nirez계에 주목하고 접착물성, 동적점탄성, 표면장력을 평가했다.

PBD/Nirez-M85(50/50) 블랜드에 대해서 저장탄성을 G' 및 $\tan\delta$ 의 온도 의존성을 그림 3-13에 나타내었다. PBD의 1, 2 단위의 증가에 따라서 G' , $\tan\delta$ 와 온도와 의 곡선 관계는 그 형상이 변하지 않은 채로 고온 영역 쪽으로 이동(shift)하고 있다. 접착제품의 사용온도에 적합한 소재를 PBD의 1, 2 단위를 고려하는 것만으로 설계할 수 있다고 제시한다. 완전상용계인 PBD/Nirez 블랜드의 접착물성을 표 3-3에 나타내었다[31]. 1, 2 단위량 47.4%의 PBD/Nirez-M85(50/50) 블랜드가 우수한 접착력, 택 값을 나타내고 있어, 동적점탄성에서 기대된 결과와 일치하였다. 이들은 블랜드 조성에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었다[33]. 따라서 PBD/Nirez 완전상용 블랜드의 접착물성은 bulk의 역학적 성질(동적점탄성)에 영향된다고 판단되었다.

† Corresponding author: e-mail: hjkim@snu.ac.kr

* 이 내용은 加納義久(古河電氣工業(株)) 및 일본 고분자간행회의 허락에 의해 번역된 것입니다.

표 3-2. 폴리부타디엔(PBD)/점착부여제(30/70) 블랜드의 상용성[34] (24h annealing 후의 cloud point 관찰에 의한. 단 *표시는 4 h 후의 관찰 결과)

PBD(70.4)/점착부여제	열처리온도 (°C)					
	25	80	85	90	100*	140*
/picotac 95	○	○	○	○	○	
/Escorez-5320	×	×	×	×	×	
/Gumrosin-X	○	○	×	×	×	
/Staybelite ester-10	○	○	○	○	○	
/foral-105	○	○	○	○	○	
/Super ester-A115	○	○	○	○	○	
/Nirez-M85	○	○	○	○	○	○
/Nirez-M105	○	○	○	○	○	○
/Nirez-K105	○	○	○	○	○	○
/Nirez-1085	○	○	○	○	○	○
/Nirez-1100	○	○	○	○	○	○
/Nirez-1115	○	○	○	○	○	○
/Clearon-P125	×	×	×	×	×	○

○ : 상용, × : 상분리

5.2. UCST형 상태를 나타내는 PBD/수첨터펜계 점착제

앞서 기술한 바와 같이 고무와 tackifier와의 블랜드인 고무계 점착제는 상용성의 평가가 중요하다. 완전상용계에서는 bulk의 역학적 성질이나 표면장력으로부터 점착물성을 평가할 수 있다고 말하였다. 한편 T_g와 분해온도와의 사이에 상용~상분리의 전이온도를 가지는 상태도계에서는 상전이 온도 부근에서 점착물성이 크

표 3-3. PBD/Nirez 블랜드의 점착 물성[31]

Sample	180° peel strength (g/25 mm) ^a	J. Dow ball tack	Probe tack (g/5 mm ϕ)	Holding power (s)
PBD(10)/Nirez M85 50/50	CF/950 ^b	7	646	CF/9670
/Nirez M105 50/50	CF/700	8	898	CF/7890
/Nirez M105 50/50	CF/600	6	828	CF/7640
PBD(47.4)/Nirez M85 50/50	2600	7	992	CF/17270
/Nirez M105 50/50	2400	6	730	CF/16940
/Nirez M105 50/50	2550	6	839	CF/13580
PBD(70.4)/Nirez M85 50/50	2450	2>	185	NC shear 9.0mm ^c
/Nirez M105 50/50	2250	2>	140	NC shear 9.0mm
/Nirez M105 50/50	2500	2>	243	CF/54930
PBD(47.4)/Nirez M85 70/30	1300	2>	159	CF/13770
/Nirez M85 30/70	CF/4700	6	385	CF/4260

a- Dwell time: 24 h, b- CF: cohesive failure of adhesive layer, c- NC: 70000 s

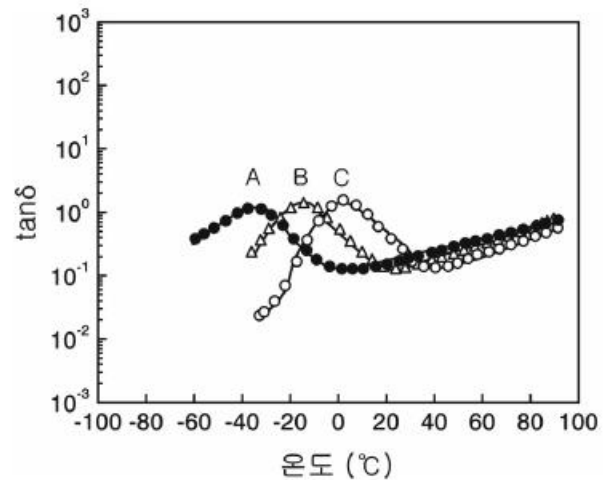
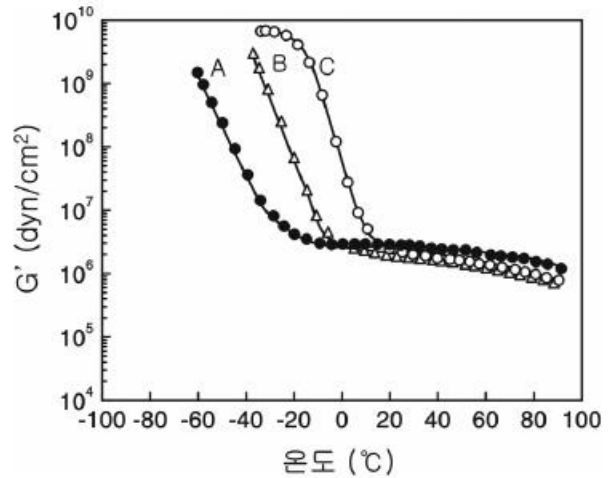


그림 3-13. PBD/Nirez-M85(50/50) 블랜드에 있어서 G', tan δ-온도곡선의 1, 2 단위에 대한 변화 (1 Hz)[31] (A: 1, 2 단위가 10%, B: 47.4%, C: 70.4%).

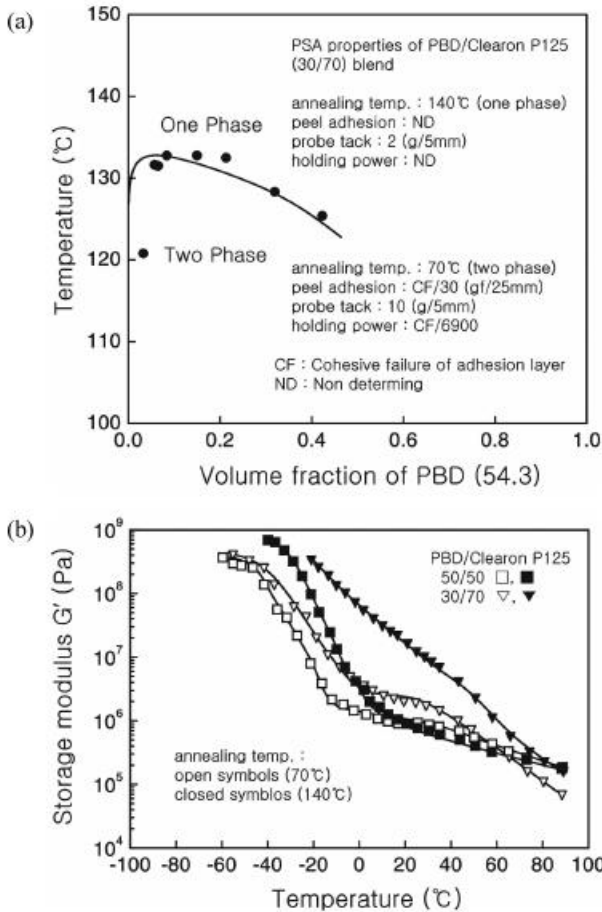


그림 3-14. a) PBD(54.3)/Clearon P125 블랜드의 UCST 상태도. ●는 cloud point로 실선은 Flory-Huggins식에 의해 계산된 binodal곡선. 그림 내에 140°C(상용영역) 및 70°C(상분리영역)에서 열처리 되어진 PBD/Clearon P125(30/70) 블랜드의 점착물성을 나타냄; b) PBD(54.3)/Clearon P125(50/50)(□, ■), (30/70)(▽, ▾) 블랜드의 저장탄성률 G'의 온도의존성(열처리 온도; open symbols (70°C), closed symbols (140°C))[36].

게 변화할 것으로 예상된다. PBD는 IR과 상용하지만 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP)과는 비상용이다. 앞서 언급한 바와 같이 PBD는 이소프렌 골격을 가지는 터펜수지(Nirez)와는 상용했다. 그래서 秋山 등은 PE와 PP와의 교호 공중합체인 수침터펜수지와 PBD와의 블랜드에서는 실측 가능한 온도 영역에 상태도가 발견되는 것이 아닌가라고 생각했다. 여기서는 PBD/Clearon P125(수침터펜) 블랜드 점착제에 대해서 점착물성과 상태도와와의 관계를 설명하였다.

그림 3-14(a)는 cloud point 관찰로부터 얻어진 PBD(54.3)/Clearon P125 블랜드의 UCST형 상태도이다. 여기서 54.3은 PBD 중의 1, 2 단위량을 나타낸다. 秋山 등[36]은 이 상태도를 기초로 상용영역(140°C) 및 상분

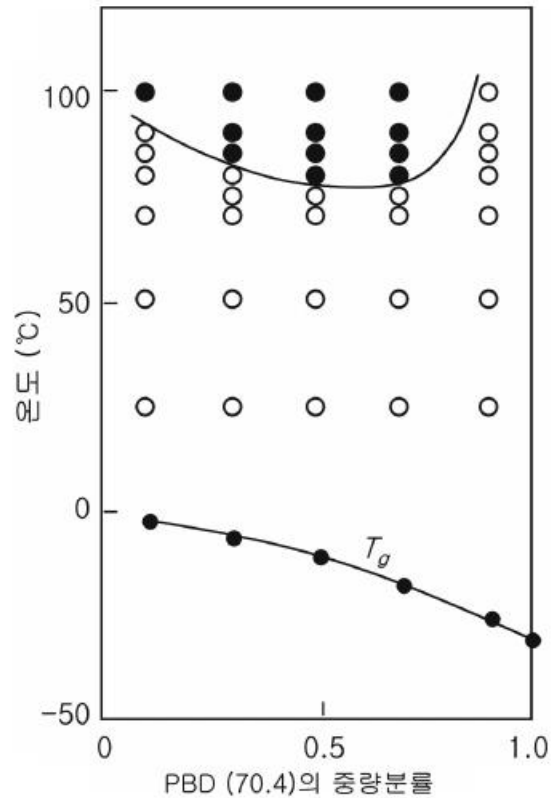


그림 3-15. PBD(70.4)/Gumrosin X 블랜드의 LCST형 상태도[29] (○;투명, ●;불투명).

리영역(70°C)에서 열처리한 PBD (54.3)/Clearon P125 (30/70) 블랜드의 점착물성을 조사하였다. 그 값이 그림 3-14(a)에 나타나 있다. 상분리영역에서는 점착력 및 유지력 측정 시 응집과괴를 나타내며 약간의 점착성이 발견되고 있다. 저온(상분리)에서는 어느 정도 Clearon P125가 녹아있는 부드러운 PBD rich상과 유리상의 Clearon P125상이 공존하기 때문에 점착성을 가지는 PBD rich상이 점착성의 발현에 기인하고 있는 것이라고 추측하고 있다. 한편 고온(상용)에서는 PBD와 Clearon P125가 분자 수준에서 혼합되기 때문에 점착성이 소실했다고 말할 수 있다. 그림 3-14(b)에 나타나는 것과 같이 PBD/Clearon P125 블랜드의 저장탄성률 G'는 열처리온도에 의해서 크게 변화하고 있다. 더욱이 상구조의 차이에 기초한 역학적 성질의 변화가 점착물성에 영향을 미치고 있다고 생각된다.

5.3. LCST형 상태도를 나타내는 PBD/로진계 점착제

일반적으로 로진계 tackifier는 분자 내에 카르복실기와 이중결합을 가지고 있으므로 탄소와 수소만으로부터 형성되어지는 터펜계 tackifier에 비해서 극성이 높다. 통상적으로 abietic산 등의 공역 이중결합이 있어 산화되어지기 쉬우므로 수침, 불균화, 이중화 등에 의

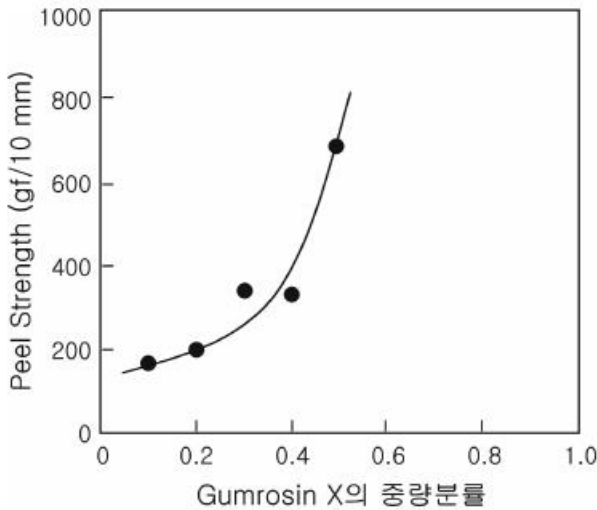


그림 3-16. PBD(70.4)/Gumrosin X 블렌드의 조성에 따른 박리력 변화[29].

해서 개질되어지고 있다. 秋山는 로진의 극성에 주목하고 PBD/로진계에서 LCST형 상태도가 얻어질 것이라고 생각했다.

PBD(70.4)/Gumrosin X 블렌드의 LCST형 상태도를 그림 3-15에 나타내고 있다[29]. PBD는 탄소와 수소만으로 구성되어 있으므로 상호작용으로서는 London의 분산력이 기대될 뿐이다. 한편 Gumrosin X는 앞서 언급한 바와 같이 극성이 높고 상호 작용하기 쉽다. 이 극성이 PBD와의 블렌드로 LCST형상거동을 나타내는 요인이라고 추측되어진다. 그림 3-16에 PBD(70.4)/Gumrosin X 블렌드에 있어서 180° 박리력의 조성 의존성을 나타낸다. 180° 박리력은 Gumrosin X를 블렌드하면 1/1의 비율까지 증가하고 있다는 것을 알 수 있다. 앞의 PBD/Clearon P125계와 같이 상전이 온도 부근에서 열처리한 시료에 대해서 점착물성을 측정하면 흥미있는 결과가 얻어진다고 예상된다.

5.4. PBD/피넨수지계 점착제

피넨수지는 이소프렌 2량체와 유사한 α -피넨, β -피넨, 디펜텐 및 리모넨 등의 단량체 또는 그것들의 혼합물을 카티온 중합에 의해서 배합한 것이다. 일반적으로 α -피넨수지는 β -피넨수지보다 천연고무에 대해서 상용성은 떨어지지만 SBR에 대해서 오히려 뛰어나다는 보고[46]가 있다. 또 아크릴계 공중합체는 α -피넨수지와 잘 상용하고 β -피넨수지와는 비상용이라는 것이 경험적으로 알려져 있다. PBD는 IR과 상용하므로 秋山 등은 PBD와 α -피넨수지, β -피넨수지와의 상용성의 평가는 대단히 흥미 깊다고 생각했다. 아래에 PBD/ α -피넨수지, β -피넨수지 블렌드의 상용성과 점착물성에 관한 결과[40,41]를 소개한다.

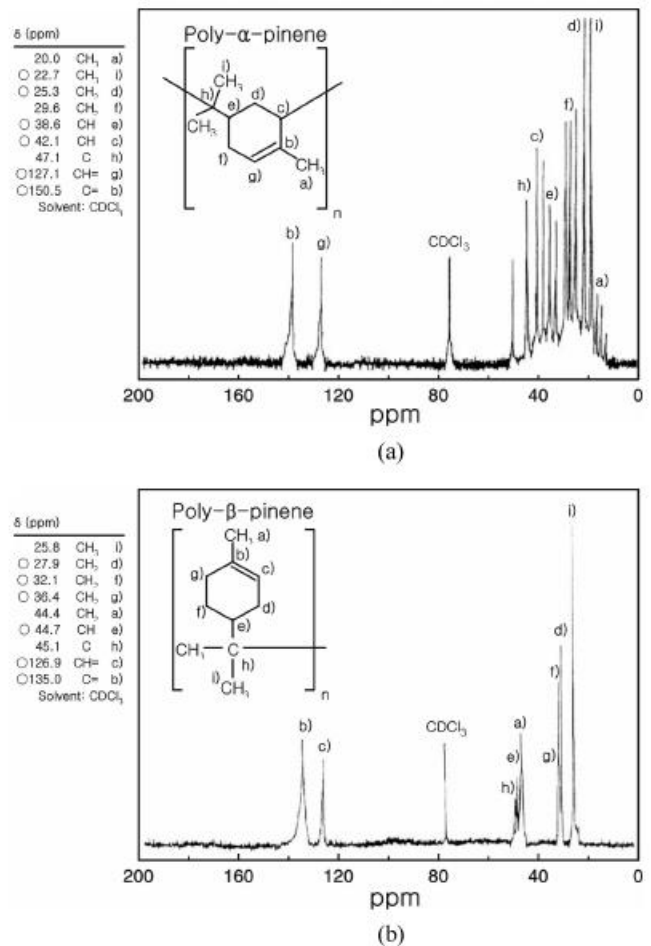


그림 3-17. a) α -피넨수지, b) β -피넨수지의 ^{13}C -NMR 스펙트럼[41].

PBD/ α -피넨수지(YS레진 A1150) 블렌드는 단일의 T_g 를 나타내고 상용하고 있다는 것이 시사된다. 한편 PBD/ β -피넨수지(YS레진 PX1150N) 블렌드는 두 개의 T_g 를 나타내고 상분리계라고 판단된다. 그림 3-17에 α -피넨수지 및 β -피넨수지의 ^{13}C -NMR 스펙트럼을 나타내었다. β -피넨은 사이클로hex산 p-위치에서 중합된 것이라고 확인된다. 한편 α -피넨수지의 명확한 화학구조에 대해서는 ^{13}C -NMR 스펙트럼으로부터 추정하는 것은 어렵지만 사이클로hex산의 m-위치의 중합체가 포함되어 있을 가능성이 있다. 따라서 같은 피넨수지인 β -피넨수지와 약간의 구조 차이가 상용성에 영향하고 있다고 추정된다. PBD/ β -피넨수지 블렌드는 상분리계이기 때문에 점착성은 발현되지 않았다. 따라서 표 3-4에 나타난 바와 같이 PBD/ α -피넨수지 블렌드의 점착물성을 검토하였다. PBD(30.1)/ α -피넨수지(50/50) 블렌드에서 우수한 점착성을 나타냈다. 이들의 블렌드에서는 임계표면장력 γ_c 가 블렌드 조성과 1, 2, 단위량에 따라 변화하며 bulk의 역학적인 성질이 점착물성에 영

표 3-4. PBD/ α -피넨 수지(50/50) 블랜드의 점착 물성[41]

Sample	180° peel strength (g/10mm) ^a	J. Dow ball tack	Probe tack (g/5 mm ϕ)	Holding power (sec)
PBD(8.3)/ α -pinene resin	258.2	6	906	CF/6270 ^b
PBD(30.1)/ α -pinene resin	282.3	10	942	CF/9203
PBD(48.6)/ α -pinene resin	210.3	9	887	CF/17120
PBD(71.6)/ α -pinene resin	199.1	2>	205	NC ^c

a- Dwell time:24 h, b- CF:cohesive failure of adhesive layer, c- NC:70000 sec

표 3-5. PBD/여러 가지의 tackifier (50/50)블랜드의 상용성과 점착물성[47]

Tackifier	T _g (°C)	Phase Diagram	v _r ^c (dyn/cm)	G' (dyn/cm ²) ^g	Probe Tack (g/5 mm ϕ)	J. Dow Ball tack
Rosin ^a (Gumrosin-X)	-10	LCST (T _c = 85°C)	-	-	-	-
Terpene ^b (Nirez)	-40	Miscible	22.1 ^h	2 × 10 ⁶	730	6
Hydrogenated Terpene ^c (Clearon)	-40	UCST (T _c =133°C)	21.2	9 × 10 ⁶	120	2>
α -pinene ^d	-17	LCST (T _c =69°C)	21.1	2 × 10 ⁷	940	10
β -pinene ^e	-53.97	Immiscible	-	2 × 10 ⁷	-	-

1,2-unit content in polybutadiene (wt%): a) 70.6, b) 47.4, c) 54.3, d) 30.1, e) 48.6, f) Estimated by log-log plot using D-liquids, g) 1 Hz, 25°C, h) 60 wt%1,2-unit

향하고 있다고 추측된다.

PBD/여러 tackifier 블랜드에 대해 표 3-5와 같이 상용성과 점착물성을 정리할 수 있었다[47]. tackifier의 종류에 따라서 상태도의 유형이 달라져서(완전상용, 상분리, UCST, LCST), 각각이 우수한 점착물성을 나타내고 있다. 지면 관계상 상세한 내용은 생략하지만 β -피넨수지를 수첨하고, 분자량을 제어함에 의해서 PBD와 블랜드에서 점착성 및 상용성이 향상되는 것을 발견하였다[48]. 또 α -피넨수지의 분자량 분별에 의해서 폴리스티렌 환산으로 3~4량체가 끈적임에 영향하고 5량체 이상의 성분은 응집력에 기인한다는 흥미로운 결과를 얻었다[49].

6. 아크릴계 블랜드 점착제에 있어서 점착물성과 상용성

水町[28,50,51]은 아크릴계 공중합체와 점착부여제와의 블랜드에 대해서 상용성과 점착물성을 평가하고 있다. 그 한 예로 그림 3-18에 공중합체 조성비가 다른 폴리(아크릴산부틸-co-아크릴산)/Superster A-100(주성분; 디하이드로아비에틱산의 글리세롤에스테르) 블랜드의

상태도를 나타내었다. 폴리(아크릴산부틸) 단위에서는 LCST형의 상거동을 나타내고 있지만 아크릴산의 함유량이 3%가 되면 상태도가 UCST거동으로 크게 변화하고 있다. 더욱이 아크릴산의 함유량이 증대하면 상용하는 영역이 좁아지고 있다. 동일한 거동은 다른 계에서도 관찰되어진다.

그들은 여러 온도에서 박리력을 측정하고 조성비가 다른 아크릴계 공중합체/점착부여제 블랜드의 T_g와 측정 온도와의 차(ΔT)와 박리력과의 관계를 조사하였다. 그림 3-19에 상용블랜드에 있어서 ΔT 와 박리력과의 관계를 나타내었다. 유연한 합성곡선(master curve)이 얻어지며, 박리력의 최대 값이 약 60°C에서 관찰되어진다. 한편 비상용 블랜드에서는 합성곡선이 얻어지지 않고 점착부여제의 첨가량이 증대할수록 박리력이 현저하게 저하된다. 비상용계에서는 점착부여제가 단순히 충전제로서 작용하고 있기 때문이라고 설명하고 있다.

그들은 아크릴계 공중합체/점착부여제 블랜드에 대해서 유지력(전단 creep 파괴시간; t_b)과 저장탄성률 G'와의 관계를 조사하였다(그림 3-20). 상용계에서 t_b는 G'의 증대에 따라서 현저히 증가한다. 한편 비상용계에서는 그 증가율이 상용계 만큼 현저하지는 않다. 점착부여제가 매트릭스인 아크릴 공중합체의 물성에 영향

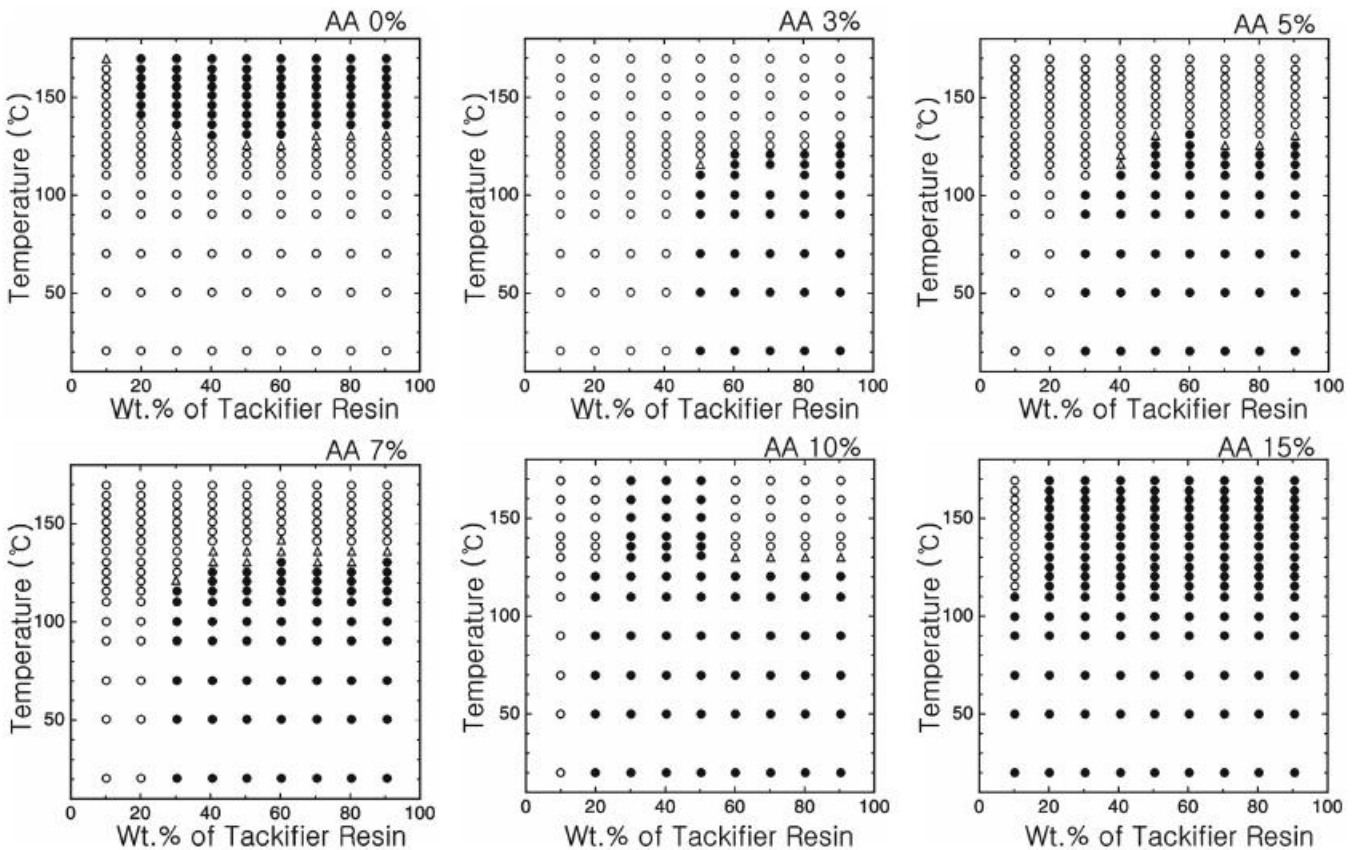


그림 3-18. 폴리(아크릴산 부틸-co-아크릴산)/Superster A-100 블랜드의 상태도[28].

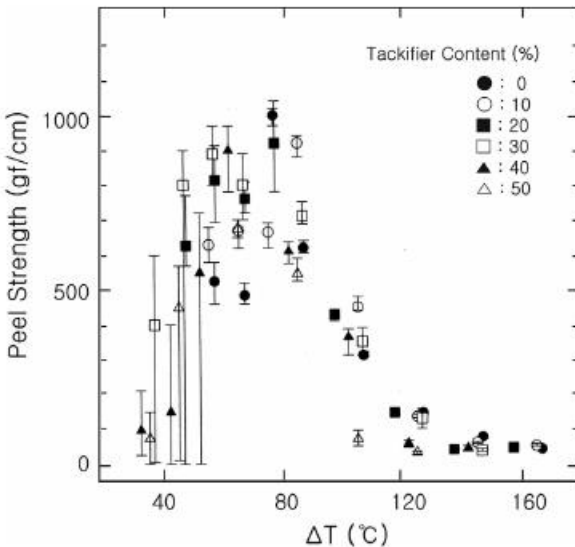


그림 3-19. 아크릴계 공중합체/점착부여제 상용 블랜드의 ΔT 와 박리력 간의 관계[28].

을 미치지 않기 때문이라고 추측된다. 이 결과들로부터 아크릴계 점착제에서도 점착부여제와의 상용성은 점착물성을 제어 시 중요한 인자가 된다고 생각된다.

7. SIS계 점착제의 상거동과 점착물성

秋山등은 SIS/수첨터펜(Picolyte S-115; PIC) 블랜드에 대해서 상거동과 점착물성에 관한 흥미로운 결과를 보고하였다[52]. 사용된 SIS의 분자특성을 표 3-6에 나타내었다. 그림 3-21에서 알 수 있듯이, SIS(0)/PIC 블랜드 및 SIS(42)/PIC 블랜드는 승온 과정에서는 저온에서 투명하지만 160°C 이상의 온도가 되면 불투명한 상분리를 나타낸다. 그런데 SIS(42)/PIC계에서는 200°C, SIS(0)/PIC계에서는 220°C 이상의 온도가 되면 다시 투명하게 된다. SIS/PIC 블랜드는 LCST와 UCST를 공유하고 있다고 생각되어 진다. 그러나 감온과정에서는 UCST는 확인되지만 LCST는 소실되었다. 따라서 승온과정에 있어서 160°C에서 관찰되어진 겔보기의 상전이는 시료 제조 시에 동반되는 비평형상태가 원인이라고 생각되고 있다.

그림 3-22(a)에 SIS(0)/PIC 블랜드에 대해서 열처리 온도와 열처리 후 실온에서 측정된 J. Dow 볼 텍값과의 관계를 나타내고 있다. SIS(0)/PIC(80/20), (70/30) 블랜드의 텍값은 열처리온도에 의존하지 않고 거의 일정한 값을 나타내고 있다. (60/40) 블랜드의 텍값은 40~

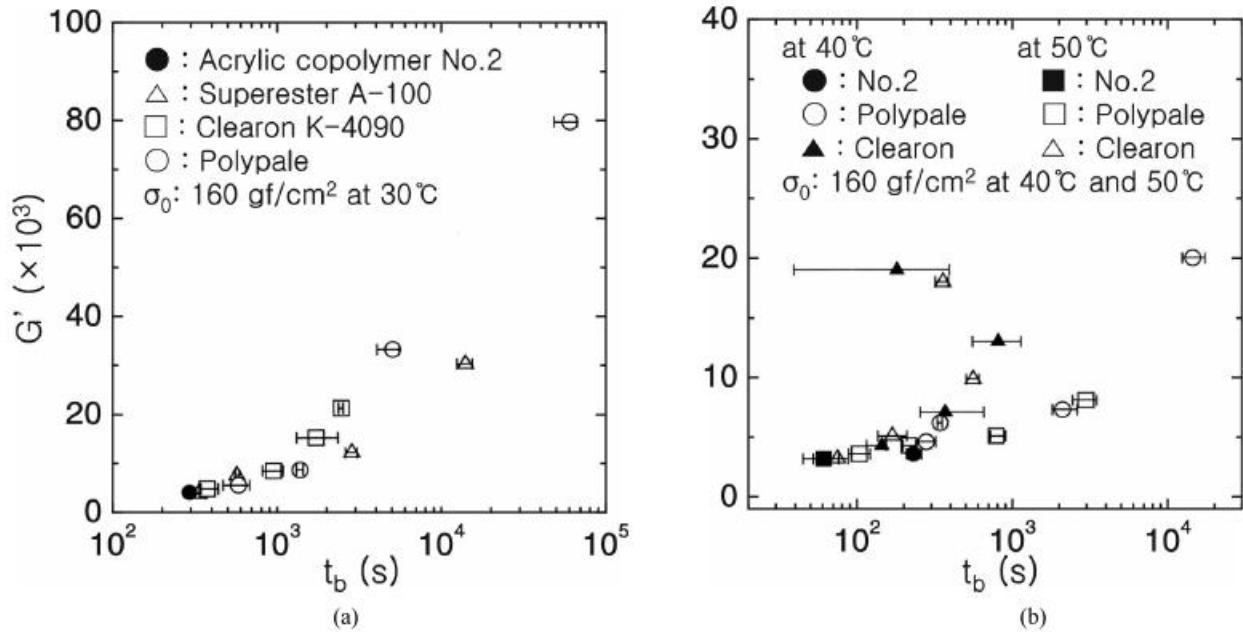


그림 3-20. 아크릴계 공중합체/점착부여제 블렌드에 있어서 저장탄성률 G' 과 전단 creep 파괴시간과의 관계[28] (a; 상용계, b; 상분리계).

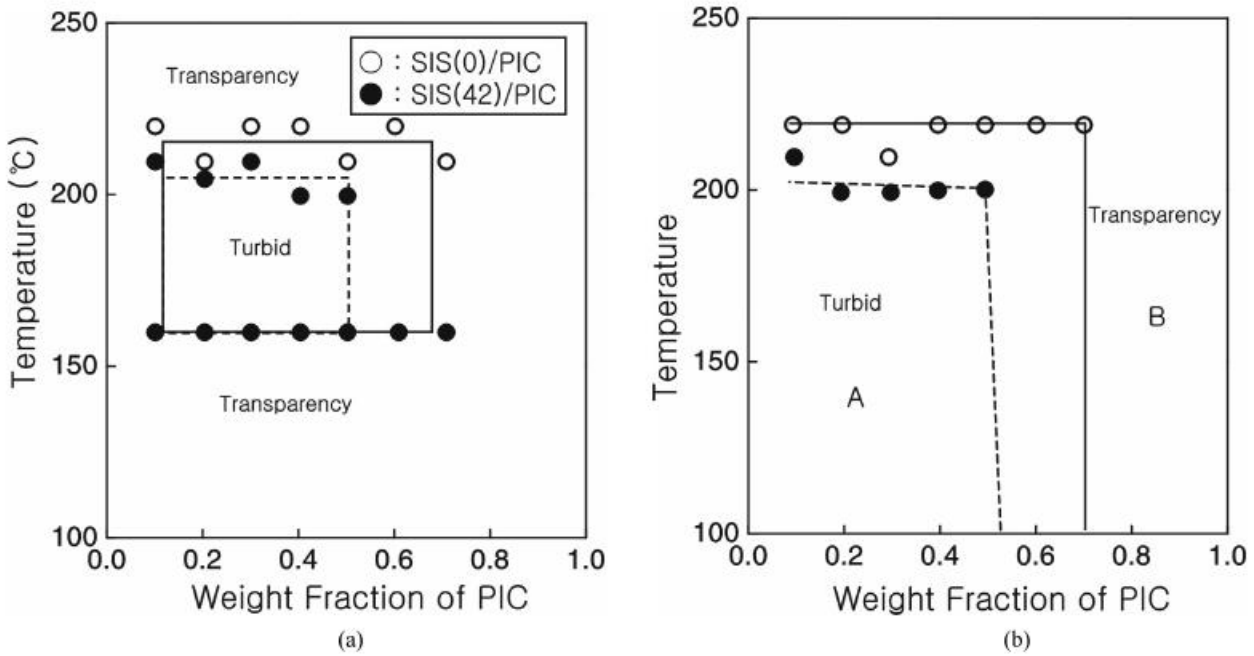


그림 3-21. SIS/PIC 블렌드의 조성별 cloud point[52] (a; 승온과정, b; 감온과정).

표 3-6. SIS의 분자 특성[52]

Abbreviations	Diblockmer content (wt%)	Styrene contents (wt%)	$\overline{M}_n \times 10^{-5}$	$\overline{M}_w \times 10^{-5}$
SIS(0)	0	18	1.3	1.7
SIS(42)	42	15	-	-

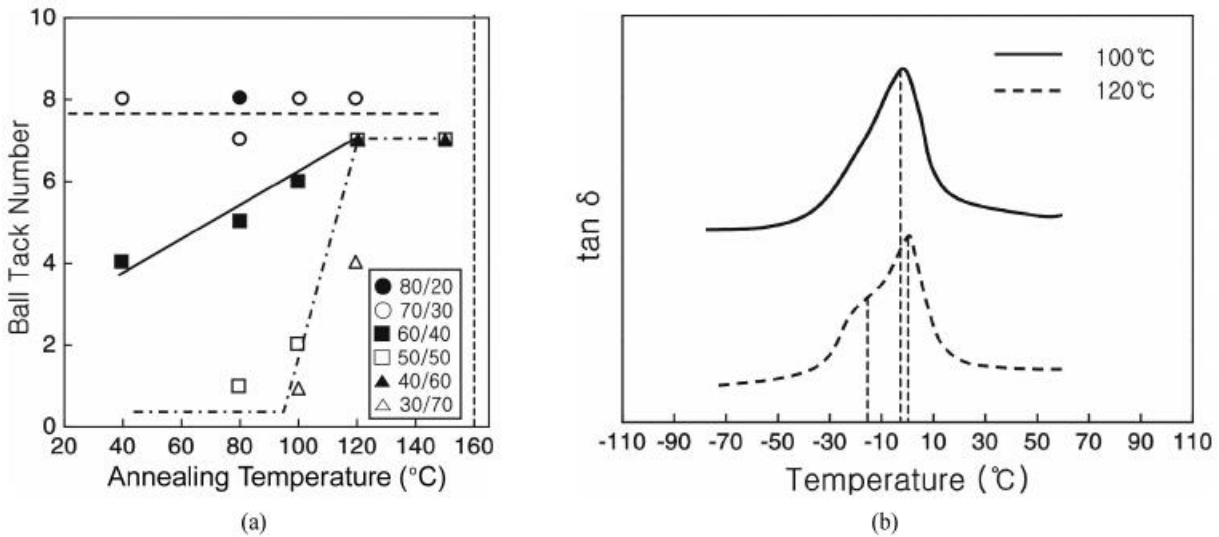


그림 3-22. a) SIS(0)/PIC 블렌드에 있어서 열처리온도와 J. Dow 볼 택과의 관계, b) 100, 120°C에서 열처리된 SIS(0)/PIC(40/60) 블렌드의 $\tan \delta$ -온도곡선[52].

120°C의 범위에는 열처리온도에 비례하여 증가하고 있다. 한편 (50/50), (40/60), (30/70) 블렌드에 있어서 40~100°C의 범위에서는 거의 택 값을 나타내지 않지만, 120°C에서 급격히 택값이 증대하고 있다. 그림 22-b에 100, 120°C에서 열처리한 SIS(0)/PIC(40/60) 블렌드의 $\tan \delta$ 온도 곡선을 나타내었다. 100°C에서 열처리한 (40/60) 블렌드는 폴리소프렌과 PIC의 혼합물의 유리전이 에 해당하는 단일 피크를 나타내고 겉보기 상 상용하고 있음이 시사되어진다. 한편 120°C에서 열처리한 (40/60) 블렌드에서는 불균일한 구조의 존재를 나타내는 Shoulder 피크가 관찰되어져 상분리의 경향이 있는 것을 나타내고 있다. SIS(42)/PIC 블렌드에 택값이나 $\tan \delta$ -온도 곡선도 SIS(0)/PIC 블렌드와 같은 거동을 나타내었다. 이 결과들을 근거로 그들은 SIS/PIC 블렌드의 상거동의 차이가 택 값에 영향하고 있다고 지적하였다.

8. 끝으로

본 장에서는 점착제를 취급하고 있는 연구자·기술자를 대상으로 한 고분자블렌드의 상용성에 관한 기초 지식으로 고분자블렌드, 혼합의 열역학, 상분리 메커니즘 및 상용성의 평가를 기술했다. 특히 점착제에 적용하는 경우를 예를 들어 설명[53]하려 했다. 보다 깊은 고분자블렌드 연구를 하고 계시는 분에게는 이미 우수한 저서[1,15-b,54]가 출판되었으므로 그것을 참고로 해주기 바란다. 점착제의 상용성에 대해서는 그 상태도의 중요성을 강조하였으므로 이후에는 점착제의 상태도에

관한 연구가 늘어나고 또한 신규 점착제의 분자설계 기술에 상태도를 이용하는 것이 바람직하다.

다음으로 PBD계, SIS계 및 아크릴계 점착제에 대해서 상용성과 점착물성에 관한 결과를 설명하였다. PBD계에서는 블렌드하는 tackifier의 종류에 의해서 상태도의 유형도 다르고(완전상용, 상분리, UCST, LCST), 각각이 뛰어난 점착성을 나타내었다. 일반적으로 tackifier의 연화점에 의해서 점착물성을 제어하고 있다. 베이스 폴리머 PBD의 1, 2 단위 함유량에 의해서 점착물성을 제어할 수 있다는 것을 명백하게 했다는 점을 포함하여 매우 흥미로운 결과이다. 또 점착물성을 상용성과 연관시키는 것이 중요하다는 것을 PBD·SIS·아크릴계 점착제를 예를 들어 설명하였다. 상태도계에서는 상용~상분리의 상전이온도 부근에서 점착물성이 변화하기 시작하며, 점착물성의 제어에 상태도(상구조)가 중요한 역할을 함을 알 수 있었다.

점착제의 점착성을 점탄성, 표면장력, 상용성 등과 같은 물성해석을 고려하여 시뮬레이션을 하게되면 원하는 점착물성을 가지는 점착제를 물리, 화학적으로 설계할 수 있을 것으로 생각한다.

참고 문헌

25. 木村肇, 砂川誠, 高機能接着劑·粘着劑, 共立出版 (1989).
26. 福澤敬司, 粘着技術, 高分子刊行會 (1987).
27. 秋山三郎, 原徳太郎, 東京農工大學一般教育部概要, 18, 77 (1981)

28. H.-J. Kim, H. Mizumachi: a) *J. Adhesion*, **49**, 113 (1995); b) *J. Appl. Polym. Sci.*, **56**, 201 (1995); c) *J. Appl. Polym. Sci.*, **57**, 175 (1995); d) *J. Appl. Polym. Sci.*, **58**, 1891 (1995).
29. 河原成元, 秋山三郎, 日本接着學會誌, **26**, 142 (1990).
30. 秋山三郎, 河原成元, 高分子加工, **40**, 271 (1991).
31. S. Kawahara, S. Akiyama, and Y. Kano, *Polymer*, **32**, 1681 (1991).
32. Y. Kano, S. Kawahara, T. Nakamura, and S. Akiyama, *Polym. Networks Blends*, **1**, 189 (1991).
33. S. Kawahara, Y. Kano, and S. Akiyama, *Polym. J.*, **24**, 145 (1992).
34. 河原成元, 秋山三郎, 高分子, **41**, 586 (1992)
35. Y. Kano, S. Kawahara, and S. Akiyama, *J. Adhesion*, **42**, 25 (1993).
36. S. Kawahara, Y. Kano, and S. Akiyama, *Int. J. Adhesion and Adhesives*, **13**, 181 (1993).
37. S. Akiyama, Y. Kano, and S. Kawahara, *Polym. Networks Blends*, **3**, 79 (1993).
38. S. Akiyama, Y. Kano, and S. Kawahara, *Polum. Networks Blends*, **4**, 197 (1994).
39. 秋山三郎, 日本接着學會誌, **30**, 439 (1994).
40. 宮古.強臣, 秋山三郎, 張鵬鳴, 高分子論文集, **52**, 434 (1995).
41. 秋山三郎, 宮古.強臣, 日本接着學會誌, **31**, 390 (1995).
42. M. F. Tse, *J. Adhesion Sci. Technol.*, **3**, 551 (1989)
43. H. W. H. Yang, *J. Appl. Polym. Sci.*, **55**, 645 (1995).
44. W. C. Dale, M. D. Paster, and J. K. Haynes, *J. Adhesion*, **31**, 1 (1989).
45. 齋藤降則, 日本接着學會誌, **24**, 347 (1988).
46. C. Dewalt, *Adhesive Age*, **13**(3), 38 (1970).
47. 秋山三郎, 加納義久, 河原成元, 日本ゴム協會誌, **69**, 465 (1996).
48. 上藤史子, 秋山三郎, 第45回高分子學會年次大會 (1996).
49. 秋山三郎, 村井都志衣, 加納義久, 粘着研究會第17回研究發表會講演要旨 (1996).
50. 林俊次, 金顯中, 水町浩, 日本接着學會誌, **31**, 407 (1995).
51. 林俊次, 金顯中, 梶山幹夫, 小野擴邦, 水町浩, 日本接着學會誌, **33**, 258 (1997).
52. S. Akiyama, Y. Kobori, A. Sugisaki, T. Koyama, and I. Akiba, *Polymer*, **41**, 4021 (2000).
53. 加納義久, 日本接着學會誌, **35**, 129 (1999).
54. L. A. Utracji著, 西敏夫 譯, “ポリマーアロイとポリマーブレンド, 東京化學同人 (1991).