

PBAST 수지를 적용한 생분해 접착제 Type별 라미네이팅 조건 최적화 및 유해물질 분석 연구

손송이*, 신유식

*한국섬유소재연구원

e-mail:songee@koteri.re.kr

"Optimization of Lamination Conditions and Hazardous Substance Analysis for Biodegradable Adhesives Utilizing PBAST Resin by Adhesive Type

Song-i Son*, Yu-shik Shin

*Korea High Tech Textile Research Institute

요약

본 사업은 기존 사용 후 전량 폐기하여 소각 및 매립되던 1회성 부직포 제품을 100% 생분해성 제품으로 대체하여, 환경 부하 및 폐기물 처리비용 부담을 줄이기 위한 연구의 일환으로, 본 논문에서는 그와 관련하여, PBAST를 적용한 100% 생분해 수지형 접착제를 Type별로 개발하여, 실제 라미네이팅 공정을 적용해 봄으로써, 100% 생분해가 가능한 부직포 제품을 개발의 가능 여부를 확인하였으며, 이와 더불어 개발된 수지 및 소재의 유해물질 분석을 통해 환경 유해성을 함께 확인하였다.

1. 서론

석유 자원으로부터 얻어지는 합성 고분자는 물성, 가공성, 내구성이 우수하고, 특히 다른 재료에 비해 가격이 저렴하여 지난 반세기 동안 급성장해왔으나, 대량 생산 및 소비로 인해 기하급수적으로 늘어난 플라스틱은 폐기시 자연 분해가 되지 않고 심각한 환경오염을 유발시킨다.

네이처 지오사이언스지에 따르면, 2050년에는 연간 11억 톤 플라스틱을 전체 석유의 20%를 소비하여 생산되며, 이의 플라스틱 폐기물로 인해 인류 생존에 위협이 올 것이라고 분석되었고, 2015년 메르스 사태 이후 병원 내 감염을 막기 위해 1회용품 사용이 늘었고, 고령화에 따라 요양 병원 등 사회 서비스의 증가로 부직포 폐기물 또한 지속적으로 증가해 왔으며, 최근 COVID-19 팬데믹으로 인해 1회용 마스크, 원단 및 부직포, 일회용 위생재에 대한 사용이 급증하게 됨에 따라 그와 관련한 폐기물 수용에 대한 사회적 목소리가 커지고 있다.

이처럼 최근 환경보호에 대한 관심이 증대하고 각종 규제가 강화됨에 따라 재활용이 어려운 1회성 제품을 생분해성 고분자로 대체하려는 연구가 계속되고 있고, 생분해가 가능

한 합성고분자로 PBS(Poly-butylene succinate), PBSA(Poly-butylene succinate-co-butylene adipate), PCL(Polycaprolactone) 등과 같은 지방족 폴리에스테르가 개발되어 있으며, 미생물에 의한 생분해성은 우수하나 기계적 물성 및 열적 물성이 낮아 응용 분야에서의 범용성 고분자를 대체하기에 한계가 있다.

이에 본 사업에서는 기존 사용 후 전량 폐기하여 소각 및 매립되던 1회성 부직포 제품을 100% 생분해성 제품으로 대체하여, 환경 부하 및 폐기물 처리비용 부담을 줄이기 위한 연구의 일환으로, 이를 위해 PBAST를 적용한 100% 생분해 수지(부직포/Film/접착제용)를 개발하고, 이를 적용한 Spudbond 제조 및 합지 공정 기술을 확립하여, 100% 생분해가 가능한 부직포 제품을 개발하며, 나아가 제품의 신뢰성 확보를 위해 적용되는 제품군별 요구되는 물성을 확보하는 것을 목표로 진행 중에 있다.

본 논문에서는 그와 관련하여, PBAST를 적용한 100% 생분해 수지형 접착제를 Type별로 개발하여, 실제 라미네이팅 공정을 적용해 봄으로써, 100% 생분해가 가능한 부직포 제품을 개발의 가능 여부를 확인하였으며, 이와 더불어 개발된 수지 및 소재의 유해물질 분석을 통해 환경 유해성을 함께 확인하였다.

2. 실험

2.1 Lamination 조건

[표 1] Lamination Lab.Test 조건별 Sample

No.	1차 Coating (Film화)		2차 Coating (접착제)	부직포 합포 & Curing	
	온도	시간		온도	시간
#1	80°C	1min	수성	110°C	5min
#2	80°C	1min	수성	110°C	10min
#3	80°C	1min	유성	110°C	30sec
#4	80°C	1min	유성	110°C	1min
#5	80°C	2min	수성	110°C	5min
#6	80°C	2min	수성	110°C	10min
#7	80°C	2min	유성	110°C	30sec
#8	80°C	2min	유성	110°C	1min
#9	90°C	1min	수성	110°C	5min
#10	90°C	1min	수성	110°C	10min
#11	90°C	1min	유성	110°C	30sec
#12	90°C	1min	유성	110°C	1min
#13	90°C	2min	수성	110°C	5min
#14	90°C	2min	수성	110°C	10min
#15	90°C	2min	유성	110°C	30sec
#16	90°C	2min	유성	110°C	1min

2.2 접착강도 분석

생분해 수지 Type 및 적용 조건별 라미네이팅된 소재의 물성 분석을 위해 접착강도 분석을 진행하였으며, 이 때 분석법은 KS M 0009의 기준으로 진행하였다.

2.3 유해물질 분석

생분해 수지 및 라미네이팅 환경분석을 위한 유해물질 분석을 하였으며, 이 때 진행한 항목 및 규격은 다음에 나타내었다.

- 8대 중금속 검출 : KS G ISO 8124-3
- 포름알데하이드 검출 : KS K ISO 14184-1
- 프탈레이트 7종 검출 : KS M 1991
- pH : KS K ISO 3071

3. 결과

3.1 Lamination Sample의 접착강도 분석 결과

[표 2] Lamination Sample의 접착강도 분석결과

#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
60gf	58gf	67gf	70gf	61gf	64gf	69gf	69gf
#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16
59gf	59gf	70gf	68gf	63gf	62gf	69gf	72gf

유성의 경우 특히 수성 접착제에 비해 접착강도가 우수한

것을 확인할 수 있었고, 모든 Sample이 기준 부직포 및 필름을 사용했을 때와 크게 차이가 나지 않는 것을 볼 수 있었다.

[표 2] Lamination Sample의 접착강도 분석결과

#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
60gf	58gf	67gf	70gf	61gf	64gf	69gf	69gf
#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16
59gf	59gf	70gf	68gf	63gf	62gf	69gf	72gf

3.2 필름 및 접착제의 유해물질 분석 결과

접착제 및 필름을 상기와 같은 방법으로 8대 중금속, pH, 프탈레이트, 포름알데하이드 검출여부를 확인하였으며, 그 결과 모든 Sample에서 검출한계 이하로 유해물질이 검출되지 않았음을 확인할 수 있었다.

[표 3] 개발된 생분해 필름 및 접착제의 유해물질 분석 결과

구분	필름	접착제	
		수성	유성
8대 중금속	Sb, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D
	As, 검출한계 2mg/kg미만	N/D	N/D
	Ba, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D
	Cd, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D
	Cr, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D
	Pb, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D
	Hg, 검출한계 2mg/kg미만	N/D	N/D
	Se, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D
pH		5.0	5.5
폼알데하이드, 검출한계 20mg/kg미만		N/D	N/D
Phthalate (검출한계 0.01% 미만)	Diethylhexyl Phthalate	N/D	N/D
	Dibutyl Phthalate	N/D	N/D
	Butyl Benzyl Phthalate	N/D	N/D
	Diisonyl Phthalate	N/D	N/D
	Diisodecyl Phthalate	N/D	N/D
	Di-n-octyl Phthalate	N/D	N/D
	Diisobutyl Phthalate	N/D	N/D

[표 4] Lamination Sample 유해물질 분석 결과

구분	#1	#2	#3	#4			#4
					#1	#2	
8대 중금속	Sb, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	As, 검출한계 2mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	Ba, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	Cd, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	Cr, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	Pb, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	Hg, 검출한계 2mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	Se, 검출한계 5mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
pH		5.4	5.7	5.9	5.5		
폼알데하이드, 검출한계 20mg/kg미만		N/D	N/D	N/D	N/D		
Phthalate (검출한계 0.01% 미만)	Diethylhexyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		
	Dibutyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		
	Butyl Benzyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		
	Diisonyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		
	Diisodecyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		
	Di-n-octyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		
	Diisobutyl Phthalate	N/D	N/D	N/D	N/D		

구분	#5	#6	#7	#8	
8대 중금속	Sb, 검출한계 5mg/kg미만 As, 검출한계 2mg/kg미만 Ba, 검출한계 5mg/kg미만 Cd, 검출한계 5mg/kg미만 Cr, 검출한계 5mg/kg미만 Pb, 검출한계 5mg/kg미만 Hg, 검출한계 2mg/kg미만 Se, 검출한계 5mg/kg미만	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D
pH	6.2	6.1	5.5	5.4	
폼알데하이드, 검출한계 20mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	
Phthalate (검출한계 0.01% 미만)	Diethylhexyl Phthalate Dibutyl Phthalate Butyl Benzyl Phthalate Diisononyl Phthalate Diisodecyl Phthalate Di-n-octyl Phthalate Diisobutyl Phthalate	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D
구분	#9	#10	#11	#12	
8대 중금속	Sb, 검출한계 5mg/kg미만 As, 검출한계 2mg/kg미만 Ba, 검출한계 5mg/kg미만 Cd, 검출한계 5mg/kg미만 Cr, 검출한계 5mg/kg미만 Pb, 검출한계 5mg/kg미만 Hg, 검출한계 2mg/kg미만 Se, 검출한계 5mg/kg미만	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D
pH	5.4	5.7	5.4	5.9	
폼알데하이드, 검출한계 20mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	
Phthalate (검출한계 0.01% 미만)	Diethylhexyl Phthalate Dibutyl Phthalate Butyl Benzyl Phthalate Diisononyl Phthalate Diisodecyl Phthalate Di-n-octyl Phthalate Diisobutyl Phthalate	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D
구분	#13	#14	#15	#16	
8대 중금속	Sb, 검출한계 5mg/kg미만 As, 검출한계 2mg/kg미만 Ba, 검출한계 5mg/kg미만 Cd, 검출한계 5mg/kg미만 Cr, 검출한계 5mg/kg미만 Pb, 검출한계 5mg/kg미만 Hg, 검출한계 2mg/kg미만 Se, 검출한계 5mg/kg미만	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D
pH	6.1	6.0	6.0	5.9	
폼알데하이드, 검출한계 20mg/kg미만	N/D	N/D	N/D	N/D	
Phthalate (검출한계 0.01% 미만)	Diethylhexyl Phthalate Dibutyl Phthalate Butyl Benzyl Phthalate Diisononyl Phthalate Diisodecyl Phthalate Di-n-octyl Phthalate Diisobutyl Phthalate	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D	N/D N/D N/D N/D N/D N/D N/D

4. 감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부에서 시행한 중소기업기술혁신 개발사업 수출지향형 사업 지원으로 진행되었으며, 이에 감사드립니다.

또한 상기 접착제 및 필름을 Test했을 때와 동일한 규격 및 방법으로 라미네이팅 된 부직포의 8대 중금속, pH, 프탈레이트, 포름알데하이드 검출여부를 확인하였으며, 그 결과 모든 Sample에서 검출한계 이하로 유해물질이 검출되지 않았음을 확인할 수 있었다.