



# 난연제를 첨가한 목분-폴리프로필렌 복합재의 연소 및 열적특성

송영호 · 신백우\* · 방대석\*\* · 정국삼\*\*\*

해천대학교 소방안전관리과 · \*한국항공우주연구원 나로우주센터 ·  
\*\*금오공과대학교 고분자공학과 · \*\*\*충북대학교 안전공학과

## Combustion characteristics and thermal stability of Wood flour-Polypropylene Composites with flame retardants

Song, Young-Ho · Shin, Baeg Woo · Bang, Dae-Suk · Chung, Kook-Sam  
Hyecheon College · \*Korea Aerospace Research Institute ·  
\*\*Kumoh National Institute of Technology · \*\*\*Chungbuk National University

### 요 약

본 연구에서는 목분-폴리프로필렌 복합재의 연소성 및 열적특성을 평가하기 위하여 한계 산소지수 실험 및 열중량 분석실험을 실시하였다. 목분-폴리프로필렌 복합재의 제조를 위하여 이축압출기를 활용한 압출공정과 사출성형기를 활용한 사출공정을 이용하였다. 그리고 복합재의 난연성능 향상을 위하여 난연제(4종류)를 첨가한 복합재의 화재성능을 평가하였다.

### 1. 서 론

최근 석유공업의 발달에 힘입어 가공이 쉽고 내구성이 양호한 플라스틱의 진화를 거듭하고 있으며, 생활의 편리성 추구로 인해 사용량이 꾸준히 증가하는 추세에 있다. 그러나 이러한 플라스틱은 자연적으로 분해되지 않고 매립해도 오랫동안 땅속에 그대로 남아있게 되어 환경을 오염시키고 있어 폐플라스틱의 처리는 재활용하는 방법이 가장 효과적이라고 할 수 있다.

위와 같이 천연자원(목재)에 대한 효율적인 이용과 폐기물 재활용을 위하여 목재와 플라스틱 재료의 장점을 잘 조화시킨 목재-플라스틱 복합재(Wood Plastic Composite, WPC)가 새로운 대체자재로 각광을 받고 있다.

목재는 다른 건축자재들에 비해 화재안전 측면에서 많은 단점들을 가지고 있는데, 그중 가장 대표적인 것은 목재 자체가 가연성 물질로써 화재시 열과 공기에 노출되었을 때 연소에 따른 사람에게 문제점을 일으키고 있다<sup>1)</sup>. 또한 플라스틱은 착화 및 연소속도가 빠르고 연소시 화재의 2차 효과(secondary fire effects)로 불리는 연기에 의해 시계가 방해됨으로써 피난 및 인명 구조상 문제점과 유해가스에 의한 질식사등의 화재위험성을 내포하고 있다.

따라서 본 연구에서는 난연제를 첨가한 목분-폴리프로필렌 복합재의 연소 및 열적특성을 파악하기 위하여 ASTM D 2863 기준<sup>2)</sup>에 의거한 환계산소지수 실험과 TGA 분석실험을 실시하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 실험재료

본 실험에서는 목분-폴리프로필렌 복합재를 제조하기 위하여 주원료로는 목분, 폴리프로필렌(PP)을 사용하였고 첨가제로는 난연제 및 상용화제를 실험재료로 사용하였다.

목분은 독일 JELU-WERK 社에서 제조한 JELUXYL 제품의 Granule 형태를 분쇄하여 100 ~ 150 mesh의 정도 입자크기를 선별하여 사용하였다.

폴리프로필렌은 모델명 HY300 제품으로써 용융지수(MI)는 3.9 g/10min이며 밀도(Density)는 0.91 g/cm<sup>3</sup>를 지녔으며 플라스틱 원료는 삼성토탈(Samsung Total Co.)로부터 공급되었다.

목분과 고분자 매트릭스의 낮은 결합력을 개선하기 위하여 상용화제는 모델명 CM-1120W 제품으로 Maleic anhydride grafted polypropylene(PP-g-MA)를 사용하였으며 호남석유화학(Honam Petrochemical Co.) 제품이다.

또한 목분-폴리프로필렌 복합재의 난연특성을 향상시키기 위하여 사용된 난연제는 할로겐계, 인계, 무기계, 텔라민계 종류별로 가장 범용적으로 사용되고 있는 난연제를 각각 선정하였으며 실험에 사용된 난연제의 세부사항은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Description of flame retardants.

Flame Retardants		Molecular Formula	Abbreviation
Phosphorous Compound	ammonium polyphosphate	NH <sub>4</sub> PO <sub>3</sub>	AP
Halogen Compound	decabromodiphenyl oxide	C <sub>12</sub> Br <sub>10</sub> O	DB
Melamine Compounds	melamine cyanurate	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> N <sub>9</sub> O <sub>3</sub>	MC
Inorganic Compounds	magnesium dihydroxide	Mg(OH) <sub>2</sub>	MD

### 2.2 시편제작

본 연구에서 사용된 시편을 제조하기 위하여 주원료인 목분 및 플라스틱 원료는 컵과 운당을 실시하기 이전에 재료의 물성 및 성형에 영향을 줄 수 있는 수분을 제거하기 위해 90 °C의 드라이 오븐(WiseVen®)에서 24시간 이상 건조하였으며 각 재료를 압출기 호퍼

에 투입 전 함량별로 충분히 혼합하였다.

목분과 폴리프로필렌의 혼합비율은 50wt.% : 50 wt.%로 유지하고 계면결합력을 향상시키기 위하여 상용화제 5 phr을 첨가하였다. 또한 난연제 종류에 따른 연소 및 열적특성을 살펴보기 위하여 난연제 종류별로 각각 20 phr을 첨가하여 제조하였다.

### 2.3 실험장치 및 방법

한계산소지수 실험장치는 Suga Test Instrument社에서 제작한 모델명 ON-1를 이용하였고 실험방법은 ASTM D 2863의 규격에 의거하여 실시하였다. 목분-폴리프로필렌 복합재의 열안정성 및 열분해 온도를 알아보기 위하여 TA Instruments社의 모델명 SDT 2960 열중량 분석기를 이용하였으며 측정 조건은 질소분위기에서 30 ~ 700 °C까지 10 °C/min의 승온 속도로 열을 공급하여 온도변화에 따른 시편의 중량감소를 측정하였다.

## 3. 실험결과

난연제를 각각 첨가한 목분-폴리프로필렌 복합재들의 한계산소지수 결과 값들을 Figure 1에 나타내었다. 그 결과를 살펴보면 목분과 폴리프로필렌 혼합비율(50:50)으로 제조한 복합재(WF)의 한계산소지수 값은 19 %로 나타났으며 여기에 상용화제 5 phr, 난연제 20 phr을 첨가한 복합재들은 ammonium polyphosphate를 첨가한 복합재(AP)가 23 %로 가장 높게 나타났으며, magnesium dihydroxide(MD) 22 %, melamine cyanurate(MC) 21.5 %, decabromodiphenyl oxide(DB) 21 % 순으로 나타났다.

상용화제와 난연제를 종류별로 함께 첨가한 복합재의 열중량 분석 결과를 Table 2와 Figure 2에 나타내었다. 그중 인계 난연제를 첨가한 복합체는 초기분해 온도가 낮았으며 잔존중량율이 26.41 %로 가장 높은 것을 살펴볼 수 있었다. 이는 인계 난연제가 휘발성이 높은 난연제이며 탄화생성물(char yield)을 형성을 향상시키기 때문인 것으로 사료된다.

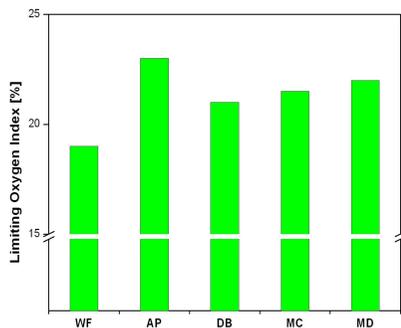


Figure 5. LOI measurement of wood flour-PP composites

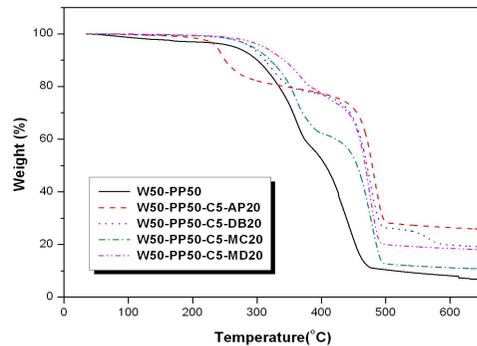


Figure 6. TGA curves of wood flour-PP composites with different flame retardant

Table 2. Initial decomposition temperature and residue ratio of wood flour-PP composites

Composites	Initial decomposition temperature (°C)	Residue ratio at 600°C (%)
W50-PP50	265.10	8.18
W50-PP50-C5-AP20	237.39	26.41
W50-PP50-C5-DB20	290.27	19.82
W50-PP50-C5-MC20	293.13	11.22
W50-PP50-C5-MD20	310.89	18.54

#### 4. 결 론

본 연구에서는 목분-폴리프로필렌 복합재의 한계산소지수 실험 및 열중량 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 한계산소지수 실험 결과 난연제를 포함하지 않은 LOI는 19 %로 나타났으며 난연제를 포함한 목분-폴리프로필렌 복합재 중 인계난연제를 함유한 LOI 값이 23 %로 가장 높게 나타났다.

2) 목분-폴리프로필렌 복합재의 열중량 분석 결과 인계 난연제 첨가한 복합재의 초기분해온도가 가장 낮았으며 잔존 중량율이 26.41 %로 가장 높게 나왔다.

#### 참고문헌

1. 박형주, 김홍, 하동명, "적분모델을 이용한 난연처리된 Douglas fire의 화재특성 예측", 한국안전학회지, 제20권 제3호, pp. 98-104, 2005.
2. ASTM D 2863, "Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics", American Society for Testing and Materials.