

무기시약제를 첨가한 베니어의 난연성

정영진

강원대학교 소방방재학부

Flame Retardant Properties of Veneers by the Addition of Inorganic Chemicals

Yeong-Jin Chung

School of Fire & Disaster Prevention, Kangwon National University,
Gangwon 245-711, Korea

1. 서론

일상생활에 널리 사용되고 있는 다양한 목질재료들은 일반적으로 불에 쉽게 불에 타는 단점을 가지고 있다. 이것은 목질재료의 가장 큰 취약점이며, 언제나 화재의 위험성을 내포하고 있다는 것을 의미한다[1].

그러나 목재는 천연자원 중의 하나로 안락한 느낌과 따뜻한 질감, 음향 등에 대한 반사나 잔향이 작고 물리적 및 기계적 특성 등이 우수하기 때문에 일반 가정주택에서부터 중형 건축물들의 가구재, 장식재, 구조재 등으로 광범위하게 사용되고 있다. 목질재료의 난연성을 개선하고자 하는 연구는 꾸준히 이어져 왔으며, 주로 난연제(flame retardant agent)를 사용하여 목질재료의 난연성을 향상시키고 있다. 한편, 다양한 목질재료중 베니어판은 가볍고 작업성이 수월하다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 화재에 노출되면 쉽게 착화되어 연소함에 따라 다량의 열과 연기를 방출하는 특성이 있어 상대적으로 화재에 취약한 단점이 있다. 베니어판의 사용에 따른 난연성이 중요시되고 있는 현재, 환경 친화적인 첨가형 난연제의 사용에 따른 다양한 연구가 필수적이라 할 수 있다.

목재의 연소특성에 관한 선행연구는 Mikkola[2]가 50 kW/m²의 heat flux하에서 spruce에 대한 탄화속도를 측정하였다. Quintiere[3]와 Spearpoint[4]는 연소속도 Data를 이용한 수학적 적분모델과 시간온도 곡선을 이용하여 탄화율과 탄화길이를 측정한다.

화재발생시 목질재료의 안전성은 화재조건에 노출되었을 때의 착화성, 열방출율[5], 화재의 전파 및 연소가스의 유해성 등으로 평가할 수 있다[6,7]. 특히 화재에 의한 연기관련 지수는 화재의 전파 및 연소가스의 유해성에 직접적인 영향을 미치고 있어 정확한 연기지수 측정은 화재안전 측면에서 매우 중요한 요소로서 인식되고 있다.

따라서 본 연구에서는 목질재료의 효과적인 활용에 대한 화재 위험성을 개선하기 위하여 전술한 방법중 목질재료의 특성상 난연성을 첨가하는 방법을 택하였고, 연기관련 지수를 측정하여 난연성을 고찰하였다. 즉, 4종의 무기시약제인 monoammonium

phosphate, diammonium phosphate, ammonium sulfate, ammonium chloride를 베니어 판에 도포하여 시험편을 제작하였다. 제작된 시험편에 대하여 cone calorimeter를 이용하여 적용된 재료별 난연 특성을 평가하였다.

2. 실험

2.1. 재료

공시합판(veneer)은 성창기업주식회사(부산소재)에서 구입한 두께 3 mm, 비중 0.50~0.54, 함수율 13 wt%의 10.2 x 10.2 cm 크기로 자른 다음 sand paper로 연마하여 10.0 x 10.0 x 0.3 cm의 규격으로 조제하여 함수율 10 wt% 상태로 준비하였다.

본 연구에 사용한 무기시약제, monoammonium phosphate [$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$], diammonium phosphate [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$], ammonium sulfate [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]는 Samchun Pure Chemical Co., LTD에서 extra pure급을 구입하여 그대로 사용하였고, ammonium chloride [NH_4Cl]는 Showa Chemical INC.에서 구입하여 정제없이 사용하였다. 무기시약제들은 각각 단독으로 처리하고자 필요한 농도를 20 wt%로 조정하였다.

2.2. 베니어판의 표면도포 처리

미리 소정의 규격으로 준비된 베니어판을 100~105 °C의 건조기 속에서 2 min간 전처리하고, 농도 20 wt%의 난연약액을 합판의 한쪽 면에 brush를 이용하여 도포하고, 2일간 공기중에 방치하여 휘발성물질을 휘발시키고, 다시 3~4 min을 100~105 °C의 건조기 속에서 건조시켜 도포면을 완전히 건조시켰다.

Table 1. Spread Amount of Inorganic Chemicals (Solid Content Base g/ft^2)

Chemicals (20 wt%)	Spread amount	Remark
ammonium chloride [NH_4Cl]	5.40	No top coating
ammonium sulfate [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]	5.40	
monoammonium phosphate [$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$]	5.40	
diammonium phosphate [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$]	5.40	

2.4. 열방출율(heat release rate, HRR) 시험

발열량 측정은 ISO 5660-1 기준 [8]에 따라 dual cone calorimeter (Fire Testing Technology)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.3. 콘칼로리미터 시험

열방출율(heat release rate, HRR)은 시료 표면적당 발생한 순간적인 열량의 크기이며, 재료의 연소위험성을 가장 잘 나타낼 수가 있는 요소이다. 열방출율이 낮은 건축 재료를 사용할 경우 화재발생시 연소억제 효과를 기대할 수 있다.

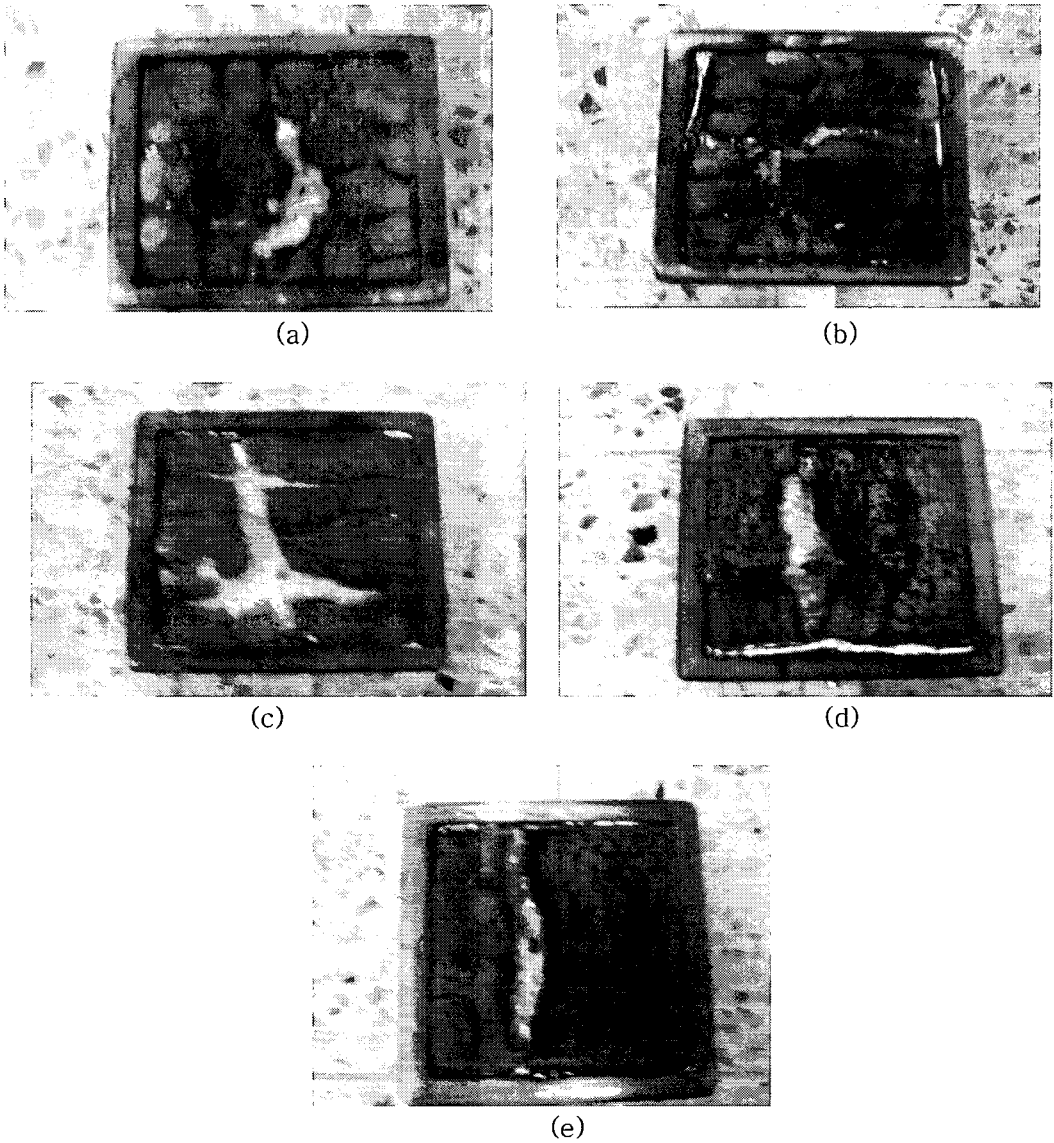


Fig. 1. Digital photos of veneer residues, (a) virgin veneer; (b) NH_4Cl ; (c) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; (d) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; (e) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

Table 2. Concalorimeter Data of Veneer Plates (Part 1)

Sample	TTI (sec)	PHR (kW/m^2)	THR (MJ/m^2)
Vergin Veneer	10	254.83	15.0
Veneer + AMCR	15	246.47	14.9
Veneer + AMSF	12	228.90	13.9
Veneer + MAPP	14	276.82	13.5
Veneer + DAPP	11	203.18	12.5

TTI, Time to ignition; PHRR, peak heat release rate; FOP, THR, total heat released.

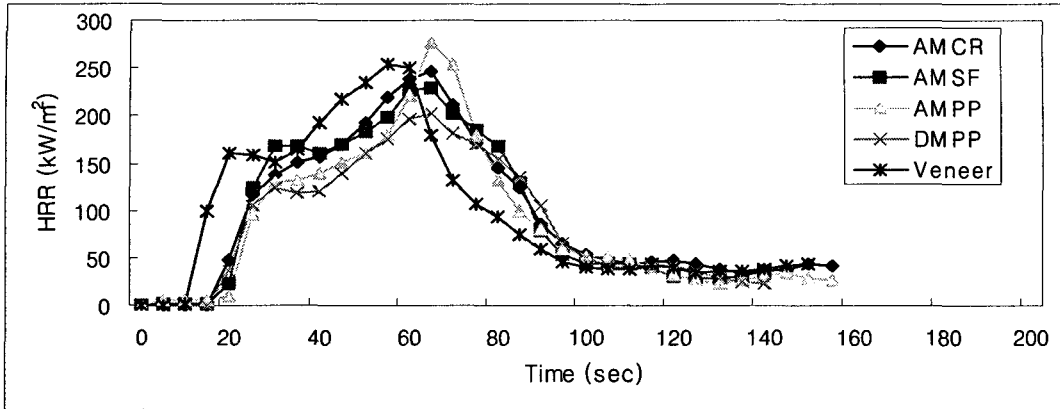


Fig. 2. Heat release rate curves for veneer + ammonium salts.

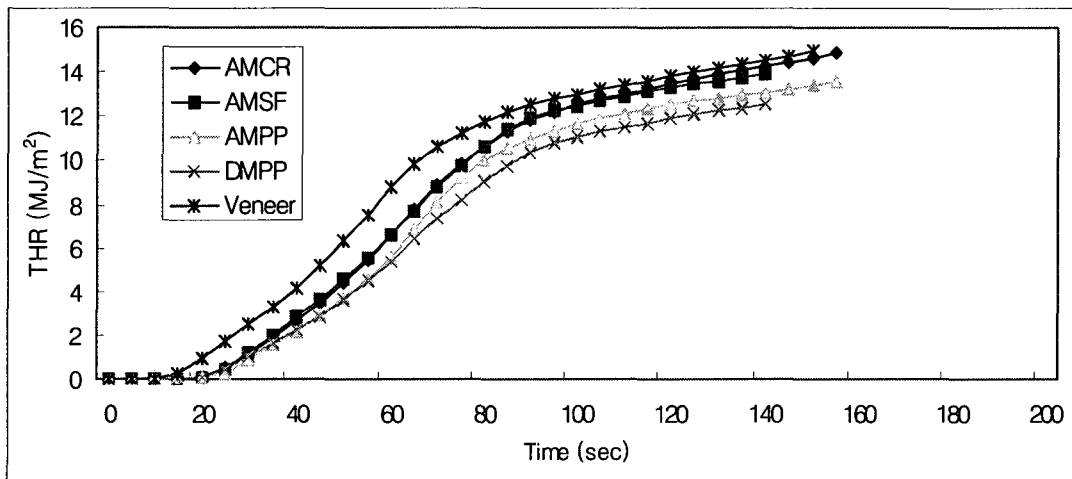


Fig. 3. Total heat released curves for veneer + ammonium salts.

Table 3. Concalorimeter Data of Veneer Plates (Part 2)

Sample	EHC _{peak} (MJ/kg)	CO _{mean} (kg/kg)	CO _{2mean} (kg/kg)	CO/CO ₂
Vergin Veneer	61.01	0.0411	1.72	0.023
Veneer + AMCR	49.87	0.0409	1.72	0.023
Veneer + AMSF	35.43	0.0348	1.48	0.023
Veneer + MAPP	39.81	0.0444	1.43	0.031
Veneer + DAPP	47.12	0.0403	1.39	0.028

AMCR, ammonium chloride; AMSF, ammonium sulfate; MAPP, monoammonium phosphate; DAPP, diammonium phosphate; EHC, effective heat of combustion;

Table 4. Concalorimeter Data of Veneer Plates (Part 3)

Sample	TSR (m ² /m ²)	TSP (m ²)	MLR _{mean} (g/s)	SEA _{mean} (m ² /kg)
Vergin Veneer	456.2	4.0	0.066	422.66
Veneer + AMCR	430.3	3.8	0.066	404.16
Veneer + AMSF	397.1	3.5	0.073	385.95
Veneer + MAPP	528.1	4.7	0.066	498.65
Veneer + DAPP	473.2	4.2	0.065	509.88

TSR, Total smoke release; TSP, total smoke production; MLR, mass loss rate; SEA, specific extinction area.

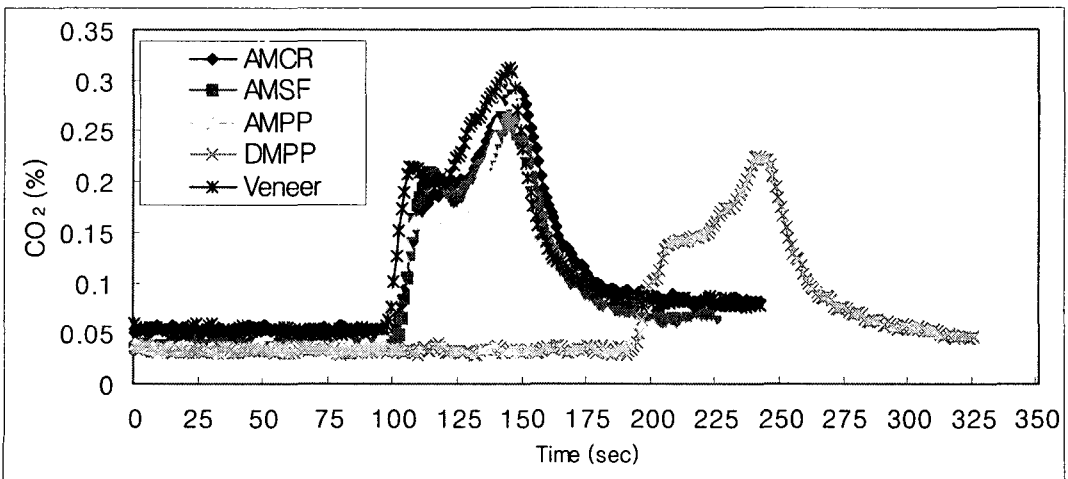
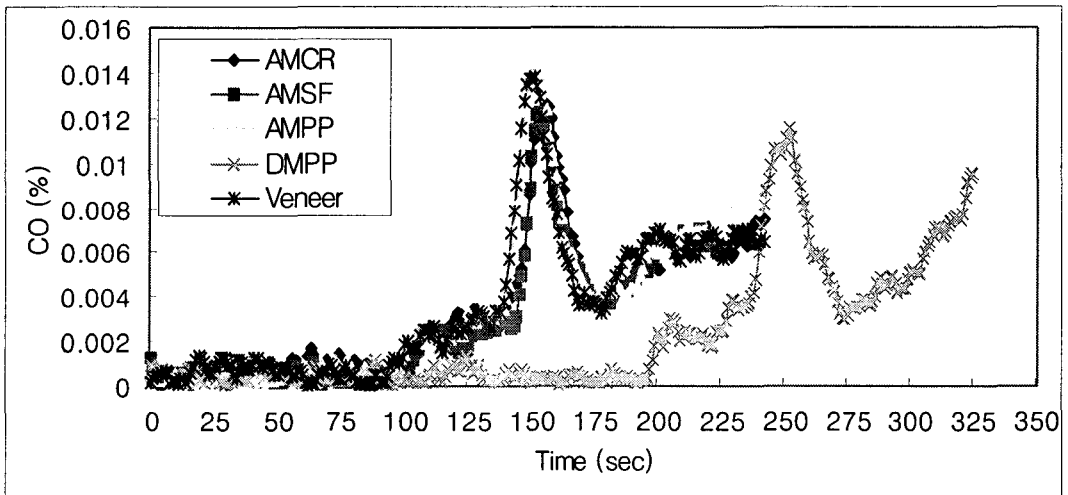


Fig. 4. Concalorimetry of the veneer + ammonum salts: evolution of CO and CO₂ (%).

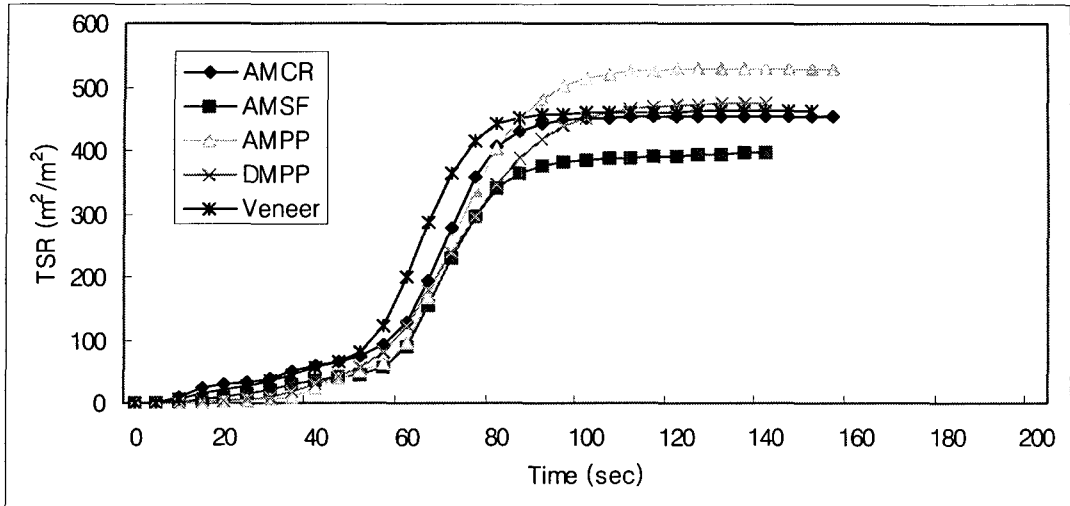


Fig. 5. Total smoke release curves for veneer + ammonum salts.

4. 결 론

4종의 무기시약제로 표면도포 처리한 베니어판의 비중, 평형함수율 및 난연도에 관한 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Diammonium phosphate, monoammonium phosphate, ammonium sulfate 및 ammonium chloride로 베니어판에 처리한 경우 총방출열량값이 각각 12.5 MJ/m², 13.5 MJ/m², 13.9 MJ/m², 14.9 MJ/m²으로서 암모늄염을 처리하지 않은 순수 베니어판(15.0 MJ/m²) 보다 낮게 나타났다.
- 2) Diammonium phosphate, monoammonium phosphate, ammonium sulfate로 처리된 베니어판에서 CO₂의 평균 발생량은 각각 1.39 kg/kg, 1.43 kg/kg, 1.48 kg/kg으로 무처리한 순수 베니어판의 CO₂(1.72 kg/kg) 비하여 비교적 낮게 나타났다.
- 3) Monoammonium phosphate로 도포 처리한 경우 CO_{mean} 발생량은 0.0444 kg/kg으로 무처리한 베니어판 CO_{mean} 0.0411 kg/kg에 비하여 많이 발생 하였으므로 연소시 독성이 증대되는 것으로 판단된다.
- 4) Monoammonium phosphate, diammonium phosphate로 도포 처리한 베니어판의 총연기방출율은 각각 528.1 m²/m², 473.2 m²/m²으로 무처리한 베니어판의 총연기방출율 456.2 m²/m²에 비하여 높은 수치를 나타냈으므로 연소억제 효과가 우수한 것으로 판단된다.
- 5) Ammonium sulfate 및 ammonium chloride로 도포 처리한 경우는 총연기방출율이 각각 397.1 m²/m², 430.3 m²/m²으로서, 무처리한 베니어판의 총연기방출율 456.2 m²/m² 보다 적게 나타났음에도 불구하고 난연성 효과가 존재하는 것은 이들이 저발연성 감연제 작용을 하는 것으로 판단된다.
- 6) Monoammonium phosphate, diammonium phosphate로 처리한 베니어판의 비소화면적은 각각 498.65 m²/kg, 509.88 m²/kg으로 무처리한 베니어판의 비소화면적 422.66

m²/kg에 비하여 높은 수치를 나타낸 것은 연소억제 효과가 우수한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. E. Baysal, M. Altinok, M. Colak, S. K. Ozaki and H. Toker, *Bioresour. Technol.*, **98**, 1101 (2007).
2. E. Mikkola, P. Proceeding of the Third International Symposium, 547, Elsevir Applied Science, London (1991).
3. J. G. Quintiere, A Semi-quantitative Model for the Burning Rate of Solid Materials, NISTIR 4840, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD(1992).
4. M. J. Spearpoint and J. G. Quintiere, *Fire Saf. J.*, **36**, 391 (2001).
5. Y, -J. Chung, *J. Korean. Ind. Eng. Chem.* 18(2), in press (2007).
6. G. Gallina, E. Bravin, C. Badalucco, G. Audisio, M. Armanini, and A. De Chirico, *Fire Mater.*, **2**, 15 (1998).
7. U. Sorathia, G. Long, T. Gracik, M. Blum, and J. Ness, *Fire Mater.*, **25**, 215 (2001).
8. ISO 5660-1, Genever (2002).1. E. Baysal, M. Altinok, M. Colak, S. K. Ozaki and H. Toker, *Bioresour. Technol.*, **98**, 1101 (2007).