

에폭시수지-ESBO 혼용 비율에 따른 목재접착제의 접착력, 반응성 및 열분석에 관한 연구*¹

최진림*² · 박현*^{2†}

A Study on the Bonding Strength, Reactivity and Thermal Properties of Epoxy Resin Mixed with ESBO*¹

Jin Lim Choi*² · Heon Park*^{2†}

요 약

본 연구의 목적은 천연자원이며 저렴한 콩기름의 이용을 위하여 기존 에폭시수지와 에폭시 콩기름(Epoxydized soybean oil: ESBO)을 혼용한 접착제의 물성과 반응성, 경화거동 및 열안정성을 구명하는 것이다. 이에 epoxy/ESBO의 혼합비율을 달리하여 접착력, 필름의 내수성, 열적성질, 반응성 및 포름알데히드와 TVOC 방산량에 대해 시험해 보았다. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 상태접착력 시험을 실시한 결과 혼합비율 9:1일 때 가장 우수한 접착력을 보였으며 혼합비율 2:8일 경우 가장 낮은 값을 보여 2:8과 1:9를 두 경우를 제외한 9가지 경우 모두 KS 합판 접착성(비내수) 규격인 7.0 kgf/cm²를 모두 상회하고 있었고, 준내수접착력을 실시한 결과 혼합비율이 9:1일 때 가장 우수하게 나타났으며 5:5일 때 가장 낮은 강도를 보였다. 혼합된 접착제의 내수성을 재검토하기 위해 필름을 제조하고 가열하여 필름의 상태와 두께 및 신장률을 조사한 결과 수분흡수율이나 두께 및 신장율의 변화는 없었다. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 Tg점은 120~110°C 사이에 나타났으며 가장 높은 Tg점은 혼합비율 10:0의 122°C이며 7:3, 8:2, 9:1 순으로 나타났다. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 IR스펙트럼을 조사한 결과, 에폭시수지의 에폭시밴드는 모두 경화반응하나 ESBO는 완전히 경화된다고 판단하기 어렵다. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 열안정성 검토결과 ESBO 혼합 비율이 증가할수록 열안정성은 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 위와 같은 실험결과를 종합하여 봤을 때 epoxy resin/ESBO의 혼합접착제에서의 ESBO는 에폭시접착제의 증량제수준의 역할임을 실험을 통하여 확인할 수 있었으며, ESBO를 접착제로 활용하기 위해서는 경화반응을 유도할 수 있는 경화조건이 확립되어야 한다고 판단된다.

*¹ 접수 2007년 3월 12일, 채택 2007년 4월 30일

*² 건국대학교 산림과학과, Dept. of Forest Science, Konkuk University, Chungju, Chungbuk 380-701, Republic of Korea
† 주저자(corresponding author) : 박 현(e-mail: h.park@kku.ac.kr)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate thermal stability, reactivity, and bonding strength of existing epoxy resin mixed with the epoxidized soybean oil (ESBO) in order to use soybean oil economically. In the dry shear test, the marked strengths showed 305 kgf/cm² at the ratio of ESBO to epoxy resin 9 : 1 and 6.2 kgf/cm² at the ratio 8 : 2. The bonding strengths of the others, except mixing ratios 2 : 8 and 1 : 9, exceeded the requirement of Korean plywood standard of 7.0 kgf/cm². In the wet shear test, the result was 58 kgf/cm² at the ratio 9 : 1. There were no thickness swelling and moisture absorption in the water resistance of the film. The value of activation energy, Tg (ΔE), by DSC analysis showed between 110°C and 120°C through all ratios. Epoxy in the epoxy resin fully reacted with the hardener (TETA), but it is difficult to decide that epoxys in the ESBO were reacted directly with the hardener from FT-IR analysis. As the mixing ratio of ESBO increased, the thermal stabilities dropped from TGA analysis. From the comprehensive view on the results of above experiments, it could be confirmed through experiments that the ESBO in the mixed adhesive of epoxy resin/ESBO played a role as an extending agent level of epoxy adhesive, and we were able to know that in order to utilize ESBO as an adhesive, a study should be performed on the condition of hardening, inducible of the hardening reaction.

Keywords: plywood, bonding strength, ESBO, FT-IR, epoxy resin, TGA, DSC

1. 서 론

최근 실내공기환경에 대한 국민적 관심으로 2003년 실내공기질관리법이 제정되었다. 이는 실내 거주 시간의 증가와 실내공기의 기밀화로 실내대기오염이 중요한 환경문제로 대두되었기 때문이다. 현대인은 전반적으로 하루 중 80~90%를 실내에서 생활하므로 실내공기질(Indoor Air Quality, IAQ)은 대부분의 국가에서 중요한 환경과 건강문제로서 부각되고 있다(박 등, 2005). 실내오염이란 밀폐된 모든 공간에서의 오염을 칭하는데 이것은 매우 복합적인 원인들에 의해서 야기되며, 실내 거주자들의 건강상태에 많은 영향을 주는 것으로 나타나고 있다. 이들 실내오염의 원인으로는 외부공기의 유입이나 건축자재, 생활용품 등에서 발생된다고 할 수 있다(조, 1999).

그중 목질재료의 사용이 증가되어짐에 따라 목질재료에 사용되어지는 접착제 및 코팅제에서 유발되는 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOC)과 포름알데히드 등에 의한 실내공기질 문제

를 야기시키게 된다. 목재에 이용되는 접착제 및 코팅제는 대부분이 석유화학 제품으로 앞에서 말한 VOC문제를 근본적으로 해결하기 어렵다. 이러한 독성 VOC문제는 천연물을 원료로 사용함으로써 극복할 수 있는 부분이다. 따라서 천연물자원의 사용이 많은 관심을 불러일으키고 있으며 전 세계적으로 연구 되어지고 있는 추세이다.

식물성 천연 유지이며 콩기름인 Triglyceride (트리글리세리드) 식물성 오일은 그러한 원료를 대표하는 중요한 종으로 수많은 산업적인 용도로써 사용되고 있다(Pryde *et al.*, 1990). 부가적으로 무독성이고 생분해성이 있는 즉, 환경친화적인 유익한 특징을 가지고 있다. 이 triglyceride 오일의 주요한 성분은 포화·불포화 지방산이다. 이것들은 탄성중합체 조직의 형태로 합성시킬 수 있고 석유화학에서 파생된 수지를 대신할 궁극적인 자원으로서 전망되고 있고 가격이 저렴하다는 장점을 가진다(Nevin *et al.*, 1963). 콩기름을 변성한 에폭시기름(Epoxidized soybean oil: ESBO)은 산업적으로 플라스틱과 수지로 사용되어지며 가소제나 희석제로써도 사용

되어지고 있다. 여러 연구 결과 ESBO의 사용가능성은 제시되었으나 구조적인 변성을 통한 수지의 발달은 여전히 더 연구되어야 할 과제이다(Jiang *et al.*, 2003). 현재 국내에서도 여러 목적으로 식물성·동물성 기름이 사용되어지고 있다. 그중 대두유(Soybean oil)는 국내 생산 식용유 중 가장 많은 양을 차지하며 저렴하고 대중적인 식물성 기름이다. 이러한 대두유와 같은 식물유는 바이오매스 물질로 현재 우리가 아주 널리 많은 양을 사용하고 있으며 매년 재배에 의해 많은 양이 생산되므로 고갈의 위험이 없이 지속적인 생산이 가능하며 지구 온난화의 주범으로 생각되고 있는 이산화탄소 배출에 대한 기여도가 낮은 점, 그리고 벤젠고리 화합물을 포함하고 있지 않기 때문에 자연환경에 유출시 생분해도가 높은 장점을 가지고 있다. 이러한 이유로 인하여 식물유를 대체 에너지원으로 개발하는 등의 연구가 진행되어 왔다.

식물성 천연 유지인 콩기름은 triglyceride 분자들의 혼합물로써 분자 내에 평균 약 4.5개의 이중결합을 갖는 불포화 지방산이다(Brignoli *et al.*, 1976, Gunstone 1993). 콩기름의 지방산 조성(산[탄소수 : 불포화결합수])은 linoleic acid [18 : 2] (50.8%), oleic acid [18 : 1] (22.8%), palmitic acid [16 : 0] (10.7%), linolenic acid [18 : 3] (6.76%), stearic acid [18 : 0] (3.87%), palmitoleic acid [16 : 1] (0.29%), arachidic acid [20 : 0] (0.22%), myristic acid [14 : 0] (0.16%), lauric acid [12 : 0] (0.10%) 등이다. 콩의 산업적인 응용분야로는 인쇄 잉크를 비롯하여 자동차엔진 연료, 플라스틱제품, 접착제, 섬유제품, 건축용 자재 등으로 응용되고 있으며, 최근 들어 콩의 산업적 이용에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있으며, 현재 우리나라에서는 인쇄잉크 분야에만 도입되어 있는 상태이다(Frischinger *et al.*, 1993). ESBO는 위와 같이 구성되어 있는 콩기름을 에폭시화하여 얻은 변성오일이다(Liu *et al.*, 2004).

Soybean oil의 CH=CH 이중결합을 반응시켜 에폭시기를 가진 ESBO를 형성한다. 이렇게 변성한 ESBO는 음식포장용 PVC 가소제 용도로 사용되어지고 있으며 기존 에폭시 수지에 소량의 ESBO를 첨

가하여 물성을 개선했다는 보고가 있다(Jiang *et al.*, 2004). 한편, 접착제로 널리 사용되고 있는 일반 에폭시 수지는 접착력, 기계적 물성, 내화학성이 우수하고 경화시 수축변형이 적으며 부산물이 생성되지 않는 장점으로 인하여 섬유복합재료의 매트릭스, 코팅, 구조용 접착제, 전기·전자부품 재료 등에 널리 사용되고 있다. 특히, 비스페놀계의 에폭시수지는 구조용 접착제로서 항공기, 선박, 자동차에서 전기·전자부품에 이르기까지 다양하게 사용되어 왔다(Bauer., 1979).

이에 본 연구는 장기적으로 볼 때 저렴하고 지속 생산 가능한 자원인 ESBO와 일반 에폭시수지의 혼용은 유해물질의 방출을 줄일 수 있는 친환경 접착제의 한 방안이라고 생각하여 에폭시수지와 ESBO의 혼합비율을 달리하여 접착력을 알아보고 반응성 및 열안정성에 대해 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 단판

접착시험용 합판 제조에 사용한 단판은 레드 메란티(Dipterocarpaceae, 이우시과)로 인천의 무늬목제조회사에서 분양받았으며 두께는 표리판 1.3 mm, 심판 2 mm였다. 합판 제조시험에 용이하도록 350 × 350 mm²로 재단하였고 단판의 함수율은 105°C 항온건조기에서 24시간 건조한 결과, 평균 4~5%였다.

2.1.2. 원료수지

접착제 제조에 사용된 원료는 비스페놀A형의 Epoxy Resin으로 Fluka사의 44611이며, 콩기름을 변성한 ESBO (epoxidized soy bean oil)는 Scientific polymer products, inc.의 p-127을 사용하였다.

2.1.3. 소맥분 및 경화제

소맥분의 경우 시중에 판매되는 중력 1등급으로 소

백분의 양은 혼합수지 중량의 10%를 사용하였으며 경화제는 TETA (Triethylenetetra-mine)를 JUNSEL사의 49180-1530 사용하였으며 경화제의 양은 혼합수지 총량의 20 phr을 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 시료 제조

2.2.1.1. 접착력 시험용 접착제 제조

기존 에폭시접착제와 식용유를 변성한 ESBO를 중량비율로 10 : 0 ~ 0 : 10까지 혼합한 후 총 혼합수지의 중량대비 10%의 소백분을 첨가 혼합하였다.

2.2.1.2. 접착력시험용 합판 제조

접착력시험용 합판은 제조조건은 다음과 같다. 접착제 도포량은 133 g/m^2 (편면기준 도포)으로 하여 롤러로 도포하였으며 열압조건은 온도 110°C , 압력 10 kgf/cm^2 , 시간 3.5 mins/mm로 하여 $35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$ 크기의 3매 합판을 제조하였다.

2.2.1.3. 분석용 필름제조

경화거동, 반응성 및 열안정성을 조사하기 위해 사용할 샘플은 필름이 형성되는 비율까지 제조하여 사용하였으며, 중량기준 접착제의 혼합비율 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3의 경우로 150°C 항온건조기에서 1시간 경화시켜 제조하였다.

2.2.2. 접착성, 반응성 및 열분석 실험

2.2.2.1. 접착성 실험

제조된 합판은 KS F 3101에 의거하여 상태시험, 준내수시험으로 구분하여 측정하였다. 상태시험은 상온상태에서 접착력을 측정하였고, 준내수시험은 시험편을 $60 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 온수에 3시간 담근 후 상온의 물속에서 식히고 젖은 채로 접착력을 측정하였다. 접착력 시험은 만능재료시험기(영국 HOUNSFIELD H50KS-0064)를 이용하였으며 인장 속도는 2 mm/min 으로 측정하였다.

2.2.2.2. 필름의 내수성 실험

제조되어진 필름은 100 mL 의 증류수에 넣고 상압에서 hot plate에서 180°C 까지 가온하여 30분간 가열하고 필름의 상태와 두께 및 신장률을 측정하였다.

2.2.2.3. 경화 수지의 열적특성 실험

경화된 접착제의 열적 특성을 분석하기 위하여 시차주사열량계(DSC, Perkin Elmer DSC-6)를 사용하였다. 약 5 mg 의 시료를 Stainless sample pan에 담고 밀봉하여 DSC cell 내부에 위치한 후 질소가스를 30 mL/min 의 속도로 공급하였다. 동적 DSC 실험은 $50 \sim 300^\circ\text{C}$ 온도범위에서 10°C/min 의 가열속도로 실험하였다.

2.2.2.4. FT-IR (Fourier Transform Infrared) 실험

각각의 원료수지는 액상으로, 제조한 접착제는 각 비율별 필름형태로 FT-IR (Nexus 870, Thermo Electron)을 이용하여 그 반응성을 실험하였다. FT-IR 측정조건은 Spectral Range $4000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$ 로 하였으며, Resolution 32 cm^{-1} , Gain 1x로 세팅하여 실험하였다.

2.2.2.5. 열안정성 실험

Epoxy와 ESBO에 의해 경화된 접착시스템의 열안정성을 알아보기 위해 각 혼합비율을 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3의 경우로 나누어 열중량분석기(TGA S-1000, Sinco)를 사용하여 초기 열분해 온도, 열분해 후 잔여량 등을 실험하였고, 상온에서 700°C 까지 20°C/min 의 승온속도와 공기(Air)분위기 하에서 실행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 접착제의 접착성

3.1.1. 각 혼합비율 합판의 상태접착력

10 : 0 ~ 0 : 10까지의 상대접착력과 평균을 종합하여 비교하였을 때 위와 같이, 에폭시수지와 ESBO의

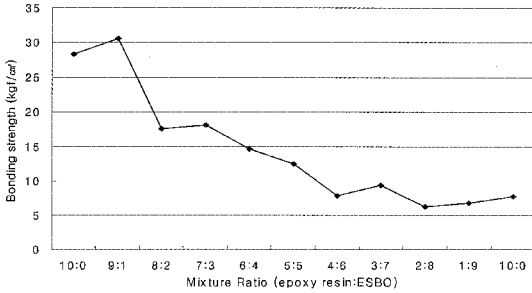


Fig. 1. Average values of dry bonding strength by different mixing ratios.

혼합비율은 9 : 1일 때 30.5 kgf/cm²로 가장 우수한 접착력을 보였으며 혼합비율 2 : 8일 경우 6.2 kgf/cm²로 가장 낮은 값을 보였다.

이러한 결과는 에폭시수지와 ESBO의 혼합에서 혼합을 9 : 1을 제외하고는 ESBO의 양이 증가할수록 접착력이 감소하는 경향을 알 수 있으며 2 : 8 이상에서 약간의 증가세를 보여주고 있다. 2 : 8과 1 : 9를 두 경우를 제외한 9가지 경우 모두 강도 7.7 kgf/cm² 이상을 보여주고 있어 KS 합판 접착성(비내수) 규격인 7.0 kgf/cm²를 모두 상회하고 있다.

상태접착력에서의 각 혼합비율별 유의성을 살펴본 결과 반복수들간에는 유의성이 인정되지 않으나, 혼합비율별 강도값들에 있어서는 1% 수준에서 유의성이 나타났다(Table 1). Duncan의 다중검정을 실시한 결과는 Table 2와 같이 5% 수준에서 유의성이 인정되었다.

3.1.2. 각 혼합비율 별 합판의 준내수접착력

준내수접착력을 측정된 결과는 Fig. 2와 같았다. 에폭시수지-ESBO 접착제는 혼합비율이 9 : 1일 때

Table 1. ANOVA of dry bonding strength

요 인	자유도	분산량(평균 평방 MS)	F
반복(block)	9	21.13	
비 율	10	720.80	33.776**
오 차	90	2134	

5.8 kgf/cm²로 가장 우수하게 나타났으며 5 : 5일 때 0.05 kgf/cm²로 가장 낮은 강도를 보였다.

나머지 경우의 강도는 7 : 3, 8 : 2, 6 : 4 순으로 나타났으며 상태접착력시험과 같이 에폭시수지와 ESBO 혼합비율에서 ESBO의 양이 증가될수록 강도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 상태 접착력시험과 강도를 비교하였을 때 현저히 낮아진 것을 알 수 있다. 이것은 에폭시 접착제의 경화도와 물성은 수지 및 경화제의 종류와 경화조건(반응시간 및 온도)에 의해 결정되며, 환경 중 수분의 영향도 크게 받기 때문이며 고분자가 조습한 환경에 노출될 경우 물 분자는 쉽게 고분자 매트릭스에 침투하여 접착제의 유리전이온도를 저하시키고, 기계적 물성을 감소시킬 수 있기 때문이다(Maggana *et al.*, 1999; Xiao *et al.*, 1997).

준내수접착력에서의 ANOVA 분석과 Duncan 다중검정의 결과는 아래와 같다(Table 3, Table 4).

3.1.3. 필름의 내수성 실험

제조된 필름을 가열하여 필름의 상태와 두께 및 신장률을 조사하였으며 접착력 시험과는 다르게 중량제인 소맥분은 첨가하지 않고 진행하였다. 필름이 형성되는 혼합비율 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2, 7 : 3까지 경

Table 2. Duncan test of dry bonding strength

2 : 8	1 : 9	0 : 10	4 : 6	3 : 7	5 : 5	6 : 4	8 : 2	7 : 3	10 : 0	9 : 1

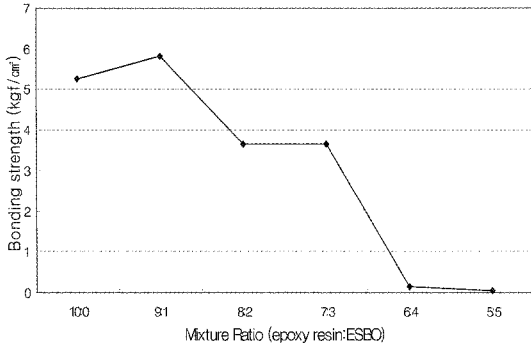


Fig. 2. Average values of wet bonding strength by different mixing ratios.

Table 3. ANOVA of wet bonding strength

요 인	자유도	분산량(평균 평방 <i>M.S</i>)	<i>F</i>
반복(block)	8	2.28	
비 율	5	55.134	9.723**
오 차	40	5.67	

우로 실험을 진행하여 조사한 결과 수분 흡수율이나 두께 및 신장율의 변화는 없었다.

3.2. 목재 접착제의 반응성 및 열적특성

3.2.1. DSC (Differential Scanning Calorimeter)에 의한 경화 동력학 분석

3.2.1.1. Epoxy/ESBO 혼합비율에 따른 열적특성 조사

혼합비율에 따른 DSC Curve의 종합은 Fig. 3과 같다. 각 혼합비율에 따른 Tg점은 120~110°C 사이에 나타났다. 가장 높은 Tg점은 혼합비율 10 : 0의 122°C이며 7 : 3, 8 : 2, 9 : 1 순으로 나타났다. 두 성분이 반응하게 되면 결과는 ESBO의 비율이 증가할

Table 4. Duncan test of wet bonding strength

5 : 5	6 : 4	7 : 3	8 : 2	10 : 0	9 : 1

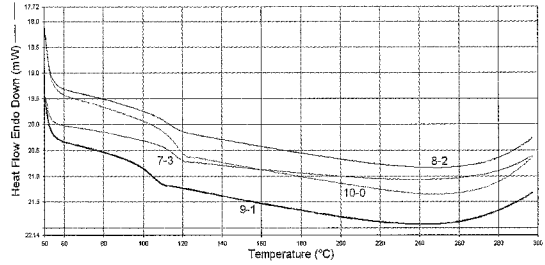


Fig. 3. Dynamic DSC thermograms of epoxy resin/ESBO mixtures (mixing ratios of 10 : 0, 9 : 1, 8 : 2 and 7 : 3).

수록 Tg점이 감소되어야 하나 실험결과를 미루어 보아 두 물질이 완전히 반응되어지지 않고 일부는 단지 섞여있는 상태로 판단되며, 이들 두 물질간의 보다 긴밀한 결합을 위한 반응조건을 찾아내야 할 것으로 생각된다.

3.2.2. FT-IR (Fourier Transform Infrared)을 이용한 반응성 분석

3.2.2.1. 경화 전 Epoxy-Resin의 IR 스펙트럼 조사

Epoxy-Resin의 IR 스펙트럼 조사 결과 하이드록시(-OH) 피크가 3500 cm⁻¹, 메틸(-CH₃) 피크가 2964 cm⁻¹, 에테르결합피크 1045 cm⁻¹ 및 Epoxy Resin의 에폭시 914 cm⁻¹가 나타났으며 이때의 에폭시 피크를 조사하여 경화할 때의 흡수 피크의 변화로 경화도를 비교하였다(문 등, 1991).

3.2.2.2. 경화 전 ESBO의 IR 스펙트럼 조사

ESBO는 카르보닐기(C=O) 피크가 1740 cm⁻¹, 히드록시기(-OH) 피크가 3400 cm⁻¹, -CH기는 2958 cm⁻¹에서 진동흡수 피크가 나타났으며, 아마이드 피크가 1464 cm⁻¹ 및 ESBO의 에폭시 피크는 epoxy

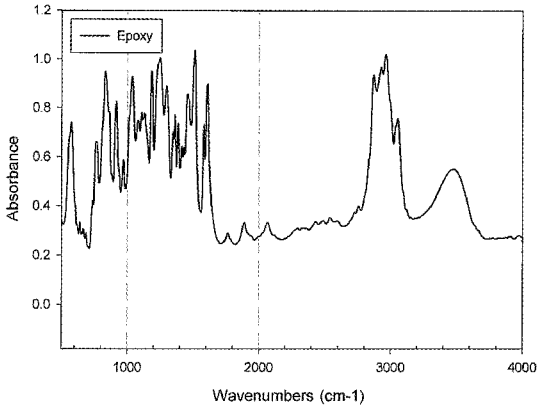


Fig. 4. FT-IR spectra of epoxy resin.

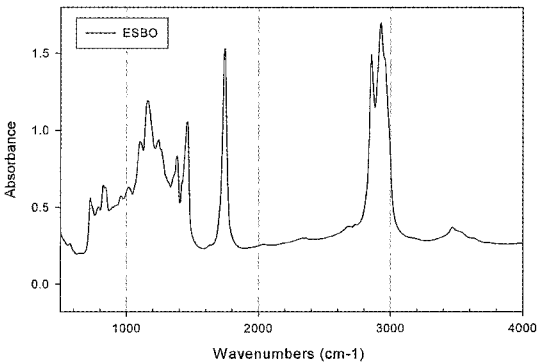


Fig. 5. FT-IR spectra of ESBO.

resin의 에폭시와는 다르게 845 cm^{-1} 부근에서 나타났다. 이는 Tamam 등이 발표한 논문의 내용과 일치하는 결과이다.

3.2.2.3. Epoxy/ESBO 혼합비율에 따른 IR 스펙트럼 조사(경화 전, 경화 후)

Epoxy Resin/ESBO 혼합비에 따른 변화를 비교하였다. 각 혼합비율별 에폭시 흡수대를 경화 전인 Epoxy Resin과 ESBO의 914 cm^{-1} 와 845 cm^{-1} 피크를 중심으로 비교한 결과, 각 혼합비율별 Epoxy Resin의 914 cm^{-1} 의 에폭시 피크는 모든 비율에서 피크가 사라져 경화제와 수지 사이의 경화반응이 모두 이뤄진 것을 확인할 수 있었다. 또한 ESBO의 에폭시 845 cm^{-1} 피크를 비교하였을 때 피크가 사라짐을 확인할 수 있었다. 그러나 각 비율별 피크가 다른 피크

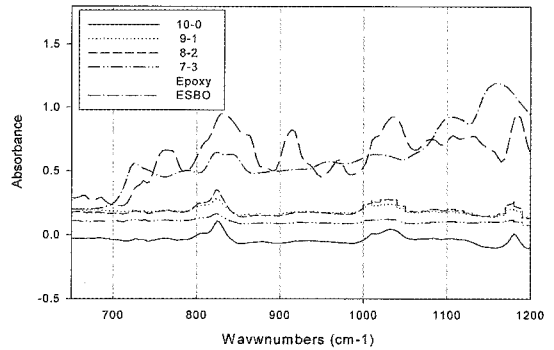


Fig. 6. FT-IR spectra of epoxy resin/ESBO by mixing ratios.

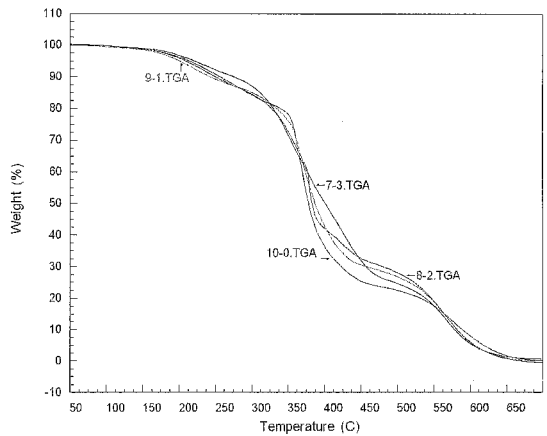


Fig. 7. TGA thermograms of epoxy resin/ESBO by mixing ratios (10 : 0, 9 : 1, 8 : 2 and 7 : 3).

들과 혼재되어 있음으로 명확히 ESBO가 경화제와 완벽하게 반응하였다고 판단하기 힘들다.

3.2.3. TGA (Thermogravimetical Analyzer)를 이용한 열안정성 분석

3.2.3.1. Epoxy/ESBO 혼합비율 종합 열안정성 조사

각각의 Epoxy/ESBO 혼합비율에 따른 열적 특성을 살펴보면 1단계의 초기분해온도는 10 : 0이 가장 높게 나타났으며 ESBO의 양이 증가함에 따라 1단계의 초기분해 온도가 낮아져 ESBO양이 증가함에 따라 열안정성이 떨어졌으며 2단계 분해시 역전현

상이 나타났으며 3단계 분해시는 10 : 0이 가장 높은 열안정성을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구의 목적은 천연자원이며 저렴한 콩기름의 이용을 위하여 기존 에폭시수지와 에폭시 콩기름(Epoxidized soybean oil: ESBO)을 혼용한 접착제의 물성과 반응성, 경화거동 및 열안정성에 대하여 구명하는 것이다. 이에 epoxy/ESBO의 혼합비율을 달리하여 접착력, 필름의 내수성, 열적성질, 반응성 및 포름알데히드와 TVOC 방산량에 대해 시험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 상태 접착력 시험을 실시한 결과 혼합비율 9 : 1일 때 가장 우수한 접착력을 보였으며 혼합비율 2 : 8일 경우 가장 낮은 값을 보여 2 : 8과 1 : 9를 두 경우를 제외한 9가지 경우 모두 KS 합판 접착성(비내수) 규격인 7.0 kgf/cm²를 모두 상회하고 있다.

2. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 준내수접착력을 실시한 결과 5 : 5 또는 4 : 6 이하의 범위에서 혼합비율이 9 : 1일 때 가장 우수하게 나타났으며 5 : 5 이하에서 가장 낮은 강도를 보였다.

3. 혼합된 접착제의 내수성을 재검토하기 위해 필름을 제조하고 가열하여 필름의 상태와 두께 및 신장률을 조사한 결과 실험한 범위 내에서는 수분흡수율이나 두께 및 신장율의 변화는 없었다.

4. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 Tg 점은 120~110°C 사이에 나타났으며 가장 높은 Tg 점은 혼합비율 10 : 0의 122°C이며 7 : 3, 8 : 2, 9 : 1 순으로 나타났다.

5. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 IR스펙트럼을 조사한 결과, 에폭시수지의 에폭시벤드는 모두 경화반응하나 ESBO는 완전히 경화된다고 판단하기 어렵다.

6. Epoxy resin/ESBO의 각 혼합비율에 대한 열안정성 검토결과 ESBO 혼합 비율이 증가할수록 열안정성은 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

위와 같은 실험결과를 종합하여 봤을 때 epoxy

resin/ESBO의 혼합접착제에서의 ESBO는 에폭시 접착제의 증량제수준의 역할임을 실험을 통하여 확인할 수 있었으며, ESBO를 접착제로 활용하기 위해서는 경화반응을 유도할 수 있는 경화조건이 확립되어야 한다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 문명룡, 채규훈. 1991. IR 스펙트럼 분석에 의한 에폭시의 절연특성. 군산대학교 수산과학연구소 연구논문집. 2: 375~386.
2. 박종영, 박상범, 박병대, 문성필. 2005. 실내공기환경과 목질제품. 국립산림과학원. pp. 44~50.
3. 조정식. 1999. 실내 공기질 향상 및 오염 대책 연구. 한국건설기술연구원 연구보고서.
4. 한국표준협회. 1997. 보통합판. 한국산업규격. KS F 3101.
5. Bauer, R. S. 1979. "Epoxy Resin Chemistry", Advanced in Chemistry Series. American Chemical Society 114: 1.
6. Brignoli, C. A., Kinsella, J. E., and Weihrauch, J. L. 1976. Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. V. Unhydrogenated fats and oils. Journal of the American Dietetic Association 68(3): 224~229.
7. Frischinger, I. and Dirlikov, S. 1993. Two-phase epoxy thermosets that contain epoxidized triglyceride oils. V. Phase separation. Polymeric Materials Science and Engineering 70:1~3.
8. Gunstone, F. D. 1993. The study of natural epoxy oils and epoxidized vegetable oils by carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopy. Journal of the American Oil Chemists' Society 70(11): 1139~1144.
9. Jiang, Z., Chandrashekhara, K., Virgil, F. and Shubhender, K. 2004. Curing and Mechanical Characterization of a Soy-Based Epoxy Resin System. Journal of Applied Polymer Science 91: 3513~3518.
10. Liu Z S, Erhan, S. Z., and Calvert, P. D. 2004. Solid freeform fabrication of epoxidized soybean oil/epoxy composites with Di-, Tri-, and polyethylene amine curing agents. Journal of Applied

- Polymer Science 93(1): 356~363.
11. Maggana, C. and Pissis, P. 1999. Water Sorption and Diffusion Studies in an Epoxy System. Journal of Polymer Science part B: polymer physics 37: 1165.
 12. Nevin, C and Moser, B. 1963. Vinyl oil monomers. I. Vicinal methacryloxy-hydroxy soy oils. Journal of Applied Polymer Science 7: 1853~1866.
 13. Pryde, E. H. 1990. Handbook of Soy Oil Processing and Utilization. American Oil Chemists' Society: Champaign, IL.
 14. Xiao, G. Z. and Shanahan, M. E. R. 1997. Water Absorption and Desorption in an Epoxy Resin with Degradation. Journal of Polymer Science part B: polymer physics 35(16): 2659~2670.