

Boric acid-Borax-Alum. 계 셀룰로오스 단열재의 훈소특성 연구
Smouldering Combustibility of Cellulose Insulation Treated with
Boric acid-Borax-Alum. Formulation

김 홍*
Hong Kim

ABSTRACT

The smouldering combustibility of cellulose insulation treated with boric acid-borax-alum as combustion retardants are examined by cigarette ignition method and electrical cartridge heater method. The alum to be required at an add on level of at least 12% by weight of cellulose treated with boric acid-borax-alum=2:1:2 fomulation if resistance to smouldering combustion by cigarette ignition is to be achieved.

The optimum electrical ignition source employed by electrical cartridge heater method was 23.2 watts(80V) power level. The effectiveness of Alum as a third combstion retardant are acceptable both smouldering resistance and flame resistance at 18% level of all examined formulation.

1. 서론

주택이나 빌딩의 천정, 공간벽 및 공공건물의 단열재로 널리 쓰이고 있는 석면은 죽음의 먼지로 불리울 만큼 심각한 공해물질로서 이미 선진국에서는 단열재로서의 사용이 금지되고 있는 실정이다.¹ 이의 대체품으로서 선진국에서 개발되

어 사용되는 단열재중 셀룰로오스는 단열성능은 물론 흡습성, 방충성, 방료성이 우수하고 인체에 무해하며 공사가 간편하여 주택, 빌딩의 천정, 공간벽, 마루밑의 단열시공, 공장창고 체육관, 축사, 냉동창고, 지하주차장, 미술관, 박물관 등에 광범위하게 사용되고 있다. 한편, 국내에서는 아직도 단열재로서 석면이 주로 사용되고있어, 직업적으로 석면에 노출된 사람들이 직업병에 시달리고 있는 실정이다.² 국내의 셀룰로오스 단열

*正會員 : 호서대학교 산업안전공학과

재는 이미 생산되고 있으나 셀룰로오스의 방화성에 대한 연구와 평가가 전혀 이루어져 있지 않은 실정으로 몇개의 공공건물을 제외하고는 그 사용 실적이 미약한 편이다.

셀룰로오스 단열재는 공업적으로 폐지, 펄프 등을 원료로한 식물성 섬유를 봉산과 봉사 등의 난연재, 방충제 등을 첨가하여 미세한 섬유상으로 제조된다. 선진국에서는 셀룰로오스의 단열재가 가정용으로 많이 사용됨에 따라 이의 연소성에 대한 불안감으로 인하여 1978년 부터 미국과 캐나다 등지에서 셀룰로오스 단열재의 연소성에 대하여 ASTM E84³⁾ SAFS(Services Administration Federal Specification), HH-1-515D 등과⁴⁾ 같은 규격을 이용하여 평가하였다. Day and Wiles 등은 히타 카드릿지 히타를 이용 혼소저항값(Smoulder resistance)을 측정하여 좋은 결과를 얻었다고⁵⁾ 보고하여 이 분야에 대한 새로운 방법론의 연구의 필요성을 제시하였다.

국내의 셀룰로오스 단열재의 난연성은 단지 KS K 0582, KS K 0580-1985, KS K 0581등을 사용하고 있으며, 이들은 주로 섬유류에 사용하고 있는 난연도 측정방법에 속하며, 셀룰로오스 단열재에 대한 혼연연소성 측정방법은 아직 확립되어 있지 않다. 또한 국내의 셀룰로오스 단열재 생산방식은 주로 폐 신문지, 폐 골판지 등을 이용하여 봉산등의 난연재를 혼합하여 분쇄하는 건식방법으로 제조되고 있으며 각종 폐지 등에 포함된 잉크류등의 인화성 물질이 포함되어 있어 국외의 연구결과를 직접 이용하기에는 문제가 있다. 석면 대체재로 셀룰로오스를 사용함에 있어서 셀룰로오스의 단열재에 대한 화재시의 연소 특성연구의 필요성은 매우 시급하다.

본 연구에서는 먼저 셀룰로오스 난연제로 종래에 사용되던 Boric acid와 Borax계에 Alum(Aluminium Potassium Sulfate)를 혼합하여 단열재의 난연성을 향상함과 동시에 셀룰로오스 단열재의 연

Table 1 Treated cellulose insulation investigated.

Sample No.	Treatemnt	% Add on
A- 6	Boric acid : Borax ; 2 : 1	6
A-12		12
A-18		18
A-24		24
B- 6	Boric acid : Borax : Alum ; 6 : 3 : 1	6
B-12		12
B-18		18
B-24		24
C- 6	Boric acid : Borax : Alum ; 2 : 1 : 1	6
C-12		12
C-18		18
C-24		24
D- 6	Boric acid : Borax : Alum ; 2 : 1 : 2	6
D-12		12
D-18		18
D-24		24

소특성을 측정하기 위한 방법으로 담배를 이용한 혼소저항(HH-1-515 D) 측정방법과 전기 카드릿지 히타를 이용한 장치로 부터 혼소개시시간과 혼소 온도를 측정하였다. 또한 화염에 대한 연소특성을 측정하기 위하여 산소지수 측정장치를 이용하여 최소 산소지수(LOI)를 구하여 셀룰로오스 단열재의 연소특성을 구명함과 동시에 제조에 대한 기초자료로서 제공하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시료제조

난연제는 현재 공업적으로 사용되고 있는 Boric acid, H_3BO_3 와 Borax(Sodium tetraborate decahydrate), $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 에 제3의 난연제인 Alum(Aluminium Potassium Sulfate)를 사용하였으며 난연제는 100mesh 이하로 분쇄하고 원하는 함량으로 잘 혼합하여 제조하였다.

셀룰로오스 단열재는 (주)대룡셀룰로오스에서 제조된 밀도 $29kg/m^3$ 인것을 사용하였고, 단열재와 난연제의 혼합비율을 6, 12, 18, 24wt%로 하여 건식방법으로 Table 1과 같은 셀룰로오스 단열재를 제조하였다.

2.2 밀도측정

밀도의 측정은 ASTM C 519에 따라 측정하였다. 먼저 가로 20cm, 높이 10cm 두께 0.8mm인 Stainless Steel 용기에 시료를 채웠으며, 시료를 채우는 방법은 용기에 시료를 손으로 뿌려서 담고, 용기를 바닥에 서너번 내리쳐서 시료를 균일하게 채우는 방법인 pouring method를 사용하였다.

시료가 채워진 용기를 항온습습장치에 넣고 온도를 20℃, 상대습도 65% 조절하여 24시간 방치시킨 후 밀도를 측정하였다.

2.3 담배를 이용한 혼소저항 측정실험

혼소저항의 결정은 HH-1-515D 방법을 이용하였으며 실험장치의 개략도를 Fig.1에 나타내었다.

실험방법은 가로 20cm, 세로 20cm, 높이 10cm, 두께 0.8mm인 Stainless Steel 용기에 시료를 채우고 Filter없는 담배와 함께 온도 23℃, 상대습도 65%에서 12시간 방치하였다. 그 후 용기 가운데에 직경 8mm 정도의 구멍을 만들고 길이 7.5cm의 Filter없는 담배에 불을 붙여 불붙은 끝이 위로 오도록 핀셋으로 꽂았다. 그리고 담배에서 2cm 떨어진 곳에 Thermocouple을 꽂고 담배불이 타들어 감에 따른 온도 변화를 알아보았다. 또한 자연연소에 의한 무게감소를 알아보기 위해 실험장치를 저울 위에 올려놓고 실온으로 될때 까지 무게 손실을 측정하였다.

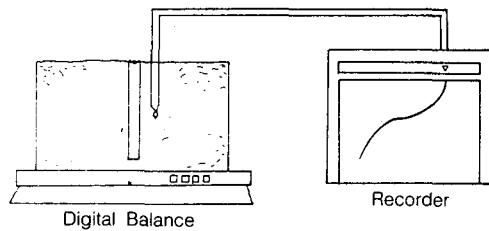


Fig.1 Schematic diagram of smouldering test by cigarette ignition method.

2.4 카드릿지 히타를 이용한 혼소저항 및 혼소온도 측정

2.4.1 실험장치

시료를 담는 용기는 직경이 15cm이고 높이가 10cm인 파이렉스 비이커를 사용하였으며, 점화원으로서는 직경이 1.5cm이고 길이가 8cm, 용량이 220V, 180W인 전기 카드릿지 히타를 사용하였

다. 시료의 온도 변화는 CA형 열전대를 이용하여 온도기록계에 기록하였다, 혼소 저항을 측정할때 나타난 열전대의 출력은 2가지로 구분할 수 있다. 즉 하나의 출력은 시료의 온도가 그대로 기록되며, 다른 하나의 출력은 측정온도를 전기적으로 1차 미분한 값을 기록하였다. 실험장치의 개략도는 Fig.2에 나타내었다.

또한 같은 장치를 이용하여 측정한 혼소온도는 히타의 온도를 일정하게 유지시킬 필요가 있으므로 가변트랜스 대신 PID형 온도조절기를 이용하여 조절하였으며 이때 시료의 온도는 온도기록계에 기록하였다.

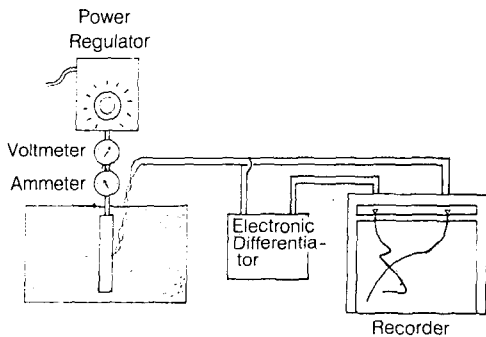


Fig.2 Schematic diagram of smouldering test by electrical cartridge heater ignition method.

2.4.2 측정방법

난연처리된 시료는 실험전에 온도 20℃, 상대습도 65%인 상태로 24시간 이상 방치시켰으며 측정 직전에 비어커에 채워서 일정한 밀도를 갖도록 하였다. 혼소저항 실험은 가변트랜스를 이용하여 히타에 일정한 전압을 공급하였을 때의 온도변화 및 그 미분값을 기록하여 측정하였다. 또한 혼소온도 측정 실험은 히타의 온도를 상승시켜 가면서 히타의 중앙부로부터 1cm 떨어진 곳의 온도변화를 측정하여 혼소가 일어나는 최저

온도를 혼소온도로 간주하였다.

2.5 화염저항측정

시료의 화염저항 측정실험은 ASTM D 2863에 따라서 Candle type flammability Tester를 이용하여 최소산소지수(LOI:Limiting Oxygen Index)를 측정하였다. 이때 시료의 형상이 섬유상이기 때문에 직경 40mm인 스테인레스 스틸망으로 제작된 시료용기를 사용하여 LOI(%)를 구하였다.

실험방법은 시료의 온도를 20℃, 상대습도 65%에서 24시간 이상 방치한 시료를 일정한 밀도가 되도록 충전시켜, 유리칼럼안에 넣고 산소와 질소의 양이 일정하게 혼합된 기체를 10L/min.의 유속으로 흘려보낸 뒤 30초가 지난 다음 불꽃 길이가 5-6cm인 프로판가스 토치를 이용하여 10초동안 점화시켰다. 점화된 시료의 불꽃과 연기가 30초 이내에 없어지는 최소의 산소량 일때의 값을 LOI로 정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 난연제의 첨가에 따른 밀도의 변화

난연제의 첨가에 따른 밀도의 변화는 Fig.3에 나타내었다. 모든 시료에 있어서 난연제의 함량의 증가에 따라 밀도가 증가하는 현상을 나타내었으며, 특히 같은 첨가량의 경우에는 3가지 첨가제 중 밀도가 가장 큰 Borax의 함량이 증가함에 따라 밀도가 증가하는 현상을 나타내었다. 즉, Borax의 함량은 A가 33%, B가 30%, C가 25%, D가 20%순으로 감소하기 때문에 이들의 밀도도 감소하는 현상을 나타내었다.

캐나다 정부의 C.G.S.B. specification 51-GP-60 M에 의하면 셀룰로오스 단열재의 허용밀도 범위는 24-48kg/m³이며 모든 시료의 밀도는 48kg/m³이하 이기때문에 단열재로서 이용이 가능하다고 하겠다.

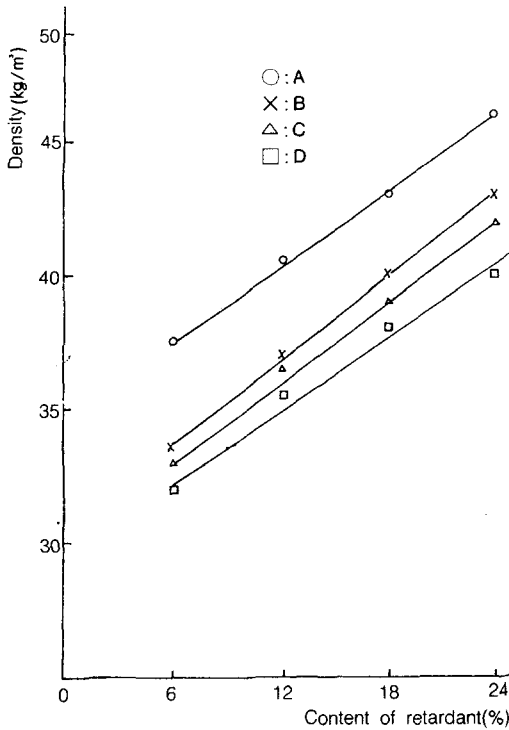


Fig.3 Effect of treatment level on the densities of cellulose insulation treated with BA-B-Alum system.

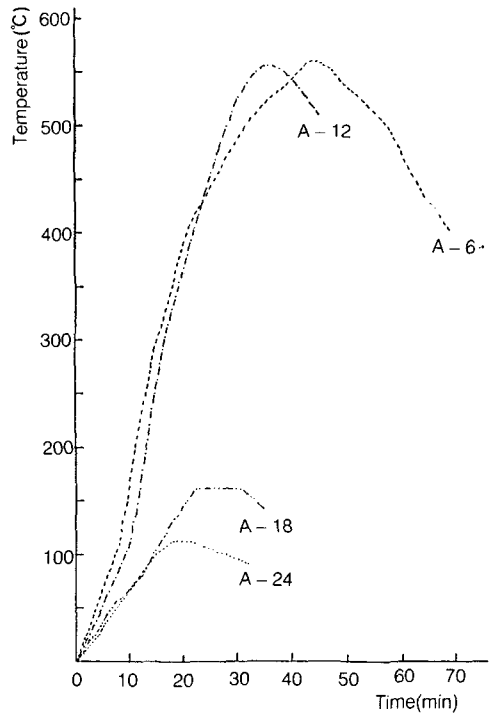


Fig.4 Temperature profiles of cellulose insulation treated with BA-B system.

3.2 담배를 이용한 혼소저항 측정 실험

3.2.1 난연제의 함량에 따른 시료의 온도변화

담배를 이용한 혼소저항 측정 실험에서 담배로부터 2cm 떨어진 곳의 온도변화 곡선을 시료 A에 대해서 대표적으로 Fig.4에 나타내었다. 시료번호 A-6과 A-12의 경우는 혼소가 활발히 일어나 시료의 온도가 500°C까지 급상승 하였으며, 비교적 난연제의 함량이 많은 시료인 A-18과 A-24의 경우는 담배가 타는 동안에 온도가 100-200°C까지만 상승된 후 다시 감소하는 현상을 나타내었다.

일반적으로 단열재가 혼소가 일어났다고 간주

하는 최고 상승온도의 기준은 700-800F(371-421°C)정도라고 Anderson 등이 보고한 바 있으며 이 온도 이상으로 온도가 상승되었을 때는 혼소저항성이 없어 단열재로서 부적당하다는 것을 알 수 있다. 이때 시료의 연소된 형상을 보면, 시료의 전체면이 혼소에 의해 색깔이 갈색으로 변해 있었으며 시료가 양옆 및 위 아래로 심하게 수축된 현상을 나타내었다. 반면에 이 온도 이하의 온도상승을 나타낸 시료의 형상은 단지 담배의 주위에만 변색된 링을 나타내었으며 수축현상은 나타나지 않았다. 또한 전체적인 실험을 통하여 시료의 표면에 불꽃(open flaming)은 형성되지 않고 심한 연기를 내면서 혼소되는 현상을 나타내었으며, 실험후 혼소가 일어났는지

의 여부는 육안으로 쉽게 감지할 수 있었다.

본 실험의 결과에서는 담배로부터 2mm 떨어진 곳의 온도가 400°C에 도달하지 않는 경우는 혼소 저항성이 있다고 판단하였으며, A-18과 A-24 경우는 이에 해당한다.

3.2.2 난연제의 함량에 따른 시료의 감량비.

담배를 이용한 혼소저항 측정 중에 나타난 시간의 경과에 따른 시료의 감량곡선을 Fig.5에 나타내었다. 난연제를 첨가하지 않은 시료는 계속해서 감량하여 40분이 경과되었을때 시료의 약 50%가 감량하였다. 그러나 A 종류의 난연제의 첨가량이 증가할수록 감량곡선의 기울기가 작게

나타나서 이들의 혼소저항성이 증가된다는 것을 알수 있었다. 시료의 감량에 대한 혼소저항성의 기준은 일반적으로 15%의 감량을 기준한다. 즉, 시료 전체의 감량이 15% 이상이 되었을때는 단열재로서 적합하지 않으며 혼소저항성이 없다고 할수있다. 이 점은 미처리시료의 경우 그림의 S점에 해당하며 이는 상대혼소비를 결정하는 기준이 된다. 즉, 상대혼소비는 미처리시료가 15% 감량되는데까지 걸리는 시간을 측정하여 이 시간에서의 다른 시료의 상대적인 감량비를 말한다.

3.2.3 난연제의 혼합비에 따른 시료의 감량비.

시료의 감량이 없고 시료의 온도가 상온에 도

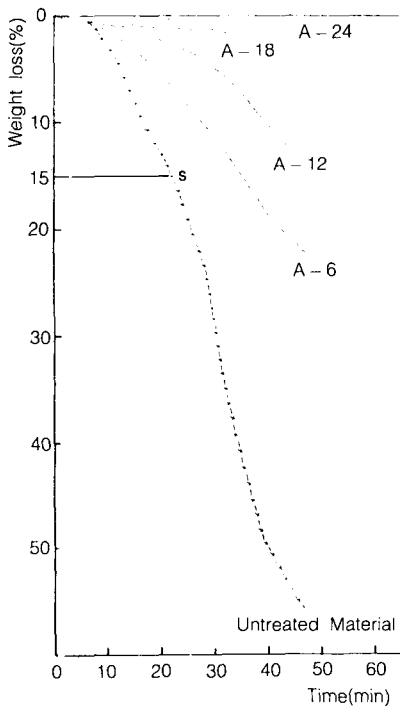


Fig.5 Weight loss profiles of cellulose insulation treated with BA-B system.

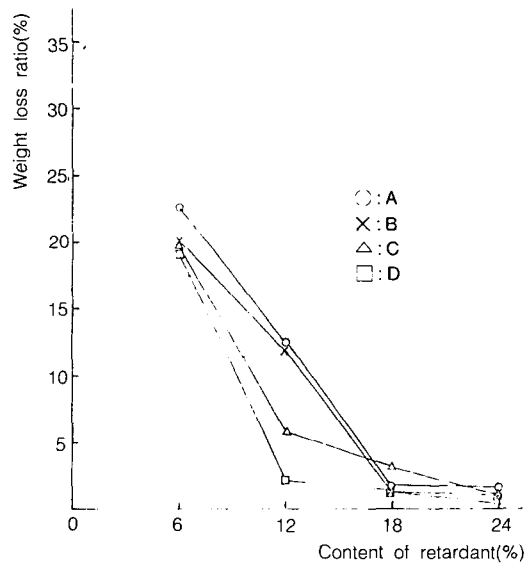


Fig.6 Effect of treatment level on the weight loss ratio of cellulose insulation treated with BA-B-Alum system.

달되었을때의 시료의 최종 감량비를 Fig.6에 나타내었다. 모든 시료에 있어서 난연제 함량이 증가할수록 감량비가 감소하는 현상을 나타내었으며 특히 Alum이 많이 첨가된 C과 D의 경우 난연제 함량이 12%인 경우에도 적은 감량이 나타나는 것으로 보아 Boric acid와 Borax계 Alum의 첨가에 따라 혼소저항성이 향상 되었다는 사실을 알 수 있었다.

3.2.4 난연제의 혼합비에 따른 상대혼소비의 변화

앞에서 언급한 바와 같이, 상대혼소비는 난연제를 첨가하지 않은 순수한 셀룰로오스가 15% 감량되었을 때를 1로 했을때 다른 난연제 첨가 시료의 상대비를 말한다. Table 2에서와 같이 상대혼소비 역시 시료 첨가량이 증가할 수록 작은 값을 나타내었다. 여기서 SR은 smoulder resistant의 약자로 시료가 혼소저항성을 갖고 있어 단열재로서 적합하다는 것을 의미한다. 또한 상대혼소비 역시 Alum이 많이 첨가될수록 낮은 값을 나타내었으며 특히 Alum의 함량이 가장 많은 2:1:2의 경우 12%의 난연제를 첨가하였을 때 이미 혼소저항성을 나타내었다.

3.3 카드릿지 히타를 이용한 혼소저항 및 혼소온도 측정

3.3.1 적정 카드릿지 히타의 사용 전압 결정

시료의 혼소중에 발생하는 발열 피크와 가장 잘 나타낼수 있는 전압을 측정하기 위하여 C-6의 시료에 대한 히타의 전압을 60-100V까지 변화시켜 시료의 온도상승과 미분값의 변화곡선을 Fig.7과 Fig.8에 나타내었다. 히타로부터 1cm 떨어진 곳의 실제 온도곡선과 미분값이 가장 잘 나타난 전압은 80V이었으며 이 보다 낮은 온도에서는 혼소연소가 진행되지 않아 미분값이 전혀 변화가 없었으며 그 이상의 온도에서는 혼소가 급격히 일어나면서 미분값에 발열 피크가 여러개 나타나고 여러시료를 측정했을때 결과치를 비교 분석하기가 불가능하다고 판단되었다.

3.3.2 카드릿지 히타와 열전대와의 적정 거리 결정

시료의 혼소중에 발열되는 발열피크가 가장 뚜렷히 나타나는 열전대의 위치를 정하기위해 C-6 시료를 이용하여 히타의 중심부인 4cm의 위치에

Table 2 Relative rate of smouldering combustion of cellulose insulation treated with BA-B-Alum system.
SR:Smoulder Resistant

Treatment Compositi- tion B.A.:B.:Alum	Total Treatment Level in Parts Per 100 of Cellulose Insulation			
	6	12	18	24
2 : 1	0.80	0.25	SR	SR
6 : 3 : 1	0.70	0.22	SR	SR
2 : 1 : 1	0.48	0.18	SR	SR
2 : 1 : 2	0.36	SR	SR	SR

서 히타의 표면과 히타로부터 각각, 1, 2, 3cm 떨어진 곳의 온도상승곡선과 미분값에 대한 곡선을 Fig.9과 Fig.10에 나타내었다. 이때 시료의 온도는

히타에서 멀어질수록 온도 상승속도가 낮게 나타났다. 또한 히타와 접촉된 경우 미분값의 피크치가 가장 일찍 나타났으나 1cm인 경우의 피크

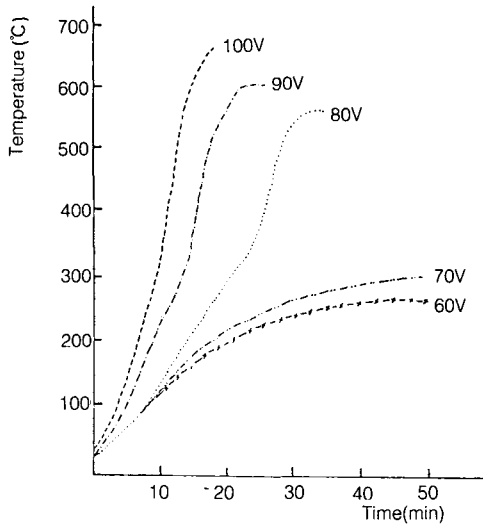


Fig.7 Change of temperature profile on cellulose insulation with heater power.

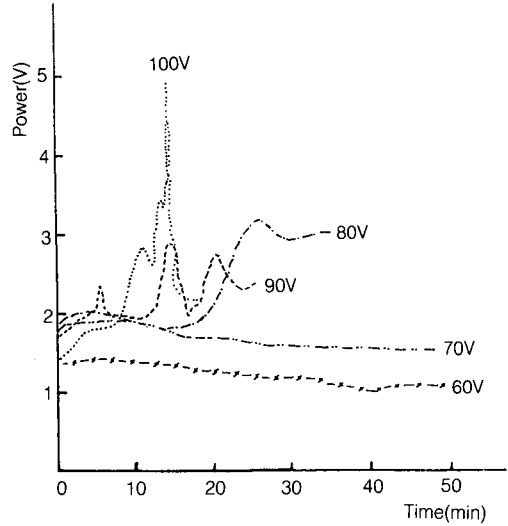


Fig.8 Change of first order derivative of temperature on C-6 cellulose insulation with heater power.

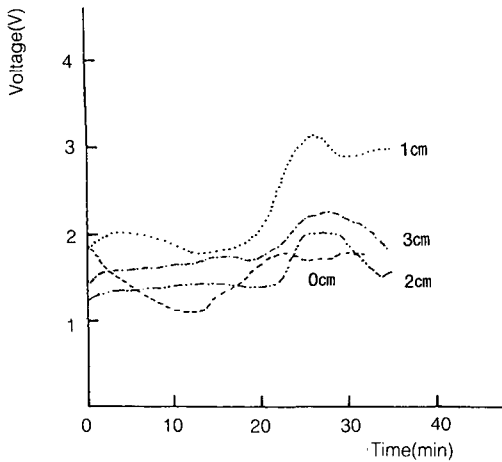


Fig.9 Change of temperature profile of C-6 cellulose insulation with thermocouple position.

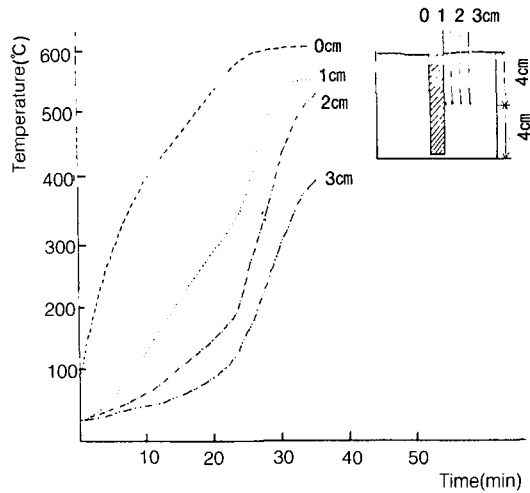


Fig.10 Change of first order derivative of temperature on C-6 cellulose insulation with heater power.

치가 가장 뚜렷하게 나타났으므로 앞으로의 모든 실험은 시료 중심에서 1cm 떨어진 곳에서 측정하였다. 따라서 Fig.11에 대표적인 온도상승 곡선과 미분 곡선을 나타내었고, 이때 혼소도달시간은 실험 시작시간 부터 미분치의 정점까지의 시간을 측정하여 나타내었으며 혼소온도는 미분곡선이 최대를 나타낼때의 온도를 측정하였다.

결과적으로, 카드릿치 히터를 이용한 혼소특성의 측정실험에서의 실험조건은 히터의 용량이 220V, 180W인 경우에 히터의 전압은 80V가 적당하고 열전대의 위치는 히터 중심으로 부터 1cm 떨어진 곳에서 측정하는 것이 가장 좋은 실험치를 얻을 수 있었다.

3.3.3 난연제의 함량에 따른 혼소 개시시간

Alum계 시료의 혼소개시시간을 측정하고 담배를 이용한 혼소 특성 실험과 비교하기 위하여 Table 3에 상대혼소비와 혼소개시시간을 함께 나타내었

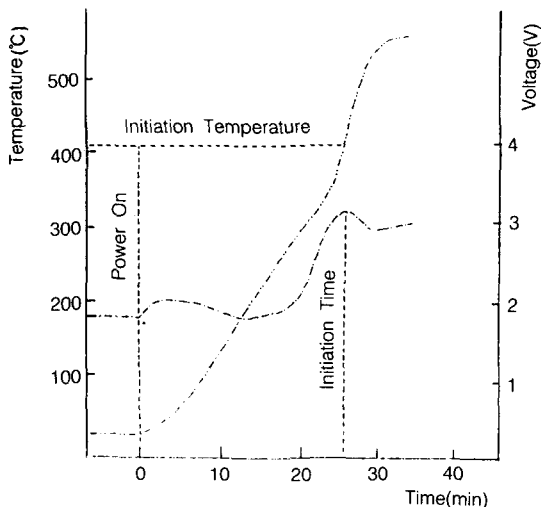


Fig.11 Typical temperature output and first order derivative traces obtained during electrical cartridge heater test.

다. 먼저 혼소개시시간을 살펴보면, 모든 혼합비에 있어서 난연제의 함량이 증가할수록 혼소개시시간이 늦게 나타났으며 Alum의 함량이 증가될수록 혼소개시시간이 길게 나타나는 경향이 있다.

두 실험결과를 비교해 볼때, 앞에 제시된 실험 조건에서 혼소저항성을 갖는 즉 SR에 해당하는 혼소개시시간의 최소치는 28분이었다. 이 값은 다른 시료의 혼소특성을 측정할 때 혼소저항이 SR인 경우의 기준으로 제시 할 수 있겠다.

그러나, SR을 제외한 다른 상대혼소비와 혼소개시시간의 값 사이에 어떤 상관관계를 유출하기는 불가능 하였으며 그 원인은 두 실험사이의 발화기구의 차이에 기인된다. 이는 발하원이 담배인 경우는 담배에서 발생한 훈염(smouldering flame) 이 셀룰로오스를 통해 전파되다가 담배가 시료 접촉부분에서 연소되어 버리면 열원이 소실되는 반면, 히터의 경우는 전도와 축열에 의해 혼소가 전파되는 현상을 나타내므로 두가지 경우의 혼소전파 기구에 따라 Alum이 각기 다른 난연 효과를 나타낸 것으로 판단되어 진다. 즉, 담배에 의한 혼소저항성 측정실험은 발하원이 담배인 관계로 초기에 높은 온도를 나타내다가 주위의 시료의 연소가 계속되지 않을 경우 쉽게 소화되지만 히터의 경우 시간의 경과에 따라 축열과정에 의해서 온도가 계속 상승되는 현상을 나타내다가 히터 주변의 시료가 다 타버린 후에는 시료와 히터 사이에 공간이 생겨 전도에 의한 열전달 보다는 대류에 의해 의존되므로 열전달이 줄어들지만 열원이 소실되지 않는 현상을 나타내기 때문이다.

3.3.4 난연제의 함량에 따른 혼소온도

셀룰로오스 단열재의 혼소온도는 카드릿치 히터의 온도를 일정하게 유지시킨 상태에서 시료의 온도변화를 기록하여 혼소에 의한 발열피크가 생성되는 최소의 온도를 구하였다. 대표적으로 시

Table 3 Smouldering initiation times and relative rates of smouldering of cellulose insulations treated with BA-B-Alum system.

SIT:Smouldering Initiation time(Min.)

RRS:Relative Rates of Smouldering(Blank=1)

Treatment Com- position	Total Treatment Level in Parts Per 100 of Cellulose Insulation							
	6		12		18		24	
BA:B:Alum	SIT	RRS	SIT	RRS	SIT	RRS	SIT	RRS
2 : 1	22	0.80	24	0.25	28	SR	38	SR
6 : 3 : 1	24	0.70	26	0.22	28	SR	34	SR
2 : 1 : 1	22	0.48	26	0.18	29	SR	36	SR
2 : 1 : 2	24	0.36	29	SR	31	SR	37	SR

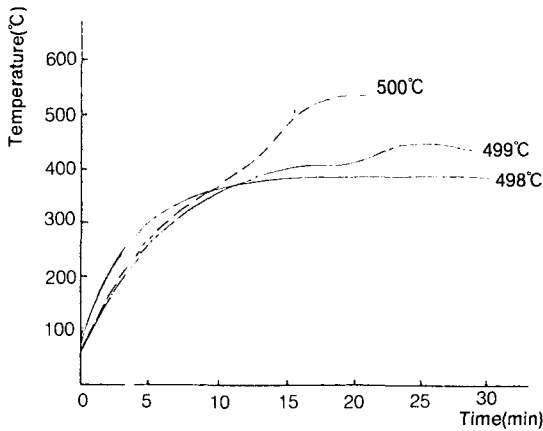


Fig.12 Change of temperature profile on B-12 cellulose insulation with heater temperature.

료 변화가 B-12인 경우의 시간에 따른 온도변화 곡선을 Fig.12에 나타내었다. 온도가 498°C로 일정하게 유지된 히타를 시료의 중심부에 넣었을 때, 시료의 온도는 히타에서 발생되는 열에 의해 상승되다가 일정하게 유지되면서 시료에서 발생되던 연기도 없어졌다. 이 경우 시간이 계속 흘러도 혼소연소가 일어나지 않았다. 그러나, 499°C인 경우는 시료의 온도는 혼소에 의해 발생

된 열에 의해 계속 상승되어 발열피크를 나타내다가 히타 주위의 시료가 연소되므로서 탄소질이 형성되어 열전도가 좋지 않아 온도가 하락되었다. 500°C의 경우는 혼소가 활발히 일어나서 이 로인한 발열피크도 컸으며 많은 연기도 수반하였다. 본 실험의 경우, 혼소온도는 최초로 혼소가 일어나는 499°C로 간주하였으며 또한 이때의 혼소 개시시간은 이 온도에서의 미분치의 피크값을 나타내는 시간으로 정의하였다.

난연제의 함량에 따른 혼소온도의 측정결과를 Fig.13에 나타내었다. 난연제가 혼합되지 않은 순수 셀룰로오스의 혼소 온도는 480°C이었으며, 난연제의 첨가 함량에 비례하여 혼소온도는 직선적으로 증가하였다. 또한 A 시료의 경우 보다 Alum이 첨가된 B, C, D시료의 혼소온도가 약간 높은 온도를 나타내었으나, 혼합비에 대한 영향은 무시할 만 하였다.

3.4 화염저항측정

셀룰로오스단열재의 화염연소 저항을 측정된 결과를 Table 4에 나타내었다. 난연제의 함량이 증가함에 따라 LOI값은 증가하였으며, B-A-B계 보다 Alum이 첨가된 시료가 더 큰 LOI값을 나타

내어 화염에 대한 저항이 좋은 것으로 나타났다. 캐나다의 규격 ULS 102.2에 의해 구한 FSC(flame spread classification)값에 대한 LOI의 상관관계를 보면, 셀룰로오스 단열재가 화염저항을 갖으려면 FSC가 100이하가 되어야 하는데 이

에 상응하는 LOI값은 23이상이어야 한다고 하였다. 그러나 두 실험방법의 차이를 고려하여 일반적으로 사용될 수 있는 셀룰로오스 단열재의 LOI값은 26이상으로 보고있다. 표에 나타난 결과를 보면 혼소저항성을 갖는 경우의 시료(Table 2 참고) 경우 모두 화염저항성을 갖는 것으로 나타났다.

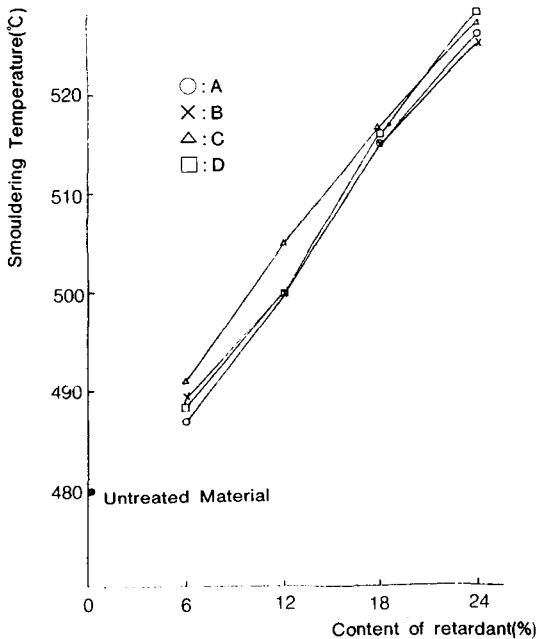


Fig.13 Effect of treatment level on smouldering temperature of cellulose insulation treated with BA-B-Alum system.

4. 결론

석면 대체용 단열재인 Boric acid-Borax계 셀룰로오스 단열재의 제3의 난연제로서 Alum를 첨가시켜 연소특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 밀도측정 결과, 같은 첨가량의 경우 Borax의 함량이 증가함에 따라 밀도가 증가하는 경향을 나타내었으며, 모든 시료의 밀도는 셀룰로오스 단열재의 허용밀도 범위를 만족하였다.
2. 난연제의 혼합비에 따른 시료의 감량비를 구한결과, Alum의 첨가함으로써 시료의 혼소저항성이 향상되었다는 것을 알 수 있었으며 2:1:2의 시료의 경우 12%의 난연제를 첨가하였을 때 이미 혼소저항성을 나타내었다.
3. 히타를 이용한 혼소저항 측정 실험에서 히타

Table 4 LOI values of cellulose insulation treated with BA-B-Alum system.

Treatment Composition B.A.:B.:Alum.	Total Treatment Level in Parts Per 100 of Cellulose Insulation			
	6	12	18	24
2 : 1	22	25	27	29
6 : 3 : 1	26	29	33	35
2 : 1 : 1	25	28	31	33
2 : 1 : 2	27	30	34	35

- 의 전압이 80V(24W)이고, 열전대가 히타로부터 1cm 떨어진 곳에 위치할 때 가장 좋은 혼소 발열피크를 얻을 수 있어 혼소개시 시간의 측정조건으로 정하였다.
4. 담배를 이용한 실험결과와 히타를 이용한 결과를 비교했을 때, 실험조건에서 셀룰로오스 단열재의 혼소 시작되는 최소시간은 28분이었다.
 5. 셀룰로오스 단열재의 혼소개시온도는 499°C이었으며, 난연제의 첨가량에 비례하여 혼소온도는 직선적으로 증가하였다. 한편, 혼합비에 대한 영향은 무시 할만 하였다.
 6. 시료의 LOI 값을 측정한 결과, 혼소저항성을 갖는 경우 모두 26이상의 값을 나타내어 화염저항성을 갖는 것으로 나타났다.
 7. BA-B계에 제3의 난연제로서 Alum를 첨가하였을때, 상대혼소비와 혼소개시시간 및 혼소온도 및 최소산소지수(LOI) 값의 비교로부터 Alum이 셀룰로오스 단열재의 혼소저항성 및 화염저항성을 향상 시켜 BA-B계에 대해서 제3의 난연제로서의 적합하다는 것을 알 수 있었다.

후 기

이 연구는 1990년도 한국과학재단 일반연구에 의한 결과입니다.

과제번호 : KOSEF 901-1008-0301-1 기타

참고문헌

1. 안종주, “석면공해”, 38, 동화기술, (1989)

2. 안종주, “석면공해”, 145, 동화기술(1989)
3. ASTM E 84-75 “Surface Burning Characteristics of Building Materials”(1975)
4. Gemal Serivce Administration (GSA) Federal Specification HH-1-515D, Insulation Thermal-(Loose Fill for Pneumatic of Pouring Application) Cellulose or Wood Fiber(1978)
5. M.Day, T. Suprunchuk and D. M, Wiles, “A Technique for Evaluation the Smoulder Resistance of Loose Fiber Fill Cellulose Insulation,” J. Cons. Prd. Flam 6, 233, (1979)
6. Canadian Government Specification Board. Standard for Thermal insulation, Cellulose Fiber, Loose Fill. 51-GP-60M April(1979)
7. R. W. Andesson and W. Freischel, “Evaluation of the Propose Smouldering Testing Methodology for Cellulose Insulation.” J. Therm. Insulation, 2, 7, (1978)
8. M. Day and M. Wiles, “Combustibility of Loose Fiber Fill Cellulose Insulation III.” J. Con. Pro. Flam. 6, 105(1979)
9. W. Sprague, “Present Varibilit in Chemical Add-on in the Cellulose Insulation.” J. Therm. Insulation, 2, 179(1979)
10. M. Day, T. Sprunchuk and D. M. Wiles, “The Use of the National Research Council of Canad’S Carpet Flammability Apparatus for Measuring the Flammability of Loose Fiber Fill Cellulose Insulation. “J. Cons. Prd. Flam. 6, 165(1979)
11. M. Day, T. Suprunchuk and D. M. Wiles, “A Combustibility Study of Cellulose Insulation.” J. Therm. Insulation, 3, 260,(1980)
12. M. Day, T. Suprunchuk and D. M. Wiles, “The Fiber Properties of Cellulose Insulation.” J. Therm. Insulation, 4, 157(1981)