

목분-HDPE 복합체의 발연특성

신백우 · 송영호* · 이종혁** · 방대석** · 정국삼***

한국항공우주연구원 · *해천대학 · **금오공과대학교 · ***충북대학교

Smoke characteristics of Wood flour-High Density Polyethylene Composites

Shin, Baeg Woo · Song, Young-Ho · Lee, Jong-Hyeok · Bang, Dae-Suk ·
Chung, Kook-Sam

Korea Aerospace Research Institute · *Hyecheon University · **Kumoh
National Institute of Technology · ***Chungbuk National University

요 약

본 연구에서는 목분 및 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 복합체의 연소시 화재위험성을 살펴보기 위하여 연기밀도 실험장치와 연소가스 측정장치를 이용하여 연기밀도 특성 및 CO 발생량을 살펴보았다. 또한 난연제 4종류를 첨가한 목분-HDPE 복합체와의 발연특성을 비교 분석함으로써 난연제의 억연효과를 살펴보았다. 그 결과 무기난연제인 수산화마그네슘(MDH)을 함유한 복합체가 가장 낮은 최대연기밀도(Dm)값을 나타내었으며 CO 발생량 또한 가장 낮았다.

1. 서 론

최근 천연자원에 대한 효율적인 이용과 폐기물 재활용을 위한 환경친화적인 인식이 대두되고 있으며 천연자원인 목재는 벌목의 한계, 폐목재 처리비용, 가공 단계에서의 환경오염과 유해성 문제 등을 안고 있다. 이러한 현실에서 천연목재를 대체할 새로운 소재가 요구되고 있었으며 이에 목분과 플라스틱으로 이루어진 복합체(wood plastic composite, WPC)에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다.¹⁾²⁾

목재 플라스틱 복합체의 개발 및 연구가 진행되면서 문제점으로 부각되는 것이 목재와 플라스틱 모두 연소하기 쉬운 성질을 가지고 있으며 화재의 2차 효과(secondary fire effects)로 불리는 연기 및 유해가스에 의한 시계를 방해함으로써 피난 및 인명 구조상 문제점과 유해가스에 의한 사망 등 화재 위험성을 내재하고 있다.

따라서 본 연구에서는 목분-HDPE 복합체에 대하여 ASTM E 662 기준³⁾에 의거한 연기 밀도 실험과 JIS K 7228 측정법⁴⁾에 따른 연소가스 측정을 실시함으로써 발연특성을 비교 검토하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 실험에서 사용된 목분(Wood flour)은 침엽수종에서 생산한 JELU-WERK JELUXYL(JELU-WERK Josef Ehrler GmbH & Co., Germany) 제품의 Granule 형태를 분쇄하여 100~150 mesh의 정도의 입자크기를 사용하였으며 매트릭스는 삼성토탈(SAMSUNG TOTAL)으로부터 공급받은 B220 A 제품으로 밀도는 0.959g/cm³이며 0.35g/10min의 용융지수(melt index)를 지녔다.

목분과 플라스틱의 낮은 결합력을 개선하기 위해 사용되는 첨가제인 상용화제(Coupling agent)는 MAPP(Maleic anhydride Polypropylene, CM-1120W)로서 호남석유화학(Honam Petrochemical Co.) 으로부터 공급되었으며 본 연구에서 사용된 난연제는 Table 1에서와 같이 인계(APP ; Ammonium polyphosphate), 할로젠계(PER ; Pentaerythritol), 멜라민계(MC ; Melamine phosphate), 무기계(MDH ; Magnesium dihydroxide) 4종류의 난연제를 사용하였다.

Table 1. Formulations of WPCs manufactured with flame retardants.

(Unit : Phr)

Sample	WF	HDPE	MAPP	Flame retardants			
				APP	PER	MC	MDH
WPC-A	50	50	5				
WPC-B	50	50	5	20			
WPC-C	50	50	5		20		
WPC-D	50	50	5			20	
WPC-E	50	50	5				20

2.2 시편제작

본 실험에 사용된 목분은 컴파운딩을 실시하기 이전에 90℃ 드라이오븐 장치에서 24시간 건조하였으며 고분자 공정에서 가장 널리 사용되는 압출(Extrusion)공정과 압축(Compression) 공정을 이용하여 제조하였다. 압출기를 통하여 압출된 시료들은 공기 중에서 냉각시킨 후 펠릿타이저(pelletizer)를 이용하여 펠릿으로 만든 후 펠릿화 된 시료들은 실험 기준에 적합한 금형을 이용하여 시편을 제작하였다.

2.3 연기밀도 실험

연기측정 방법은 열유속 가열 방향에 따라 수직시험 방법인 ASTM E 662 시험과 수평 시험 방법인 ISO 5659-2의 시험으로 구분할 수 있다. 본 실험에서는 국내에서 제작한 연기밀도 시험장비(SmokeBox 2005, FESTEC사)를 이용하여 ASTM E 662기준에 의거하였으며 시편 사이즈는 75mm × 75mm, 실험방식은 가염조건(Flaming mode)방식으로 수행하였다.

2.4 연소가스 측정실험

고온연소 실험장치(PT-HTF1000, P사)는 공기유량과 온도 상승에 따라 시료의 무게 변화를 실시간으로 측정 기록하는 장치로써 고온 전기로와 실시간 무게측정 밸런스, 공기/산소유량계, 유해가스 챔버로 구성되어 있다. 고온연소 실험장치 챔버 내 연소가스는 연소가스 측정기(FLUE Gas Analyser GA-12plus, madur사)를 이용하여 연소가스 실험을 실시하였다. 연소가스 시험조건은 JIS K 7228 기준에 의거하여 시편 사이즈(25mm×50mm×4mm)로 시험온도는 550℃, 시험편의 질량이 항량에 도달할 때까지 실시하였다.

3. 실험결과

연기밀도(Ds, density of smoke)라 함은 시료의 연소 시 발생하는 연기의 양을 빛의 투과율 변화를 이용하여 측정된 값으로 철도차량 화재안전기준에서 요구하고 있는 데이터들을 기준으로 화재발생 초기의 연기밀도를 알아보기 위한 시험 시작 후 1.5분, 4분, 10분 연기밀도 데이터와 실험동안 발생한 연기의 최대값인 최대연기밀도(Dm) 데이터를 Table 2에 제시하였다.

Table 2. The Results of Smoke Density Test

Material	flaming mode			
	Ds(1.5min)	Ds(4min)	Ds(10min)	Dm*
WPC-A	6.948	152.199	262.562	881.19
WPC-B	0.975	16.293	182.019	913.47
WPC-C	1.657	71.926	56.228	924.00
WPC-D	0.01	7.224	124.993	906.99
WPC-E	0	0.252	17.202	531.24

* Dm : maximum specific optical density

Figure 1에서는 목분-HDPE 복합체 시편들에 대한 최대연기밀도를 나타내었으며 대부분의 최대연기밀도 값은 881.19~924.00 으로서 높게 나타났으나 무기난연제인 수산화마그네슘을 함유한 복합체(WPC-E)는 531.24 로 나타났다.

Figure 2에서는 시간에 따른 연기밀도에 대한 분석결과 나타내었으며 대부분의 복합체들의 연기밀도는 시험 시작 후 10분~15분 사이에 최대연기밀도 값까지 급격히 상승하다가 일정하게 유지하는 것을 볼 수 있었으나 수산화마그네슘을 함유한 복합체의 연기밀도는

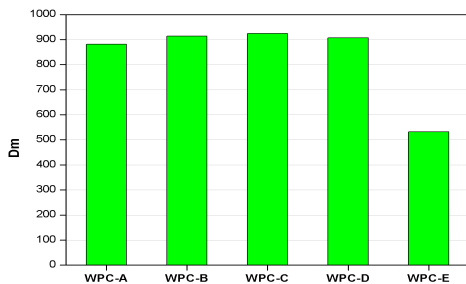


Figure 1. Results of maximum specific optical density.

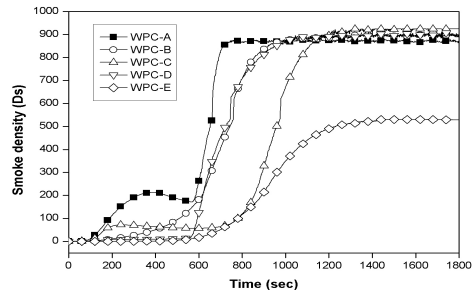


Figure 2. Optical Smoke density of samples.

시험시간 전반적으로 완만하게 상승하는 것을 살펴볼 수 있었다.

목분-HDPE 복합체의 연소에 따른 CO 발생량을 측정한 결과를 Figure 3에 나타내었다. 그 결과 약 10분 정도부터 전반적으로 CO 발생량이 일정하게 증가하는 것을 살펴볼 수 있다. 난연제를 함유한 복합체의 경우 발연량 억제 효과를 나타내었으며 그중 무기난연제인 수산화마그네슘(MDH)을 함유한 복합체가 가장 낮은 CO 발생량을 나타냈다.

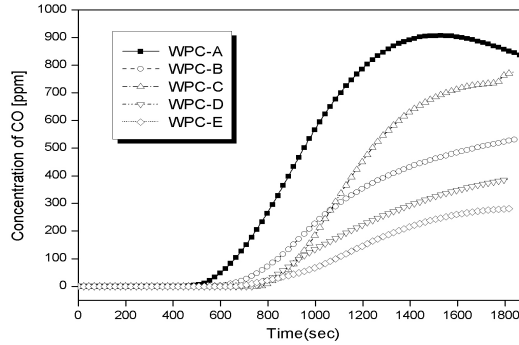


Figure 3. Results of Concentration of CO

4. 결 론

본 연구에서는 목분-HDPE 복합체의 연소에 따른 연기밀도 실험 및 연소가스 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 인계, 할로젠계, 멜라민계 난연제를 포함한 목분-HDPE 복합체는 순수 복합체에 비해 최대연기밀도는 큰 차이가 발생하지 않았으나 무기계 난연제를 함유한 복합체는 39%의 저감효과를 나타냈다.

2) 목분-HDPE 복합체의 연소에 따른 연소가스 분석결과 난연제를 함유한 복합체의 CO 억제 효과를 나타내었으며 난연제의 종류에 따라 MDH > MC > APP > PER 순으로 나타났다.

참고문헌

1. Clemons, C. "Wood-Plastic Composites in the United States : The Interfacing of Two Industries.", Forest Products Journal 52, 10-18, 2002.
2. Prichard, G. "Two Technologies Merge : Wood Plastic Composites.", Plastics Additives and Compounding 6, 18-21, 2004.
3. ASTM E 662, "Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials", 2009.
4. JIS K 7228 "Method for measuring smoke density and concentration of gases evolved by incineration or decomposition of plastics", 1987