

A-11 중밀도용 섬유판재의 발화특성에 관한 연구

오규형*, 강영구*, 인세진**, 최돈묵***

* 호서대학교 제3공학부

** 우송공업대학 소방안전관리과

*** 경원전문대학 소방안전관리과

Ignition Properties of Medium Density Fiberboard

K. H. Oh*, Y.G. Kang*, S.J. In**, D.M. Choi***

*Dept. of Fire Protection Eng., Hoseo University

**Dept. of Fire Safety Management, Woosong University

*** Dept. of Fire Safety Management, Kyungwon University

1. 서 론

중밀도 섬유판재는 일반적으로 MDF(Medium Density Fiberboard)로 알려져 있으며 목재를 섬유화하고 수지를 접착제로 하여 압착한 제품으로 비중이 0.4~0.8이다. 조밀한 구조를 가지고 있어 가공하기 쉽고 다양한 규격의 제품 생산이 가능하며 표면의 평활성이 양호하여 박판의 경우 용도가 다양하며 인쇄적용성이 좋다. 천연목재의 단점을 극소화 할 수 있고, 다른 재료와의 성형을 통해 신소재 개발이 용이하며 고급가구 실내장식 특히 곡면 성형재료로서 용도가 확대되어 지속적인 성장이 예상된다.

반면에 작업장에서 발생하는 섬유상의 퇴적물은 외부의 직접적인 착화원이 없어도 발화되어 화재나 폭발을 일으키는 소위 자연발화의 위험성이 있으며 특히 작업공정 중에 발생된 부유분진이 발생되어 기계중의 유분 등과 혼합되어 퇴적될 경우는 자연발화가 일어나기가 더욱 쉽게 된다.

그동안 목재의 주성분인 셀룰로오스 단열재의 연기발생 및 금속착물-셀룰로오스 복합단열재의 난연효과 등의 연구가 이루어졌다.

본 연구에서는 MDF의 생산공정 중 절단 공정에서 후드로 흡입되어 방출된 미세 섬유상의 시료를 가지고 시료용기의 크기 및 충전밀도 그리고 열전대의 위치 등을 변화시키면서 이때의 발화온도 변화의 특성과 변수들의 영향을 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에서 사용한 실험장치는 Fig. 1과 같이 되어 있으며 크게 나누어 온도 제어장치, 발화장치, 온도기록기로 구성하였다.

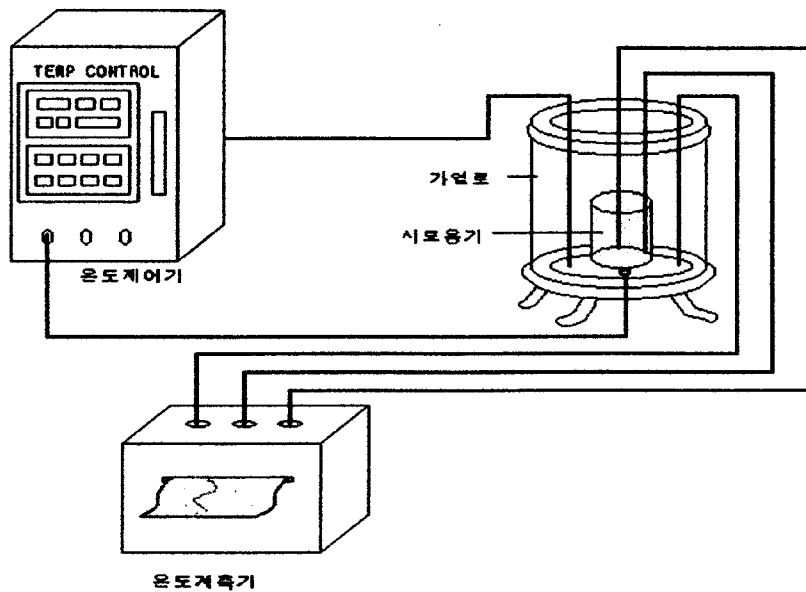


Fig. 1 Construction of the ignition temperature measuring system

온도제어장치는 발화온도를 측정기 위한 발화장치의 온도상승속도를 조절하는 장치로 온도상승속도를 필요에 따라 임의로 조정할 수 있도록 되어 있다.

발화장치는 1200W의 전기 가열선을 내화성 실린더에 길이 방향으로 등글게 그리고 균일하게 감았으며, 밑바닥은 300W의 열선을 부착하였다. 발화장치의 온도상승속도는 온도제어장치를 이용하여 프로그램 된 온도의 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 까지 조절이 되도록 하였다. 온도기록기는 타점식으로 최대 1000°C 까지 측정이 가능하며, 온도 측정을 위해 사용한 열전대는 CA Type으로 온도 제어장치에 연결하여 프로그램 한 대로 온도상승속도를 조절하고 또 시료 내부와 외부에 부착하여 발화장치내의 온도변화를 측정할 수 있도록 하였다.

시료용기는 50Mesh의 SUS철망으로 L/D가 1인 원통형으로 크기가 다른 3개의 시료용기를 제작하여 사용하였으며 시료용기의 규격은 Table. 1과 같다.

Table. 1 Cell size for use in ignition temperature determination

구 분	A	B	C
직 경 (mm)	40	50	60
높 이 (mm)	40	50	60

실험 방법은 MDF 분진의 발화온도 측정을 위해 시료를 실험하고자 하는 크기의 시료용기에 채운다. 시료를 채우는 방법은 용기에 시료를 손으로 뿌려서 담고 용기를 바닥에 서너번 내리쳐서 시료를 균일하게 채우는 방법인 Pouring method를 사용하였다. 가로, 세로가 일정한 용기에 시료를 채운 후, 시료가 담긴 용기를 104℃로 24시간 건조시킨 후 밀도를 측정하였다. 밀도(g/cm³)의 측정은 ASTM C519에 따라 측정하였다. 위 시료용기를 가열로의 중심에 넣고 Fig. 1에서 보는 바와 같이 시료를 담은 용기의 중심부와 중심에서 용기 외측과의 중간에 온도 기록을 위한 열전대를 일정한 깊이로 꽂는다. 이때 열전대가 움직이지 않도록 잘 고정시킨다. 가열로의 상부를 덮어 열 손실을 방지하고, 내부온도 분포가 균일하도록 한다. 온도 제어장치는 총 가열시간을 120분으로 하고 온도상승속도는 각각 3, 4, 5℃/min으로, 각각의 온도범위는 20~380℃, 20~500℃, 20~620℃로 조절하였다. 위와 같이 준비가 된 후 온도기록계, 가열로, 온도제어장치의 스위치를 ON 한다. 가열로 안에 있는 시료가 발화되면 온도기록계, 가열로, 온도제어장치를 OFF한다. 온도기록계에 의해 기록되어진 발화온도를 측정한다. 발화온도의 측정은 프로그램 된 온도와 같이 상승하다가 급격히 온도가 상승하는 부분의 변곡점 온도를 발화온도로 하였다. 실험은 각 종류의 시료용기에 대하여 시료의 밀도를 2종류로 각 밀도에서 3회씩 실험한 평균값을 측정하였다. 다음 Table. 2는 MDF의 발화온도 측정을 위한 시료 및 실험조건들이다.

Table. 2 Dimension of the sample reservoirs

size (지름mm×높이mm)	Reservoir wt (g)	Sample wt (g)	Vol (cm ³)	Density (g/cm ³)
40×40	5.752	1.488	50.265	0.03
		3.277		0.065
50×50	8.361	2.906	98.175	0.03
		6.401		0.065
60×60	11.899	5.051	169.646	0.03
		11.035		0.065

3. 결과 및 고찰

3.1 각 용기에 대한 시료 충전밀도와 발화온도와의 관계

시료 용기의 크기와 시료의 충전밀도에 따른 발화온도와의 관계에 대한 실험결과인 Table. 3을 살펴보면, 시료용기가 A에서 3℃/min으로 온도 증가시 밀도가 0.03g/cm³인 시료는 발화온도가 270℃이고 밀도가 0.065g/cm³인 시료의 발화온도는 225℃으로 밀도가 높으면 발화온도가 낮은 것으로 나타났다. 또 시료용기 C에서 밀도가 큰쪽이 발화온도가 낮은 것을 볼 수 있는데 이는 밀도가 크면 열의 방출이 어렵고, 발화되기까지 필요한 축열이 쉽기 때문으로 생각된다.

또한 용기의 크기가 클수록 발화온도가 낮아지는 경향을 보이고 있는데 이는 시료의 양이 많아질수록 축열이 용이하여 발화온도가 낮아지는 것으로 생각된다.

Table. 3 Ignition temperature of MDF in different density

용 기	밀 도 (g/cm ³)	3℃/min	4℃/min	5℃/min
		발화온도(℃)	발화온도(℃)	발화온도(℃)
A	0.03	270	280	275
	0.065	250	250	230
B	0.03	270	275	280
	0.065	225	220	220
C	0.03	285	280	270
	0.065	210	200	220

3.2 시료 충전부피와 발화온도와의 관계

부피에 따른 발화온도는 밀도가 0.03g/cm³일 때 부피를 달리하여 발화점을 측정한 결과 부피가 50.265cm³에선 발화점이 275℃이었고 부피가 169.646cm³일 때는 발화점이 270℃이었다. 또한 밀도가 0.065g/cm³에선 50.265cm³일 때는 발화온도가 230℃. 부피가 169.646cm³에선 220℃로 나타나 부피가 커짐에 따라서 발화온도가 5~10℃정도 낮아져 동일밀도에서는 부피가 커짐에 따라 발화온도가 감소됨을 알 수 있다. 이는 부피가 클수록 열을 받는 면적이 커지고, 내부에 축적되는 열이 방출되는 열보다 많기 때문인 것으로 생각되며, 부피가 작아짐에 따라 발화유도시간과 시료중심의 최고 온도에 도달하는 시간이 짧아지고 있는데, 이는 시료층의 두께가 얇을수록 시료표면에서 중심까지의 열전달이 빨라지기 때문인 것으로 생각된다.

Table. 4 Ignition temperature according to the sample volume

밀도 (g/cm ³)	부피(cm ³)	발화점 ℃
0.03	50.265	275
	169.646	270
0.065	50.265	230
	169.646	220

3.3 가열속도에 따른 발화온도

일반적으로 가열속도가 낮은 경우 자연발화는 열이 중심에 모이기 때문에 온도분포의 최대치는 저온가열 같이 중심에서 발생된다.

그러나 본 연구의 실험조건은 3, 4, 5℃/min의 온도상승조건을 주었으며, 이러한 경우 가장 낮은 경우인 3℃/min증가가 한시간 경과 후에 180℃의 고온이 된다.

가열속도가 높은 경우에는 중심에 열축적보다 외측의 온도가 더 높으므로 발열반응이 외면에 가까운 부분으로부터 외측으로 벗어나게 된다. 이는 Fig. 2에서와 같이 시료용기 A에서 열전대를 중심과 외측과의 중심(바깥쪽)에 설치하고 실험한 결과로 외측의 발화온도는 270℃이고 중심쪽의 발화온도는 230℃인데 이는 외측은 직접적인 가열에 의해 온도가 높아질 뿐 아니라 열의 손실도 많게 되기 때문에 발화시간은 짧고 고온이 되는 반면 중심쪽에서는 열이 서서히 전달, 축적되어 발화시간은 길어지나 발화온도는 낮은 것을 볼 수 있다.

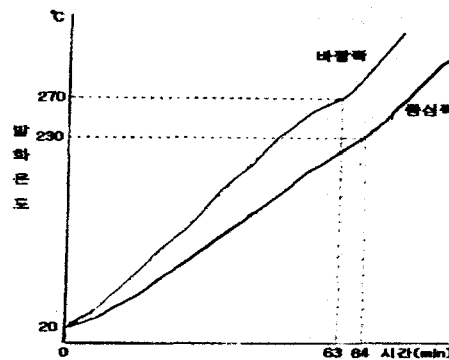


Fig. 2 Ignition temperature according to the thermocouple position
(density : 0.03g/cm³, vessel : A)

4. 결 론

이상의 연구 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 시료에 부착한 열전대선에 의한 발화 온도 비교시 가열로에서 가까운 외측이 받는 온도가 높기 때문에 시료의 중심이 시료의 외측보다 온도가 낮았으며 발화되는 시간도 길어졌다.
- (2) MDF시료밀도가 0.03~0.065g/cm³일 경우 발화온도는 210~285℃ 사이였으며 시료의 밀도가 커질수록 발화온도는 낮아진다.
- (3) 시료의 부피가 커짐에 따라 수열면적의 증가와 열의 축적이 용이하여 발화 온도가 낮아지고 발화시간도 감소하였다.
- (4) 온도상승속도가 클수록 발화시간은 감소하였으나 발화온도는 증가하였다.

참고문헌

1. A. Williams, "Flame Retardant Coating and Building Materials", ndc, NJ USA, (1978)
2. A. Yehaskel, "Fire and Flame Retardant Polymers Recent Developments", ndc, NJ USA, (1979)
3. J. Green, "Phosphorus-Bromine Flame Retardant Synergy in a Polycarbonate", J. Fire Sci., vol. 10, pp. 470~487, (1992)
4. A. Tewarson and D.P. Macaione, "Polymers and Composites-An Examination of Fire Spread Generation of Heat and Fire Products", J. Fire Sci., vol. 11, pp.421~441, (1993)
5. 김홍, 강영구, "셀룰로오스 단열재의 연기발생에 관한 연구", 한국산업안전학회지 vol. 9, No.2, (1994)
6. 김홍, 강영구, "금속착물-셀룰로오스 복합 단열재의 난연 효과 연구", 한국산업안전학회지 vol. No. 3, (1995)
7. P. Gray, P. R. Lee, "Thermal Explosion theory", Oxid. Comb. Rev., 2, 1 Elsevier (1968)
8. D. A. Frank-Kamenetskii "Diffusion and Heat Transfer in Chemical Kinetics", Plenum Press (1969)
9. A. G. Merzhanov, A. E. Averson Comb. Flame, 16,89 (1971)