



자동차 내장부품용 VOCs 저감 바이오복합재료 적용기술

Development of Bio-Composites for Reducing VOCs as Automotive Interiors

저자 (Authors)	김현중, 이병호, 조동환, 유승을, 윤주호 Hyun-Joong Kim, Byoung-Ho Lee, Donghwan Cho, Seung Eul Yoo, Ju Ho Yun
출처 (Source)	오토저널 33(8) , 2011.8, 26-31 (6 pages) AUTO JOURNAL : Journal of the Korean Society of Automotive Engineers 33(8) , 2011.8, 26-31 (6 pages)
발행처 (Publisher)	한국자동차공학회 The Korean Society Of Automotive Engineers
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01664338
APA Style	김현중, 이병호, 조동환, 유승을, 윤주호 (2011). 자동차 내장부품용 VOCs 저감 바이오복합재료 적용기술. 오토저널, 33(8), 26-31.
이용정보 (Accessed)	서울대학교 147.46.64.*** 2018/10/04 17:17 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

특집
2

자동차 내장부품용 VOCs 저감 바이오복합재료 적용기술

Development of Bio-Composites for Reducing VOCs as Automotive Interiors



김현중 · 서울대학교
Hyun-Joong Kim
Seoul National University



이병호 · 서울대학교
Byoung-Ho Lee
Seoul National University



조동환 · 금오공과대학교
Donghwan Cho
Kumoh National Institute of Technology



유승을 · 자동차부품연구원
Seung Eul Yoo
Korea Automotive Technology Institute



윤주호 · 자동차부품연구원
Ju Ho Yun
Korea Automotive Technology Institute

1. 서론

바이오복합재료(Bio-Composite)는 높은 강도와 강성을 가지는 보강섬유와 섬유와의 접착성이 우수하고 강인성 또는 내열성 등 사용목적에 맞는 고분자 매트릭스를 조합하여 제조되는 고성능 복합소재로 자동차, 건축, 토목, 전자부품, 스포츠·레저용품 등 산업 및 생활용 소재뿐만 아니라 국방 및 항공우주용 소재로서 여러 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 지금까지 주로 사용되고 있는 유기합성섬유, 유리섬유, 탄소섬유 등의 보강재(보강재의 약 80% 이상이 유리섬유를 사용함)와 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 같은 열가소성 고분자수지 그리고 불포화폴리에스터수지, 에폭시수지와 같은 열경화성 고분자수지 매트릭스는 모두 환경에 대한 내성이 매우 높아 자연환경에 폐기되었을 경우에 거의 영구적으로 분해되지 않기 때문에 그 폐기물은 세계 각국에서 환경오염이나 재활용 측면에서 사회적으로 큰 문제가 되고 있다.

미국, 유럽의 여러 나라 그리고 일본과 같은 선진국에서는 현재 유리섬유강화 플라스틱(FRP)을 대체할 수 있으며, 상대적으로 가벼우면서도 사용 후 폐기 시 자연환경에서 생분해가 가능한 환경친화적인 경량 바이오복합재료 개발에 대한 많은 관심을 갖고 연구에 대한 투자를 점차 증가시키고 있는 추세이다.

바이오복합재료는 일반적으로 보강섬유로서 천연섬유와 매트릭스로서 비생분해성 또는 생분해성 고분자 매트릭스로 구성되어 있는 소재를 일컫는다. 그러므로 바이오복합재료는 환경적인 측면에서 그린복합재료 그리고 구성소재나 기능 측면에서 천연섬유 복합재료라고도 부른다. 바이오복합재료는 선진국에서 이미 10여년 전부터 환경오염의 방지와 청정 환경을 위한 신소재 개발의 중요성을 인식하고 그동안 많은 관심을 가지고 꾸준한 투자와 연구개발을 수행하여 온 분야이다. 여러 선진국의 산업체들은 점점 고갈되어 가고 있는 석유자원을 바탕으로 하는 유기소재를 자연에 매우 풍부한 천연소재 및 농작물 자원이 바탕이 되는 훨씬 저렴하고 경량의 친환경 천연섬유로 대체하려는 노력을 기울이고 있다.

바이오복합재료의 개발은 국가적으로 폐기물 처리에 들어가는 비용을 절감하고 환경오염을 줄이는 동시에 이산화탄소를 저감시킬 수 있는 저탄소녹색자원 개념에 부합되는 천연섬유를 사용하므로 21세기형 소재

산업개발의 방향과도 일치하며, 산업발전과 환경문제를 동시에 해결하는데 기여할 수 있는 주요 연구 분야로 성장시킬 필요가 있다.

2. 바이오복합재료

2.1 천연 섬유

셀룰로오스계 식물성 천연섬유는 지속가능한 자연 순환형 천연자원이며, 다른 보강섬유에 비하여 상대적으로 밀도가 낮고(유리섬유의 약 60%), 공급 가격이 매우 저렴하며(유리섬유의 약 30%), 물성 측면에서도 섬유강화제로서 응용성이 높다. 또한 동남 아시아를 비롯한 아열대기후의 여러 나라에서 매년 매우 풍부한 양이 재배되고, 산업용 천연섬유의 공급이 가능하므로 널리 사용되고 있다. 현재 여러 선진국에서 진행되고 있는 바이오복합재료에 대한 연구는 보강섬유로 주로 줄기에서 얻어지는 Flax(아마), Jute(황마), Hemp(대마), Kenaf(양머) 같은 마섬유 또는 잎에서 얻어지는 바나나섬유, Sisal(용설란), Henequen(헤네켄) 같이 선인장 잎으로부터 얻어지는 천연섬유 등이 사용된다. 그중에서도 자동차 부품소재로는 Kenaf섬유가 각광을 받고 있다.

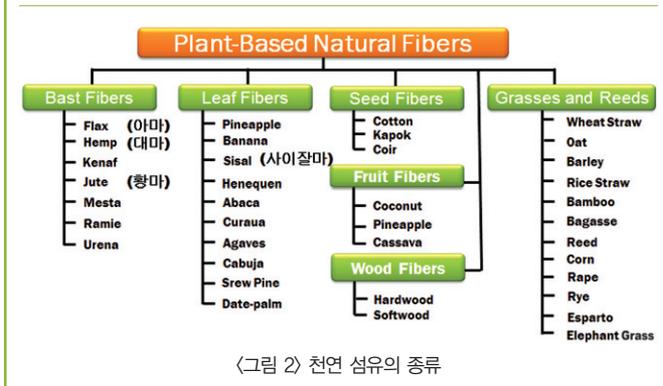
BioEconomy시대, 친환경 산업구조로 Paradigm 변화
 • 선진국은 바이오플라스틱 산업을 향후 미래 화학산업의 질적구조 변화를 주도하는 Mega-Trend로 인식하고 기술개발 등 핵심역량 재고 중

화석연료 고갈에 따른 대체원료 개발
 • 세계적으로 화석연료의 고갈 및 고유가로 인한 화학산업의 지속발전 위기 직면

국제 환경규제 강화에 따른 친환경 산업기반 구축 필요성
 • 저탄소 녹색성장 실현 가능한 친환경 소재개발 및 공정구조 등 지속발전가능 사회구조 필요
 • 실내 공기질 개선의 필요성 및 VOCs 저감 기술 개발

석유화학 산업의 양대축인 중국과 중동의 압박을 극복할 수 있는 새로운 산업영역 구축
 • 중동과 중국의 석유화학 제품 생산능력 확대로 국내 석유화학 산업위축 직면

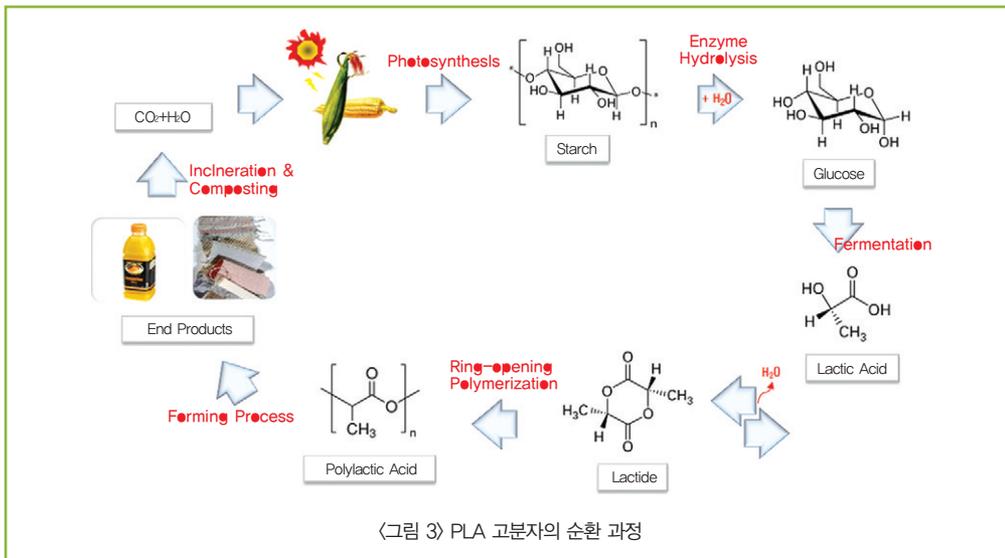
〈그림 1〉 친환경 재료의 중요성



〈그림 2〉 천연 섬유의 종류

2.2 자원 순환형 고분자

기존의 자동차 내장재에는 PP, ABS, PU 등이 주로 사용되어 왔으며, 아직까지도 많은 부분이 이러한 고분자를 사용하고 있다. 그러나 이러한 고분자는 공정 및 사용 후에도 환경에 많은 부담을 가하는 재료이다. 그러므로 앞으로는 환경친화적인 재료인 바이오 소재 기반 고분자를 사용해야 할 것이다. 이러한 바이오 소재 기반 고분자에는 Cellulosic Plastic, Lignin, Starch, Soy-protein based Plastic, Poly(Lactic Acid)(PLA) 등이 있으며 그 환경친화적인 특징으로 Green Plastic으로도 명명되기도 한다. 특히, PLA는 그 원천이 옥수수과 감자의 전분을 이용하여 합성이 가능하므로 원료가 저렴하여 앞으로 적용가능성이 증가할 것으로 예상된다. <그림 3>에서 살펴보는 바와 같이 PLA는 전분을 이용하여 발효 공정을 통해 모노머를 생성하고 모노머를 개환 중합하여 생산된다. 그리고 최종적으로 제품으로 생산하여 사용 후 폐기 시 물과 이산화탄소로 분해되어 광합성에 필요한 자원으로 사용될 수 있다. 이러한 이점을 바탕으로 PLA는 현재 자동차 내장재용 부품뿐만 아니라 다양한 분야에서 적용 가능성을 검토하고 있다.



2.3 바이오복합재료의 자동차 내장재 적용

바이오복합재료는 현재 자동차 부품용, 전자 부품용, 건축 내장용, 포장용, 스포츠/레저, 생활용품 소재 등 매우 다양한 분야에 사용된다. 자동차부품의 대표적인 예로는 내장재인 헤드라이너, 도어트림, 패키지 트레이, 콘솔박스, 바닥재 등이 있다<그림 4>.



3. 자동차 실내공기질과 유해유기물

새집증후군 현상은 신축한 집과 실내를 리모델링 한 집에 살기 시작한 순간 목과 콧속이 아프거나 혀가 하얗게 되거나 눈이 따끔따끔 아프게 되는 등 건강을 해치는 증상을 말한다. 이는 우리가 거주하는 주택의 실내공기질에 유해유기물이 존재하기 때문이다. 최근에는 새 차에도 이러한 문제가 대두되고 있어 새차증후군이라는 용어도 생겨났으며, 이제는 자동차 실내공기질도 규제의 대상이 되었다. 이러한 현상은 주로 자동

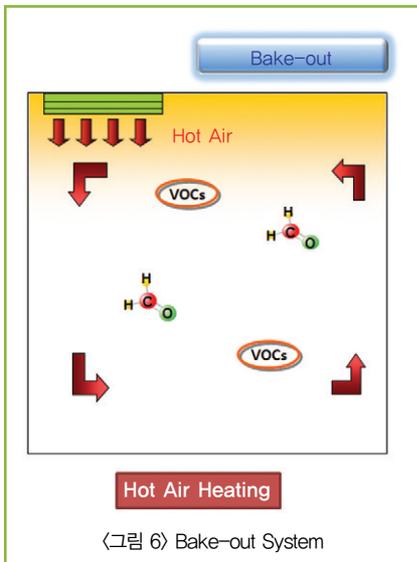


〈그림 5〉 새차증후군의 증상

차 실내에 존재하는 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)과 포름알데하이드(Formaldehyde)에 의해 기인된다. 노출되는 정도와 개인마다 편차가 있으나 VOCs나 포름알데하이드에 노출될 경우 일반적으로 메스꺼움, 알레르기, 피로, 소화불량, 눈 따까움, 두통 등의 증상을 호소한다(그림 5). 자동차에서 발생하는 유해유기물은 자동차 실내에서 사용되는 내장재, 내장 부품 Module 생산을 위한 접착제, 도료, 내장재 고분자에 사용되는 난연재나 가소제 그리고 자동차 내장재를 구성하는 고분자 재료 그 자체 등이 원인 혹은 계기가 된다. 이에 많은 분야에서 실내공기질을 개선할 수 있는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다.

4. 바이오복합재료의 VOCs 저감 기술

VOCs는 재료자체에서 방산이 될 수 있으며, 때로는 가공 과정 중에 재료가 분해되어 방산될 수도 있다. 전자의 경우 방산이 적은 물질을 선택하여 사용할 수 있지만 후자의 경우는 기술적인 방법으로 재료에서 방산되는 VOCs를 저감시킬 필요가 있다.

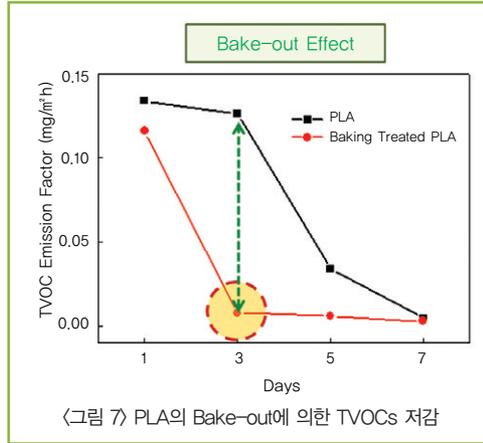


〈그림 6〉 Bake-out System

4.1 Bake-out

Bake-out 방법은 새집증후군과 관련하여 실내공기질을 개선시키고 VOCs 및 포름알데하이드를 저감시키는 방법으로 제안되었다. 환기 장치를 이용하여 실내에서 발생하는 VOCs를 제거하는 방법으로 신축 건물에서는 더욱더 효과적으로 VOCs를 제거할 수 있는 방법이다. 이는 실내에서 새로운 가구, 벽지, 페인트에서 많이 방산되는 VOCs를 저감시키기 때문이다. 물론 일반적인 환기를 이용하면 아주 오랜 시간이 지날 경우 실내의 공기질이 개선된다. 그러나 실내공기질이 안정화되기까지 많은 시간이 소요된다. 이에 반해 Bake-out 방법(그림 6)을 이용할 경우 수주에서 수일 이내로 실내공기질이 개선되는 효과를 얻을 수 있다. 자동차에서도 Bake-out 방법에 의해 자동차 내에서의 공기질을 개선시킬 수 있다. 자동차의 실내에서는 앞에서 설명한 바와 같이 헤드라이너, 도어트림, 패키지 트레이, 콘솔박스, 바닥재 등에서 바이오복합재료가 사용된

다. 이러한 자동차 내장재를 Bake-out시스템으로 VOCs와 포름알데하이드를 제거할 수 있다. 국내에서의 자동차 실내 공기의 온도는 겨울철을 제외하고 50℃에서 한여름에는 높게는 90℃까지 올라가게 된다. 이러한 온도하에서 환기를 이용하여 자동차 실내의 공기를 순환시키는 것도 가장 기본적인 Bake-out 방법으로 자동차 실내의 VOCs와 포름알데하이드를 저감시키는 방법이다. 바이오복합재료를 이용하여 Bake-out 방법을 적용시켜본 결과 <그림 7>에서와 같이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 Bake-out 방법은 기존의 자동차에서 많이 사용되는 PP와 LDPE에서도 매우 효과가 큰 것을 확인할 수 있다<표 1>.

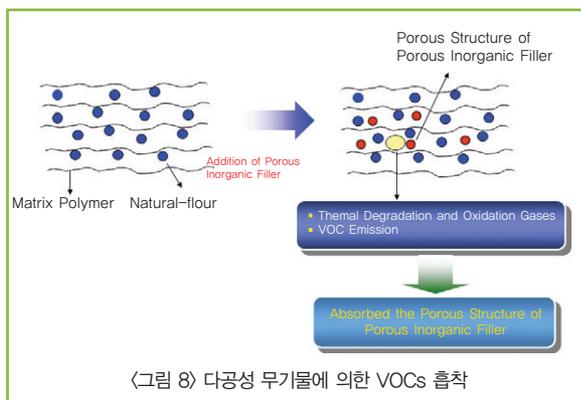


<표 1> 범용 고분자의 Bake-out 전후의 VOCs Emission Factor

	LDPE		PP	
	TVOC	5 VOCs	TVOC	5 VOCs
Non Treated	23,660	0.029	0.119	0.001
Bake-out	2,183	0.001	0.033	0.000

4.2 흡착

일반적으로 고분자의 경우는 산화나 분해 과정을 거쳐 고분자가 단분자화 되면서 VOCs인 휘발성 화합물을 방산하게 된다. 그리고 바이오복합재료의 구성 성분인 천연 충전제에서도 VOCs 등이 방산된다. 이는 바이오복합재료 제조 공정이 200℃ 이상에서 진행되기 때문에 발생하는 것으로 일부 천연 충전제의 구성 성분이 분해가 일어나기 때문이다. 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스에서도 분해가 일어날 경우 6탄당인 Hexoses로부터 5-methylfurfural이나 5탄당인 Pentoses로부터 Furfural 등이 나오게 된다. 이러한 Hexoses나 Pentoses 등은 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스의 구성성분이다. 이외에도 다양한 성분들이 방산된다. 이러한 구성 성분에서 발생하는 VOCs를 다공성 무기물을 이용하여 흡착하는 방법으로 VOCs를 저감시킬 수 있다<그림 8>. 다공성 무기물로는 천연 제올라이트, 합성제올라이트, 포졸란 등을 사용할 수 있다. 그러나 다공성 무기물의 특성에 따라 흡착되는 정도는 차이가 난다. <표 2>는 PLA와 천연섬유의 일



<그림 8> 다공성 무기물에 의한 VOCs 흡착

중인 대나무 분말 그리고 다공성 무기물을 3% 소량 첨가한 바이오복합재료의 VOCs 방산 특성을 나타낸 것이다. 결과적으로 다공성 무기물이 첨가된 바이오복합재료의 경우 대다수의 VOCs 물질들이 저감되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 이러한 다공성 무기물들은 바이오복합재료의 전체적인 재료 물성을 고려하여 첨가량을 조절할 필요가 있다.

〈표 2〉 PLA/대나무 분말 바이오복합재료의 무기물 흡착에 따른 VOCs 방산

Deected Item (VOS)	Sample (PLA-BF)				
	Non-treat	Natural Zeolite	Synthetic Zeolite	Pozzolan	White Clay
Acetone	166	87	119	141	162
Dichloro Methane	12	8	6	7	12
2-butenal	148	106	114	133	158
Methyl Ethyl Ketone	12	0	6	8	7
Ethyl Acetate	99	45	37	62	66
Tetra Hydro Furan	65	19	21	26	42
3-methyl Butanal	610	325	310	412	449
Toluene	185	63	90	104	124
Hexanal	33	11	15	17	20
M, P-xylene	16	8	5	9	8
Styrene	49	22	25	31	33
Benzaldehyde	12	10	11	8	14
1-ethyl-4-methyl Benzene	60	41	38	52	43
1-ethyl-2-methyl Benzene	49	36	27	48	37
1, 3, 5-trimethyl Benzene	55	54	43	50	55
2-ethyl-1-hexanal	11	7	5	9	9
1-ethyl-3-methylethyl Benzene	27	27	26	12	12
1-methyl Propyl Benzene	47	25	33	32	42

5. 결론

VOCs 방산은 인체에 많은 영향을 주는 물질들로 현재에는 건축실내에서 뿐만 아니라 자동차 내부에서 발생하는 VOCs도 규제의 대상이 되었다. 앞에서는 Bake-out을 이용한 환기 방법과 다공성 무기물을 이용한 흡착 방법에 대해서 살펴보았다. 이것 외에도 바이오복합재료 가공조건이나 소재 관리를 통해서도 VOCs의 방산을 저감시킬 수도 있을 것이다.

자동차 산업에서의 미래 전략은 경량화, 친환경 등을 목표로 한다. 이는 지구 온난화 문제를 해결하기 위해 이산화탄소 저감과 연비 규제 등을 세계 각국이 규제를 강화하고 있기 때문이다. 이는 국내에서도 마찬가지이며, 국내에서도 점차 환경 규제가 강화되고 있다. 이는 저탄소 녹색성장이라는 국가전략에 부합된다. 이에 많은 자동차 부품들을 고분자로 대체할 수 있는 방법을 찾고 있으며, 이에 따라 고분자뿐만 아니라 바이오복합재료도 자동차에 더욱더 많은 범위에서 적용이 증가될 것이다. 소재의 미래 전략적 가치를 생각해보면 바이오복합재료를 다양한 소재에 적용 할 가능성을 살펴볼 필요가 있다.

〈김현중 교수 : hjokim@snu.ac.kr〉