

Antimony Trioxide가 添加된 耐火塗料의 塗膜이 木質 板狀材料의 耐火性에 미치는 影響*1

尹 榮 基 · 李 弼 宇*2

Effects of Antimony Trioxide-containing Coating on Fire Retardancy of Wood-based Materials*1

Young-Ki Yun · Phil-Woo Lee*2

ABSTRACT

In this study, the relative effectiveness of antimony trioxide-containing coat on fire retardancy of plywood, particleboard and medium density fiberboard was investigated and compared through ISO ignition test and inclined panel test with non-coated ones.

The results obtained were summarized as follows :

Any treated materials was not ignited in inclined panel test with 5 minutes, but only particleboard among treated ones burned in ISO ignition test with fairly delayed time. The weight loss rate of plywood decreased with the increased addition level of fire-retardant and the least values were obtained in particleboard and MDF at addition level of 7% and 5% respectively. Carbonized area of wood based materials decreased with the increased addition level of fire retardant. The temperatures of back in plywood, particleboard treated with fire-retardant coat containing 7% Sb₂O₃ showed the lowest but MDF did not show any effectiveness with the increased addition level. The first flash time of plywood treated with fire retardant coat containing 9% Sb₂O₃, MDF and particleboard treated with fire retardant coat containing 7% Sb₂O₃ were 257sec., 286.4sec., 165.4sec. respectively.

Keywords : fire retardancy, ISO ignition test, inclined panel test, weight loss rate

1. 緒 論

木材와 木質材料는 대표적인 可燃性 物質로써 火焰에 노출되면 분해가스와 분해산류물로 分解된다. 이때 열로 인하여 분해되어 발생하는 가

스는 有炎燃焼을 하게 되고 분해산류물들은 無炎燃焼을 하게 되기 때문에 木材와 木質材料들은 화재에 의해 심각한 被害를 입게 된다. 耐火塗料는 피도불에 가해지는 열에너지를 차단하므로 可燃物質의 熱分解를 막는 發泡性 耐火塗料와 有炎燃焼過程 및 無炎燃焼의 과정을 抑制하

* 1. 接受 1992年2月18日 Received February 18, 1992

* 2. 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

이 火災의 擴散을 억제하는 非發泡性 耐火塗料로 나눌 수 있는데 이들은 일정 시간동안 火災 으로부터 木材와 木質材料들을 保護하는 기능을 부여하게 된다. 發泡性 耐火塗料는 가열에 의해 塗膜이 軟化되고 塗膜中의 發泡成分이 열분해에 의한 가스가 發生하면서 塗膜의 팽창을 야기시킨 후 탈수제와 탈수소제의 작용으로 인해 塗膜이 탄화되어 不燃性的 斷熱層을 이루게 되기 때문에 火災에 의한 木材의 직접적인 溫度上昇을 지연시키고 木材의 發火點까지의 시간을 연장시키게 된다. 반면 非發泡性 耐火塗料라는 것은 塗膜이 燃燒되지 않는 성질을 지니고 있기 때문에 火源을 除去하면 자연적으로 塗膜의 燃燒가 정지되는 自己消火性 塗料를 말하는 것이다.

지금까지 木材나 木質材料에 실시되어 온 내화처리에 관한 研究들을 보면 다음과 같다. Christianson¹¹⁾은 clay, zinc oxide를 包含하는 水溶性의 paint에 40% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 를 첨가하는 방법을 시도한 바 있었으며 lumber에 耐火效果를 附與하기 위하여 aminoplast resin에 $\text{NH}_4(\text{HP-O}_4) \cdot \text{NH}_2(\text{CH}_2)_5\text{COONH}_4$ 를 첨가하는 방법이 Muller과 Krisch에 의해 開發되었다. Vander-sall¹²⁾은 Douglas fir 합판에 alkyd resin으로 下塗塗裝을 행한 후 latex-based 發泡性塗料로 塗裝하였을 때가 alkyd paint나 latex paint를 단독으로 塗裝하였을 때 보다 현저하게 flame rating이 적음을 보고하였다. Alexion¹³⁾ 등은 *Pinus radiata*를 心材와 邊材로 나누어 내화제로 amino resin을 使用하였을 때 불의 擴散과 가스의 發散이 效果적으로 감소됨을 報告하였다. 平田 등은 합판에 5%와 30%의 diammonium phosphate를 처리하였을 경우 重量減少率, 熱放出 比率 그리고 가스방출에 있어서는 효과가 있었으나 5% diammonium phosphate로 처리하였을 때는 합판의 mass burning rate가 오히려 높아진다고 報告하였다. 川井 등은 耐火處理한 低比重(0.3, 0.4)의 파티클보드를 isocyanate compound 接着劑로 製造한 후 내화성을 검토한 결과 이들의 耐火性은 比重 0.7의 시판용 파티클보드와 비슷함을 報告하였다. Saxena와 Gupta¹³⁾는 ammonium phosphate와 Dicyandiamide이 포함된 내화도료를 제조하고 이를 합판과 섬유판, 素材에 처리하여 이들의 내화처리효과와 시간변화에 따른 온도상승을 측정 보고하였다.

한편 국내의 연구동향을 보면 李와 權²¹⁾은 합

판의 표면에 난연수지를 처리한 후에 top-coating을 실시하고 building material combustibility tester와 inclined panel tester를 이용하여 실험한 결과 BMCT보다는 IPT가 重量減少率과 殘炎時間의 結果가 더 뚜렷하였으며 着炎時間은 塗布處理量의 增加에 따라 증가하는 傾向이 있다고 報告한 바 있다. 또한 李와 權²²⁾은 파티클보드에 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 와 min-alith를 耐火藥劑로 使用하여 耐火度를 測定한 結果 minalith를 처리한 파티클보드가 效果가 優秀함을 研究報告하였으며 權과 李²³⁾는 파티클보드와 comply-board에 여러 약제로 耐火處理하여 調査한 결과 불꽃의 길이, 炭化面積 및 重量減少率은 藥劑間의 差異에 따른 효과가 없음을 報告하였다.

耐火塗料에 첨가되는 첨가제들은 火災시 火災의 확산을 自己消火性 기능으로 억제하거나 火災가 擴散될 때까지의 시간을 지연시킴으로써 가연성을 지니는 木材의 短點을 補完할수 가 있기 때문에 우리 주변에서 쉽게 접할 수 있는 많은 內裝材중 木材와 木質材料들이 차지하는 비율이 적지않음을 고려해 볼 때 耐火處理가 매우 중요함을 인식할 수 있을 것이다.

따라서 本 實驗에서는 耐火塗料에 添加되는 첨가제중 antimony compound계통의 삼산화안티몬(Sb_2O_3)을 염화고무係 塗料에 첨가하여 배합한후 이들을 대표적인 木質板狀材料인 합판, 파티클보드, 중밀도섬유판의 表面에 塗布하고 그 내화성을 傾斜板試驗機와 ISO 着火性試驗機를 利用한 두가지 試驗方法을 통하여 얻어진 結果를 比較 分析하여 antimony trioxide의 添加가 재료간에 따른 연소저항성에 어떤 影響을 미치는가를 究明하고자 실시하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試材料

供試材料로는 一般 市中에서 市販되고 있는 두께 12mm의 합판(plywood), 파티클보드(particleboard), 중밀도섬유판(MDF)을 使用하였으며 그 각각의 比重과 含水率은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

2.1.1 供試塗料와 耐火塗料添加劑 및 塗裝工程

供試塗料로는 某 企業에서 分讓받은 chlorinated rubber resin係 塗料를 使用하였으며 耐火塗料添加劑는 Antimony trioxide를 내화도료에 각각 5%, 7%, 9%를 첨가하였다. 공시재료

는 溫度 20℃, 相對濕度 60±2%의 항온항습기에서 14日間 보관하여 함수율 8-9%로 조정 (Table 1)한 후 내화도료를 도포하였는데, 1회 도포량은 100g/m²으로 4회 塗裝하였으며 塗裝工程은 표 2와 같다.

塗裝이 완료된 공시재료는 溫度 20℃, 相對濕度 60±2%의 항온항습기에서 20日間 調濕處理한 후 傾斜板 試驗과 ISO 着火性試驗을 수행하였다.

2.2 實驗方法

2.2.1 傾斜板 試驗機를 사용한 測定

本 實驗에서 사용한 測定裝置의 크기와 傾斜角은 fig. 1과 같으며 加熱機는 분젠버너를 사용하였으며 試驗片의 크기는 200mm×200mm 이었고 측정은 5반복을 실시하였다. 분젠버너의 燃料로는 一般 家庭用 프로판 가스를 사용하였으며 버너에 供給하는 燃料의 흐름을 一定하게 調節할 수 있도록 가스조절기와 중간밸브를 설치하였으며 이때 분출시킨 가스의 流壓은 2.4kgf/cm²로 一定하게 하였다.

傾斜板 試驗裝置에 試片을 裝置한 後 분젠버너를 點火시켜 靑色炎이 되도록 한 후 연소염의 길이가 18cm가 되도록 조절한 불꽃을 燃燒炎으로 利用하였다.

Table 1. Average moisture content and specific gravity of tested materials

Type of material	MC(%)	Sp.gr*
Plywood	8.44	0.70
Particleboard	8.93	0.67
MDF	8.67	0.71

* Based on oven dry volume

Table 2. Finishing process of test board

Process	Treatment method	Drying time	Solid content
Sanding	Sand paper #180		
Under Coating	Brush coating (2 times)	2 hrs	40%
Sanding	Sand paper # 240-320		
Top Coating	Brush coating (2 times)	4 hrs	39%

傾斜板 試驗裝置를 使用한 試驗에서 調査한 項目은 着火時間, 殘炎時間, 表面의 炭化面積, 試驗片의 重量減少率이었으며 重量감소율은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{Weight loss rate (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

여기서

W₁: Weight before test (g)

W₂: Weight after test (g)

表面에 塗布된 耐火塗料가 火炎에 노출될 때 나타나는 試驗片의 온도변화를 간접적으로 측정하기 위하여 背板의 溫度上昇變化를 thermocouple sensor를 裝置하여 測定하였다.

2.2.2 ISO 着火性試驗機를 사용한 實驗

ISO着火性器機는 日本 東洋精密所 製品으로 輻射熱에 의한 着火性을 評價하기 위하여 使用되었다. 시편의 크기는 165mm×165mm로 하였으며 측정 반복수는 5회로 하였고 試驗片 表面에 收熱되는 輻射 level은 2W/cm²로 고정하였으며 최고 7분까지 輻射熱을 供給하였다. 이 試驗에서는 着火時間과 4초미만의 화염이 생기는 최초 flash시간을 측정하였다.

2.2.3 塗料의 成分分析 및 溶劑分析

2.2.3.1 GC에 依한 溶劑의 分析

溶劑의 成分分析을 위하여 美國 Varian社의 GC-3700을 使用하였으며 column은 5% OV-1 packing material을 충전시켰다. detector는 flame ionization detector(FID)를 利用하였고 carrier gas는 helium을 利用하였으며 injec-

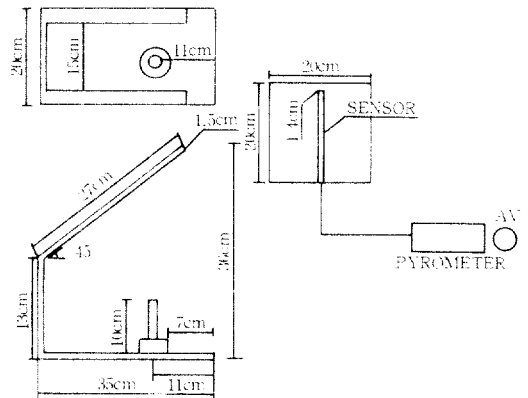


Fig. 1. Apparatus for inclined panel tests.

tor point의 溫度는 230℃, column은 220℃로, detector는 250℃로 設定하였다. 이 분석으로 얻어진 용제의 성분은 metyliso-butylketone이 57.5%, xylen이 42.5%인 것으로 판명되었다.

2.2.3.2 FT-IR에 의한 塗料의 분석

耐火塗料의 成分을 確認하기 위하여 FT-IR Spectroscopy를 測定하였으며 측정 기기는 미국 Digilab社의 모델 FT-IR FTS-60을 使用하였다. 2870cm⁻¹에서 alipatic C-H진동이 나타났으며 1274.0~1303.0cm⁻¹에서 rubber와 Cl이 결합된 CHCl에서의 C-H진동이 확인되었으며 742.6cm⁻¹에서 C-Cl진동이 나타났다.

2.2.3.3 DSC에 의한 塗料의 분석

塗料의 유리轉移溫度(Tg)와 melting point의 溫度(Tm)을 조사하기 위하여 미국 Dupont사의 DSC-1090모델을 사용하였는데 上昇溫度 10℃/min, 窒素가스(N₂)下에서 -20℃부터 200℃까지 測定하였으며 그 결과를 보면 7%, 9% Sb₂O₃를 첨가한 도료의 Tg점이 40.4℃와 46.7℃ 였는데 그 첨가량이 많아질수록 높아지는 경향을 보여 주었으며 Tm은 처리가 증가함에 따라 161.7℃, 167.1℃, 168.8℃를 보였으므로 삼산화안티몬의 첨가량이 많은 도료일수록 열안정성이 높다고

Table 3. Combustible properties of materials in inclined panel test

Treat level	Mat.	Ignition time (sec.)	Flame ex-hausted time(sec.)	Weight loss rate (%)	Carbonized area (cm ²)
Control	Ply.	138.0	7.2	4.12	105.3
	PB	85.0	5.4	5.68	121.6
	MDF	55.8	4.8	6.15	115.3
A	Ply.	0	0	3.03	102.4
	PB	0	0	2.96	103.0
	MDF	0	0	4.38	112.9
B	Ply.	0	0	2.42	97.3
	PB	0	0	2.82	102.2
	MDF	0	0	4.59	112.5
C	Ply.	0	0	2.35	96.8
	PB	0	0	2.83	102.1
	MDF	0	0	4.45	111.3

* Mean value from five replications

A: 5% addition of Sb₂O₃

B: 7% addition of Sb₂O₃

C: 9% addition of Sb₂O₃

판단되었다.

3. 結果 및 考察

3.1 傾斜板 試驗機를 使用한 測定

3.1.1 着火時間 및 殘炎時間

對照보드의 着火時間은 합판이 138초, 중밀도 섬유판이 55.8초, 파티클보드는 85초로 측정되었으며 殘炎時間은 着火時間과는 달리 逆順으로 나타나 합판이 7.2초, 파티클보드가 5.4초, 중밀도 섬유판은 4.8초로 測定되었다. 해리된 펄프로부터 제조된 중밀도 섬유판은 相對的으로 소재나 소재에 더 가까운 형상을 지니는 합판이나 파티클보드보다 燃焼에 더 약한 傾向을 본 實驗에서 나타냈으며 이는 李 등의 酸素指數法을 이용한 測定에서 파티클보드가 합판보다 燃焼에 다소 약하다는 結果와 一致되고 Saxena와 Gupta의 합판과 섬유판의 實驗結果와도 一致하고 있다.

antimony trioxide가 5%, 7%, 9% 첨가된 塗料로 塗裝된 모든 보드는 5分 以內에 전혀 着火되지 않았으며 따라서 잔염시간도 측정되지 않았는데 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

3.1.2 重量減少率

對照보드에 있어서 重量減少率은 중밀도 섬유판이 6.15%로 합판의 4.12%보다 2.03% 더 크게 나타났고 파티클보드는 5.68%의 重量감소율을 보였으나 중밀도 섬유판과 파티클보드의 重量감소율의 차이는 나타내지 않음을 알 수 있었다. 반면에 합판은 파티클보드와 중밀도 섬유판의 重量감소율보다 1%의 유의수준에서 더 작은 것으로 나타났다.

각 보드별 antimony trioxide 처리수준에 따른 重量감소율을 보면 9% 添加된 塗料로 도포한 합판의 重量감소율은 2.35%로 5%, 7% 添加한 塗料로 처리한 경우의 3.03%, 2.42%보다 작았는데 이는 첨가제의 양이 증가함에 따라 重量감소율이 감소하는 경향을 보여주는 것으로 여겨졌다(Fig. 2). 그러나 처리합판과 대조합판 사이의 重量감소율에서는 차이가 나타남이 인정되었으나 antimony trioxide가 9% 添加된 塗料의 효과와 7%가 첨가된 塗料의 효과사이에는 뚜렷한 효과의 차이를 나타내지 못하였다. 파티클보드의 重量감소율을 보면 내화첨가제가 7% 첨가된 도료로 처리한 보드의 重量감소율은 2.82%로 5%, 9% 添加塗料로 처리한 보드의 重量감소율은 2.92%, 2.83%보다도 더 작은 結果

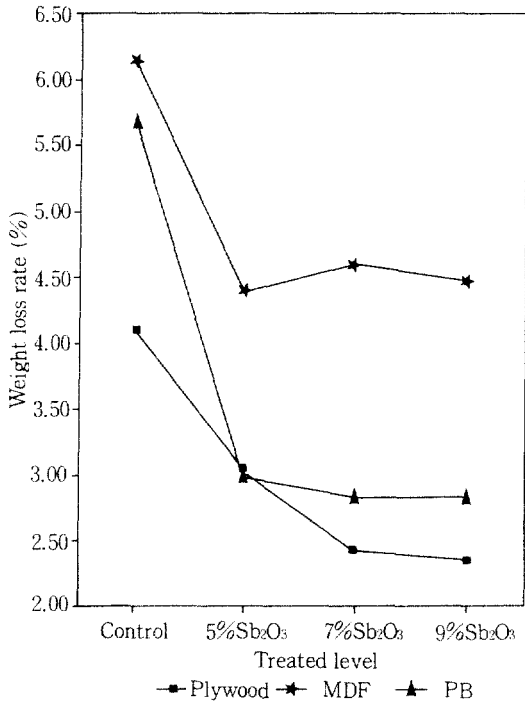


Fig. 2. Weight loss rate by addition level of Sb_2O_3 .

를 보여주었다. 처리파티클보드와 대조파티클보드 사이의 결과를 비교해 보면 처리에 따른 효과는 인정되었으나 처리수준에 따른 효과는 차이를 보이지 않았다. 중밀도섬유판은 antimony trioxide가 5% 첨가된 塗料로 도포한 경우의 중량감소율이 4.38%를 나타내므로 7%, 9% 첨가된 塗料로 처리한 경우의 중량감소율 4.59%, 4.45%보다 더 작게 나타났으며 처리 중밀도섬유판과 무처리 중밀도섬유판사이에 처리에 대한 효과가 나타났으나 처리수준간의 효과는 인정되지 않았다.

합판의 중량감소율은 7%의 첨가수준까지 급격히 감소하였으나 그 이상에서는 미미한 변화를 보여주었으며, 중밀도섬유판과 파티클보드에서는 5% 첨가 수준에서 대조보드에 비해 급격한 중량감소율이 나타났으나 그 이상의 수준에서는 첨가량에 따른 변화가 인정되지 않았다.

3.1.3 炭化面積

耐火藥劑는 목재의 表面에 있어서 불꽃의 擴散速度를 상당히 低下시키는 特徵을 지니는 것으로 알려져 있기 때문에 대조보드와 처리보드

간의 연소에 따른 탄화면적의 관계를 조사한 바 표 3과 그림 3와 같은 결과를 얻었다. 표 3에 나타난 바와 같이 대조보드 가운데에서는 파티클 보드의 탄화면적이 $121.6cm^2$ 로 중밀도섬유판의 $115.3cm^2$ 과 합판의 $105.3cm^2$ 보다 큰 결과를 보였으며 이들 재료의 탄화면적 사이에서는 그 차이가 크게 나타남을 보여주어 재료에 따른 불꽃의 확산속도에 차이가 있음을 알 수 있었다.

처리수준에 따른 합판의 탄화면적은 antimony trioxide를 5% 첨가한 塗料로 처리된 합판이 $102.4cm^2$, 7% 첨가된 塗料로 처리한 경우가 $97.3cm^2$, 9% 첨가된 塗料로 도포한 경우가 $96.8cm^2$ 인 것으로 나타났는데, 이는 耐火添加劑의 첨가수준이 증가함에 따라 합판의 탄화면적이 감소하는 경향이 있음을 보여주는 것으로 여겨졌다. 한편 대조합판의 탄화면적과 5%첨가한 塗料로 도포한 합판의 탄화면적 사이에서는 그 차이가 인정되지 않았으나 7%와 9% 첨가한 塗料로 처리한 합판은 대조합판과 차이가 있음을 알 수 있었다.

중밀도섬유판의 탄화면적은 각 처리수준이

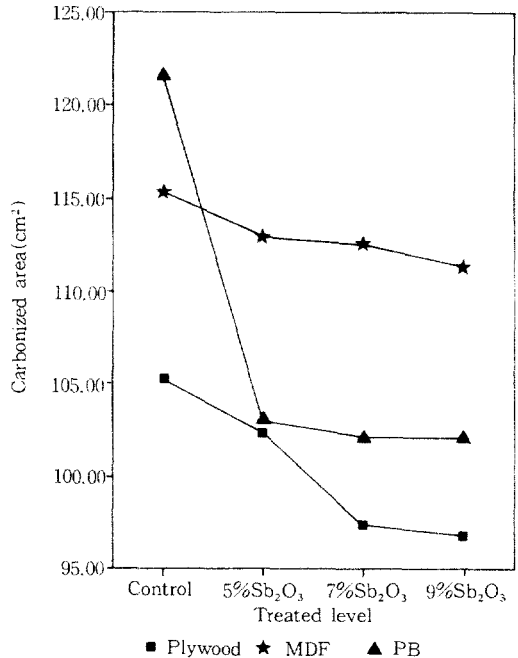


Fig. 3. Carbonized area by addition level of Sb_2O_3 .

5%에서 9%로 증가함에 따라 112.9cm², 112.5cm², 111.3cm²로 감소하였는데 각 처리수준간의 효과는 인정되지 않았으나 9% 添加한 塗料로 도포한 중밀도섬유판만이 對照보드와 차이가 있음을 보여주었다.

파티클보드에 있어서는 對照보드와 耐火添加劑 5% 첨가수준에서만 炭化面積이 감소하는데 유의성을 나타냈고 그 이상의 첨가수준에서 添加量에 따른 炭化면적의 減少效果가 認定되지 않았다.

3.1.4 背板의 溫度變化

대조보드 배판의 溫度上昇을 Table 4, Fig. 4에 나타내었는데 중밀도섬유판배판의 溫度변화는 60초일때 29.8℃, 90초일때 74℃로 44.2℃가 상승하여 같은 시간대 사이에서의 합판배판의 溫度상승 및 파티클보드 배판의 溫度상승보다 큰 폭으로 상승하였으며 120초까지의 중밀도섬유판 배판의 溫度상승은 거의 직선적으로 급격히 이루어졌다. 파티클보드의 경우에는 90초와 120초사이의 溫度상승이 33℃로 다른 구간의 溫度상승보다 가장 큰 폭으로 상승함을 보였으며 180초 이후 부터는 98℃로 일정하게 유지되었다. 합판배판의 溫度상승은 중밀도섬유판이나 파티클보드의 溫度상승보다 완만히 이루어졌으며 300초에 도달하여도 98℃에 이르지 못하는

결과를 나타냈다. 모든 보드에 있어서 배판의 溫度는 100℃를 넘지못하였는 바 이는 보드내의

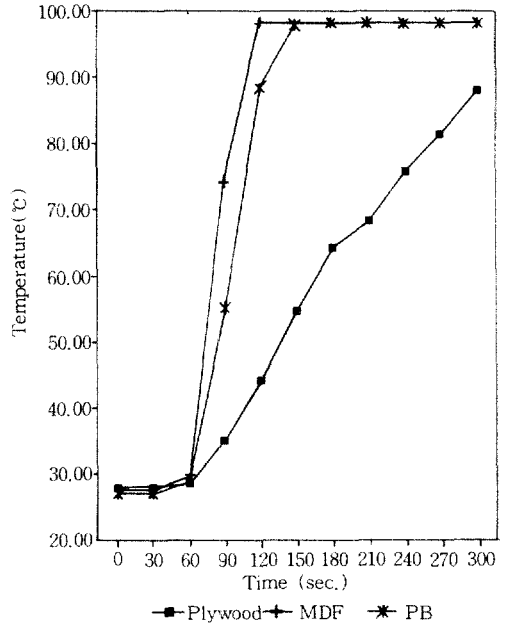


Fig. 4. Average back temperature of control materials.

Table 4. Average temperature of back inclined panel test (°C)

Treat level	Material	Time (sec.)										
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Control	Plywood	28.0	28.0	28.4	35.0	44.0	54.6	64.2	68.2	75.6	81.2	88.0
	PB	27.0	27.0	28.6	55.2	88.2	97.6	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
	MDF	27.6	27.6	29.8	74.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
A	Plywood	28.0	28.0	28.6	33.2	40.8	50.8	61.0	69.4	76.2	81.6	86.2
	PB	27.0	27.0	28.8	48.8	74.8	88.2	93.2	95.2	96.0	96.6	97.2
	MDF	27.8	27.8	30.2	73.6	95.8	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
B	Plywood	26.8	26.8	27.0	30.8	37.0	45.0	54.4	63.6	71.8	78.6	84.8
	PB	27.0	27.0	29.4	48.8	73.0	85.2	90.8	93.2	94.0	95.2	95.4
	MDF	28.0	28.0	32.0	73.2	97.4	97.8	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
C	Plywood	27.4	27.4	28.0	32.0	38.6	47.0	56.0	65.4	73.8	81.6	87.4
	PB	26.2	26.2	28.0	46.0	72.6	87.4	94.2	96.2	98.0	98.0	98.0
	MDF	27.8	27.8	35.6	73.3	97.6	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0

* Mean value from five replications

A : 5% addition of Sb₂O₃

B : 7% addition of Sb₂O₃

C : 9% addition of Sb₂O₃

함유 수분이 화염의 침투에 따라 수증기로 배출되는 증발열에 의한 것으로 생각되었다.

Fig. 5에는 5%의 antimony trioxide가 함유된 塗料로 도포된 각 보드의 배판온도상승곡선이 나타나 있는데 합판은 90초 이후부터 각 시간대에서의 溫度상승이 대조합판의 경우보다 작은 경향을 나타내었으며 300초에서의 배판의 溫度도 86.2℃로 대조보드의 88℃보다 낮게 측정되었다. 대조파티클보드의 배판온도가 98℃에 이르는 시간이 180초였는데 비하여 5%의 耐火添加劑가 첨가된 塗料로 도포한 보드의 溫度는 300초에서 97.2℃를 나타냄으로써 耐火塗料로 처리한 보드의 배판溫度가 무처리보드의 경우보다 溫度상승속도가 낮음을 알 수 있었으며 5% 첨가된 塗料로 처리한 중밀도섬유판배판의 온도역시 98℃에 이르는 시간이 150초로 對照 중밀도섬유판의 120초보다 지연되고 있음을 관찰할 수 있었다.

7%의 antimony trioxide가 添加된 塗料로 처리된 보드의 溫度상승은 Fig. 6에 도시하였으며 합판배판의 온도는 5%수준 처리보드의 溫度보다 각 시간대 별로 더 낮은 것으로 확인되었으

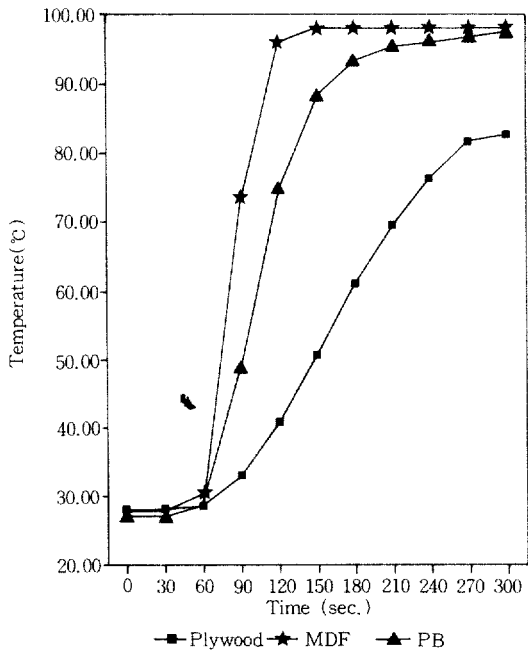


Fig. 5. Average back temperature of materials treated with fire retardant coat containing 5% Sb₂O₃.

며 300초에서의 배판온도가 84.8℃로써 對照합판보다 3.2℃ 낮게 측정되었다. 파티클보드배판의 온도상승을 보면 90초와 120초 사이에서의 溫度상승폭이 24.2℃로 대조파티클보드의 상승폭인 33℃보다 8.8℃정도 작게 상승하므로 온도상승이 더 완만함을 알 수 있었으며 300초에서의 溫度도 95.4℃로 대조파티클보드의 배판온도 98℃보다 낮은 온도를 나타내었다. 7%의 내화첨가제를 함유한 塗料로 도포한 중밀도섬유판배판의 온도상승은 대조보드 그리고 5%, 9% 첨가된 塗料로 처리한 중밀도섬유판의 溫度상승과 거의 차이가 없는 결과를 보였는데 이는 중밀도섬유판의 열전달속도가 빠른 것에 기인한다고 생각된다.

Fig. 7에는 9%의 antimony trioxide가 添加된 塗料로 처리한 배판의 溫度상승을 보여주고 있는데 합판, 파티클보드 그리고 중밀도섬유판의 경우 모두 7% 添加된 塗料로 처리된 보드의 溫度와 비슷하거나 약간 높은 溫度를 보여주고 있다.

재료에 따른 溫度상승곡선은 합판의 경우 Fig. 8에 파티클보드와 중밀도섬유판은 각각

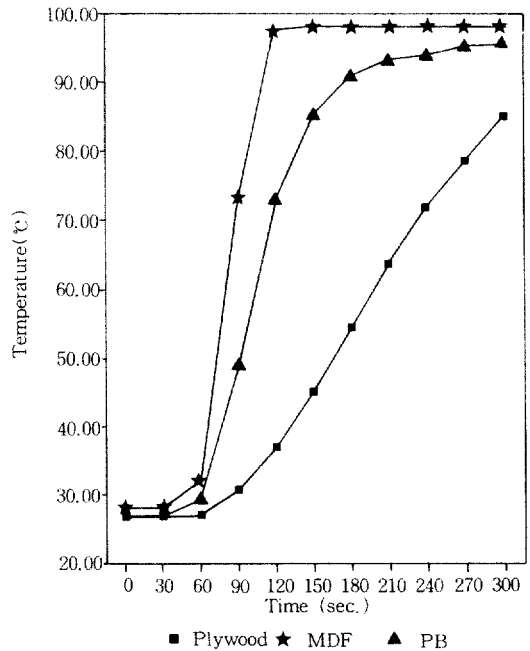


Fig. 6. Average back temperature of materials treated with fire retardant coat containing 7% Sb₂O₃.

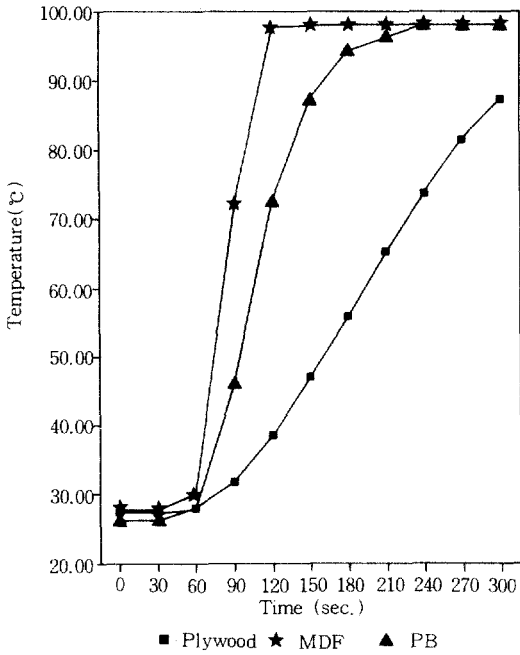


Fig. 7. Average back temperature of materials treated with fire retardant coat containing 9% Sb_2O_3 .

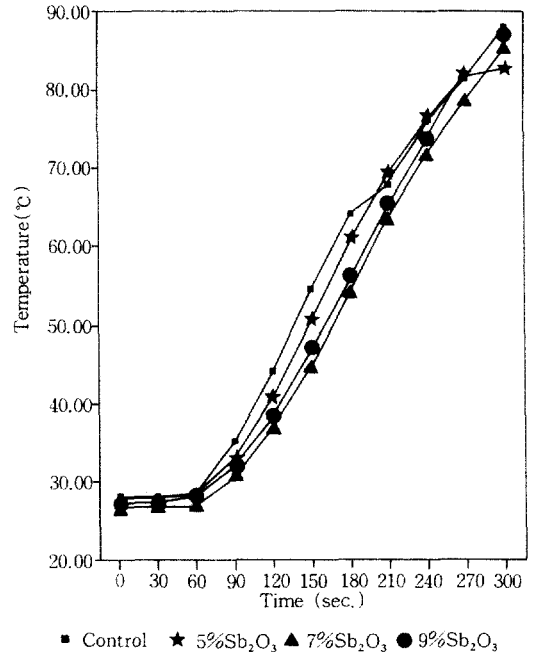


Fig. 8. Average temperature of plywood back by addition level of Sb_2O_3 .

Fig. 9와 Fig. 10에 표시하였다.

본 실험에서 사용한 내화처리제가 첨가된 도료가 보여준 목질판상재료의 배판 온도상승 억제작용은 어느 한계까지 화재에 의한 목질재료의 손상을 억제하는데 도움을 주었으며 이러한 작용의 정확한 원인과 기작을 밝히는 연구가 더욱 수행되어야 할 필요가 있다고 생각된다. 내화처리된 보드의 燃燒溫度가 높아지는 경향을 Saxena와 Gupta¹³⁾가 ammonium phosphate와 dicyandiamide로 제조한 塗料로 실험한 연구에서도 보고한 바 있다.

3.2 ISO 着火性試驗機를 사용한 分析

ISO 着火性試驗機를 사용한 얻은 결과는 Table 5와 같다.

대조보드의 착화시간은 합판이 270초, 파티클보드와 중밀도섬유판이 각각 203.6초와 201.0초인 것으로 미루어 볼 때 합판이 가장 늦게 착화됨을 알 수 있었는데 이것은 경사판시험으로 얻은 결과와 동일하였다. antimony trioxide가 5% 첨가된 塗料로 처리한 보드에서는 합판과

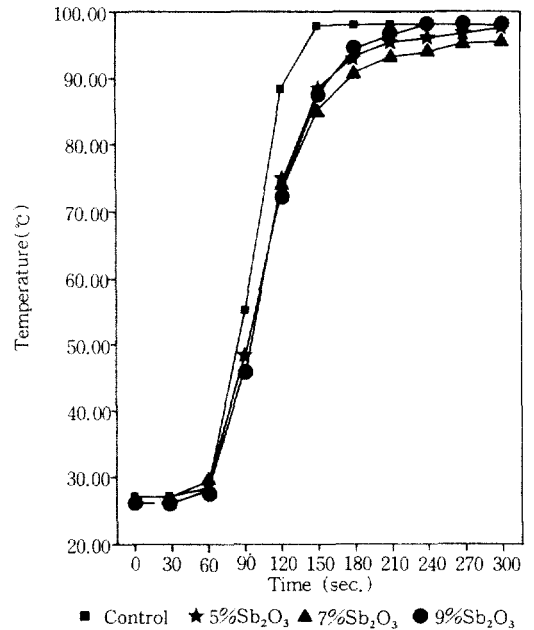


Fig. 9. Average temperature of Particleboard back by addition level of Sb_2O_3 .

중밀도섬유판은 착화되지 않은데 반하여 파티클 보드가 265초에 착화되므로 경사판시험의 결과와 다르게 나타났다. 그러나 처리파티클보드는 대조파티클보드보다 61.4초나 늦게 착화되므로 처리효과가 있음을 보여주고 있으며 내화첨가제가 7%와 9%添加된 塗料로 도포한 파티클보드의 착화시간은 274.8초와 260.2초로 나타났으며 7%添加한 塗料로 처리한 보드가 좋은 효과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

4초 미만의 화염이 처음 생기는 시간을 최초 flash시간이라 하는데 각 對照보드에 있어 합판의 경우 216초, 중밀도섬유판이 170.6초, 파티클 보드가 155.8초로 나타났으며 이 중 중밀도섬유판과 파티클보드사이에 있어서는 최초 flash시간 사이의 차이가 인정되지 않았다. 합판의 최초 flash시간은 대조보드가 216초, 5%添加를 한 塗料로 처리한 보드가 225.2초, 7%添加를 한 塗料로 처리한 보드가 223.4초 그리고 9%添加를 한 塗料로 처리한 보드가 257초로 가장 크게 나타났으며 분해가스의 발생을 가장 적게 발생시키고 있음을 알 수 있었다. 중밀도섬유판은 7%의 내화첨가제가 함유된 塗料로 도포한 경우의 최초 flash시간이 286.4초로 대조보드의

176.2초, 5%와 9%의 添加劑가 첨가된 塗料로 처리한 경우의 174.8초와 176.2초보다 길게 나타났다. 파티클보드의 최초 flash시간은 對照보드와 처리보드사이에 有意性이 인정되지 않았다. 파티클보드의 최초 flash 시간이 중밀도섬유판보다 늦을 것이라는 예상과는 달리 더 빠르게 착화되는 결과가 나온 것은 목질판상재료의 분해가스 발생과정에 있어서 중밀도섬유판이 파티클보드보다 塗料의 침투가 더 크게 이루어지며 화염이 직접적으로 작용되는 것이 아니라 복사열이 작용되는데 기인한 것으로 사료되며 이에 대한 자세한 연구가 수행되어야 할 것으로 여겨진다.

4. 結 論

本 研究에서는 木質板狀材料의 表面에 耐火添加劑인 antimony trioxide의 量을 달리하여 제조한 chlorinated rubber resin계 내화도료를 塗布한 보드와 무처리보드의 내화성능을 傾斜板試驗機와 ISO着火性試驗機로 分析하였으며 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 경사판시험법을 사용하였을때 내화첨가제

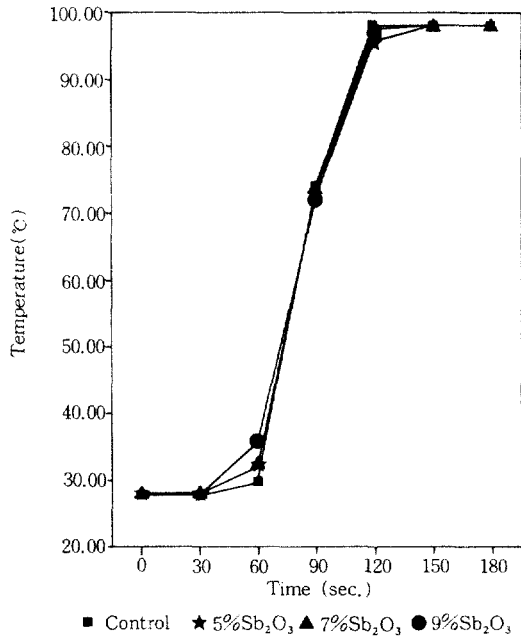


Fig. 10. Average temperature of MDF back by addition level of Sb₂O₃.

Table 5. Ignition time and first flash time from ISO ignition tester

Treat level	Material	Ignition time(sec.)	First flash time(sec.)
Control	Plywood	270.0	216.0
	PB	203.6	155.8
	MDF	201.0	176.2
A	Plywood	0	225.2
	PB	265.0	157.6
	MDF	0	174.8
B	Plywood	0	223.4
	PB	274.8	165.4
	MDF	0	286.4
C	Plywood	0	257.0
	PB	260.2	161.6
	MDF	0	176.2

* Mean value from five replications

A : 5% addition of Sb₂O₃

B : 7% addition of Sb₂O₃

C : 9% addition of Sb₂O₃

가 첨가된 도료로 처리된 보드는 5분이내에 전혀 착화되지 않았고 ISO시험법에서는 처리된 보드에 있어서는 파티클보드에서만 착화가 일어났으나 그 착화시간은 상당히 지연되었다.

2. 합판의 重量減少率은 내화첨가제의 첨가수준이 增加할수록 減少하였고 파티클보드는 7% 添加된 도료로 도포한 보드의 重量감소율이 가장 적었으며 中밀도 섬유판은 5%의 내화첨가제가 含有된 도료로 처리한 경우가 가장 적었다.

3. 모든 목질관상재료에 있어서 炭化面積은 내화첨가제의 첨가가 增加함에 따라 減少하였다.

4. 합판과 파티클보드에 있어서는 7%의 내화첨가제가 첨가된 도료로 처리한 경우 배판온도가 다른 첨가수준에 비하여 낮았으나 中밀도 섬유판은 첨가수준이 증가하여도 온도변화에 영향을 미치지 못하였다.

5. 최초 flash시간에 있어서는 합판은 9%의 내화첨가제가 함유된 塗料로 도포하였을 때 257초, 中밀도 섬유판과 파티클보드는 7%가된 도료 처리하였을 때 286.4초, 165.4초로 각각 가장 지연된 시간을 보였다.

參 考 文 獻

- Alexion, P.N., W.D. Gardner, P. Land, and D. Butler. 1986. Efficacy of an amino resin fire retardant. *Forest Prod. J.* 36(11/12) : 9-15.
- Anonymous. 1990. Handbook of fire retardant coating and fire testing services. Technomic Publishig Copying. Lancaster, Pennsylvania. : 255
- Brown, M.E. 1988. Introduction to thermal analysis. Chapman and Hall. Cambridge. Great Britain : 211.
- Christianson, C. J. 1954. U.S. Patent 2681326 (to Sherwin-Williams Co) June 15.
- Christopher, A.J. 1988. Effects of additives on fire properties of polyethylene. *Fire and Materials.* 12 : 7-18.
- Drubel, R.B. and W.E.F. Rupperecht. 1960. Latex-fire-retardant intumescent coatings. *Forest Prod. J.* 10(4) : 152-155.
- Ewing, C.T., F.R. Faith, J. T. Hughes, and H.W. Carhart. 1989. Evidence for flame extinguishment by thermal mechanisms. *Fire Technology.* 8 : 195-212.
- Gardner, W.D. and C.R. Thomson. 1988. Flame spread properties of forest products. *Fire and materials.* 12 : 71-85.
- Horrocks, A. R., D. Davies, and M. Greenhalgh. 1985. The use of DTA to study spontaneous ignition cellulose. *Fire and Materials.* 9 : 57-64.
- LeVan, S.L. 1984. The chemistry of fire retardancy : In : Rowel, R., ed. The chemistry of solid wood. Advances in chemistry series 207. American chemical society, Wasington, D.C. : 613.
- Lyons, J.W. 1970. The chemistry and uses of fire retardants. John Wiley and Sons., Inc. 462.
- Myers, G.G. and C.A. Holmes. 1975. Fire-retardant treatments for dry-formed hardboard. *Forest Prod. J.* 25(1) : 20-28.
- Saxena, N.K. and D.R. Gupta. 1990. Development and evaluation of fire retardant coatings. 11 : 329-341.
- Vandersall, H.L. 1965. PHOS-CHE-K^R P/30 Brand Fire Retardant-It's Use in Intumescant Paint. Rept No. 6512, Inorganic Chemical Division, Monsanto. Co., St Louis, Mo., Oct. 20.
- Veinot, D.E., K.B. Langille, D. Nauyen, and J.O. Bernt. 1989. Soluble silicate-based coating for fire protection. 8 : 231-240.
- Zicherman, J.B. and R.B. Williamson 1981. Fire testing and performance of small particleboard panels(I) *Journal of Fire and Flammability.* 12, (6) : 240-249.
- 平田利美, 福井康夫, 川元スシレ. 1987. 室内火災實驗における 合板の 燃焼特性(第1報). *木材工學* 33(9) : 735-742
- _____. 1988. 室内火災實驗における 合板の 燃焼特性(第2報). *木材工學* 34(12) : 973-980
- 桐生春雄, 島羽山滿, 田中丈之. 1989. 塗料 イソキ用 添加劑. 1989. *シーエムシー* : 359.
- 金周烈, 李弼宇. 1979. 表面塗布法에 의한

- 合板의 耐火處理에 關한 研究. 林産加工. 3 : 20-26.
21. 李弼宇, 權震憲. 1982. 建築材料燃燒試驗機와 傾斜板試驗機를 利用한 合板의 耐火度 測定比較. 木材工學 10(2) : 22-27.
22. 李弼宇, 權震憲. 1983. 耐火處理 파티클보오드의 耐火도에 미치는 藥劑의 影響. 木材工學. 11(5) : 16-22.
23. 權震憲, 李弼宇. 1985. 耐火處理가 파티클보오드와 콤파라이보오드의 機械的 性質 및 耐火도에 미치는 影響. 木材工學 13(4) : 3-57.
24. 李弼宇, 金顯中, 嚴永根. 1989. 酸素指數法에 의한 라왕素材와 木質板狀材料의 燃燒特性에 關한 研究. 木材工學. 17(4) : 77-82.
25. 李弼宇, 金顯中, 嚴永根. 1989. 酸素指數法에 의한 耐火塗料處理 木質板狀材料의 燃燒特性에 關한 研究. 서울大 農學研究. 14(2) : 205-210.

