

산화성고체-셀룰로오즈의 연소위험성(III)

송영호 · 강민호 · 정국삼

충북대학교 안전공학과

I. 서론

산화성고체의 연소위험성에 대한 연구는 근래에 와서는 가연성물질과의 혼합에 따른 연소성을 측정하여 발화위험성을 상대적으로 비교 평가하는 방법으로 진행되어 왔다.

국내의 경우, 산화성고체는 소방법상 위험물 제1류에 속하여 있는 바, 이에 속한 물질들은 산화성고체 단독으로 또는 가연성물질과의 일정 혼합에 의해 발화시 폭발적인 연소성을 가지는 경우가 있어, 사고 발생의 위험이 높은 물질로 알려져 있다.

그러나, 이들 위험물로 분류 정의되고 있는 물질들의 가연성 물질과의 혼합에 따른 발화·연소위험성을 영향 인자별로 분류하여 구체적으로 정의하지 못하고 있는 실정이어서, 이의 해결을 기하여 보기 위한 연구의 일환의 제3보로서, 가연성물질로 선정된 셀룰로오즈에 이들 산화성고체를 조연제로서 함량을 변화시켜 혼합하여, 이에 따른 연소성을 비교 검토하여 보고자 하였으며, 이를 위해 실험조건을 영향인자별로 변화시켜 보았으며, 이를 통하여 산화성고체의 가연성물질과의 혼합에 따른 연소위험성의 체계적인 평가와 아울러 기준시험법의 정립을 기하기 위한 기술자료로서 활용하고자 하였다.

II. 실험

II-1. 시료의 혼합 조제

본 실험에서 이용된 시료는 가연성물질과 산화성고체와의 혼합물로서, 가연성물질은 분말형의 셀룰로오즈를 사용하였고, 조연성의 산화성고체로는 표1에서와 같은 10종의 나트륨염과 칼륨염을 선정하여 취하였다.

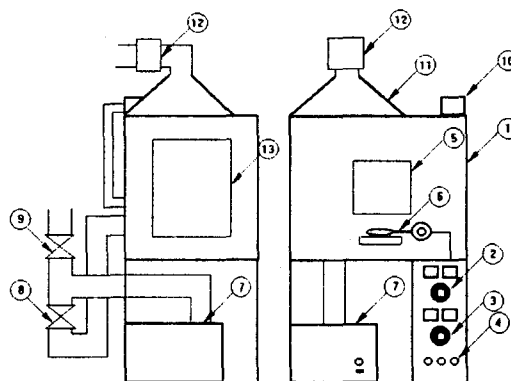
이들 물질들은 혼합 사용전에 수분함유의 영향을 배제하고자 건조기에서 각각 일정 시간동안 건조시켰으며, 시료의 혼합조제는 셀룰로오즈 일정량에 선정된 산화성고체를 일정비로 균일혼합시킨 것을 원추형 cap에서 자연성형하여 이를 시료로 취하였다.

Table 1. Classification of Selected Oxidizing Solids

Cation	Anion
Sodium Potassium	Bromate
	Nitrite
	Chlorite
	Chlorate
	Perchlorate

II-2. 실험장치 및 방법

본 실험을 위하여 사용한 발화 및 연소성 실험장치는 그림1과 같은 바, 연소실 (80×80×80cm)의 내면은 내열재로 내장하고 연소실의 온도를 니크롬선 발열체(9kw용량)에 의해 600℃까지 제어할 수 있는 PID형 온도조절기를 설치하였다. 그리고 연소가스의 배출을 위하여 강제 배기덕트를 연소실 상부에 설치하였으며, 상대습도는 spot형 공기조절기로, 공기유속은 air compressor에 의해 velocity valve로 조절되도록 하였다.



- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1. Combustion chamber | 2. Ignition coil voltage regulator |
| 3. Heat coil voltage regulator | 4. Power Switch |
| 5. Opening Window | 6. Ignition Coil |
| 7. Spot air conditioner | 8. Velocity valve of wind I |
| 9. Velocity valve of wind II | 10. Supersonic waves humidifier |
| 11. Duct | 12. Ventilation fan |
| 13. Door | |

Fig 1. Schematic Diagram of Experimental Apparatus

셀룰로오스에 산화성고체를 혼합시킨 원추형으로 성형한 일정량의 시료를 연소실내에 정치시키고, 착화용의 900℃의 니크롬열선으로, 퇴적 시료의 하단으로부터 원추높이의 1/5 높이 지점의 시료둘레표면을 접촉 착화시켜 연소시간을 측정하였다. 이때, 연소실내의 분위기 온도는 150℃이내에서, 숙성시간은 30min이내에서 각각 변화시킨 분위기 조건하에서 착화실험을 행하였다.

III. 실험결과

III-1. 산화성고체의 함량 변화에 따른 연소성

그림2의 (a),(b)에 나타난 측정결과는 나트륨염과 칼륨염의 산화성고체-셀룰로오즈 혼합물(30g)중의 셀룰로오즈의 무게함량비가 0.2~0.8로 변화시킨 경우의 연소시간을 나타낸 것인데, 산화성고체의 함량비가 증가할수록 연소성이 좋아지고 있으며, 본 실험 범위내에서 불 때, 혼합물 중의 산화성고체의 함량비가 80[wt%]인경우에 가장 빠른 연소속도를 나타냈다. 특히, 칼륨염에서는 KClO_3 의 경우, 함량비가 75 [wt%]이상에서는 백색섬광을 일으키면서 강렬하게 연소하고 있으며, 나트륨염에서는 NaClO_2 의 경우, 함량비가 50 [wt%]이상에서 황산화염과 함께 격렬히 연소하는 경향을 나타내었으며, 80 [wt%]함량에서는 폭발적으로 순식간에 연소하였다. 이러한 관점에서 볼때, 셀룰로오즈의 착화연소에 있어, 조연제로서의 산화성고체의 함량비가 큰 역할을 하고 있음을 알 수 있는데, 특히 50wt% 이상이면 연소를 보다 촉진시켜 주고 있어, 셀룰로오즈와 산화성고체의 단순한 혼합만으로 연소위험성을 구분하여 왔던 평가방법을 지양하고 혼합비에 의한 보다 세부적인 고찰이 필요한 것이다. 따라서, 이러한 관점에서, 셀룰로오즈 일정량(6g)에 산화성고체의 함량을 변화시켜 그림3에서와 같이 연소성을 비교하여 보았다. 그 결과, 칼륨염의 경우는 셀룰로오즈의 3~4배의 함량인 혼합시료가 연소속도가 가장 빨랐으며 KBrO_3 및 KClO_3 가 함유된 혼합시료가 보다 연소성이 좋았다. 그리고, 나트륨염의 경우도 셀룰로오즈 함량비의 4배 정도에서, NaClO_2 , NaClO_4 , 및 NaClO_3 , NaBrO_3 이 함유된 경우가 보다 연소성이 좋았는데, 특히, NaClO_2 80[wt%]함량의 혼합시료의 경우는 폭발적으로 매우 짧은 시간안에 연소하는 경향을 보여주고 있었다.

또한, 분위기 온도 상승에 따른 연소성의 경향을 그림4에 나타내었는데, 전반적으로 상온에서 보다 연소성이 증가하였으며, 연소성은 브롬산염>염소산염>과염소산염>아질산염의 순서를 보였으며, 특히, 과염소산나트륨의 혼합시료의 경우는 혼합비가 셀룰로오즈의 2배이상이면 1배인 경우보다 연소성이 매우 좋아지는 현상을 볼 수 있었다. 따라서 연소분위기 온도가 높아지는 경우에는 착화성이 좋고 연소시간도 짧아지는 것을 알 수 있었다.

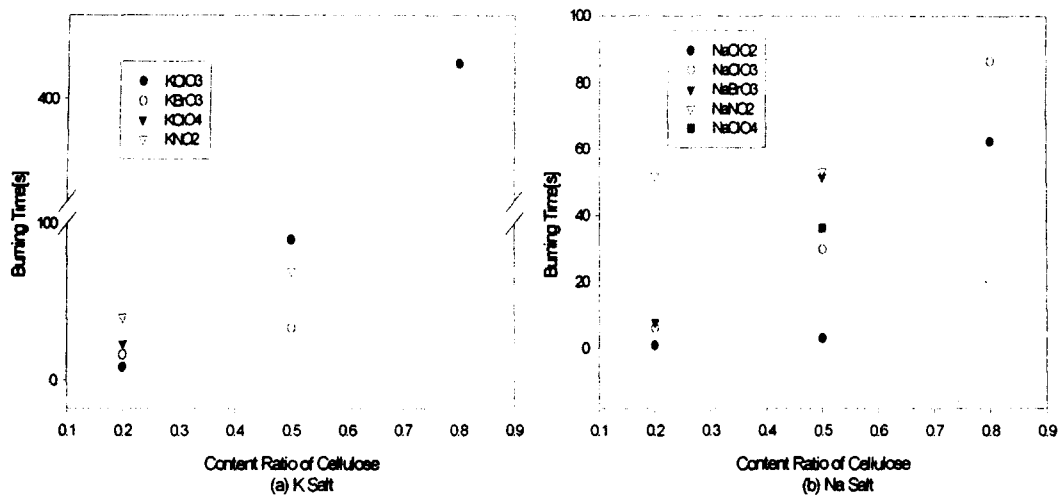


Fig 2. Effect of Content Ratio of Cellulose on the Burning Time of Cellulose-Oxidizing Solid Mixtures(30g) (Ambient Temp. : 20°C, Maturing time : 5min)

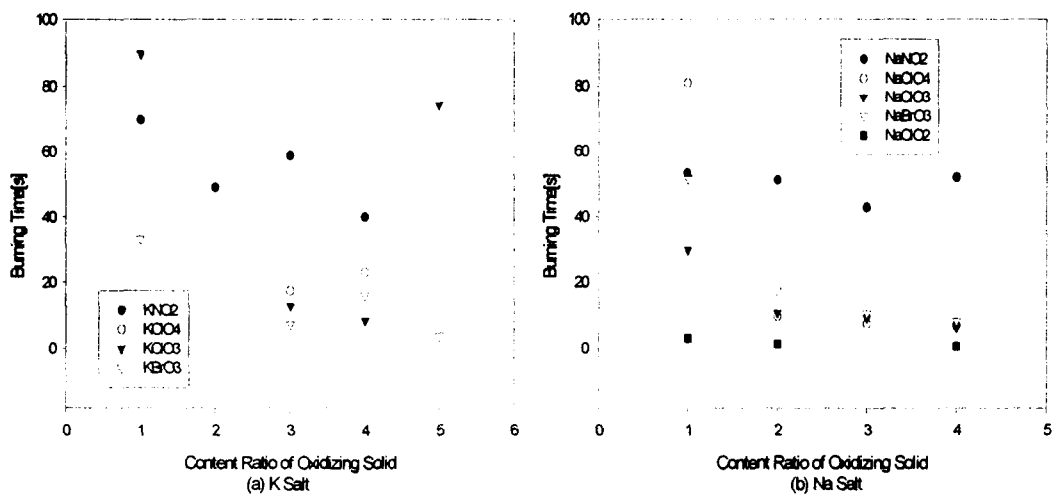


Fig 3. Effect of Content Ratio of Oxidizing Solid on the Burning Time of Cellulose(6g)-Oxidizing Solid Mixtures (Ambient Temp. : 20°C, Maturing Time : 5min)

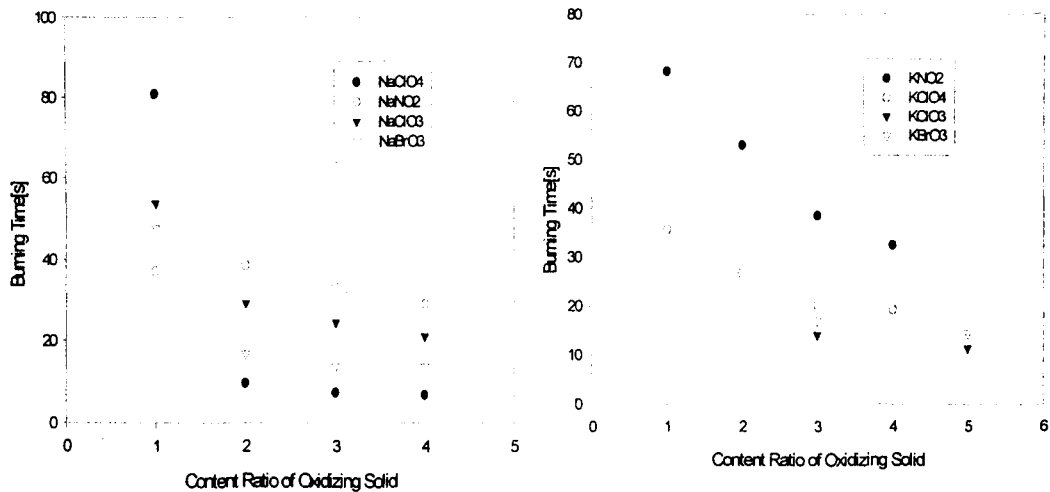


Fig 4. Effect of Content Ratio of Oxidizing Solid on the Burning Time of Cellulose(6g)-Oxidizing Solid Mixtures (Ambient Temp. : 100°C, Maturing Time : 5min)

IV. 결론

셀룰로오즈의 연소위험성을 비교하여 보기 위하여 나트륨염과 칼륨염의 산화성고체를 조연제로서 혼합시켜 원추형 퇴적체 성형시료의 착화시험법으로 연소시간을 측정하여 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 셀룰로오즈의 연소를 위해 혼합되는 산화성고체는 함량이 증가될수록 연소성이 좋았으며 80 [wt%]이상의 함량에서도 빠른 연소속도를 나타내었다.
2. 셀룰로오즈의 연소를 위한 조연제로서의 산화성고체의 연소성은 아염소산염, 브롬산염 및 염소산염의 경우가 좋았다.
3. 연소분위기 온도가 상승함에 따라 연소성도 좋아지고 있으며, 이와 같은 혼합시료에 있어서 연소위험성의 평가는 분위기 온도는 물론 혼합비, 숙성시간 등의 제반 영향인자들을 종합적으로 고려하여 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 1) United Nations, Recommendation on the Transport of Dangerous Goods, 5th Revised Edition, 1988
- 2) Y.Uehara and t. Nakajima, Proposal of a New Test Method for the Classification of Oxidizing Substances, J. Hazardous Materials, pp. 10~89, 1986
- 3) M.H.Kang and K.S.Chung et al. Burning Risk of Oxidizing Solid-Cellulose(Ⅱ), J. of the KIIS, Vol.16, No.5, pp. 86-90, 2001