

황산암모늄과 제 1 암모늄處理 合板의 耐火效果에 關한 比較研究^{*1}

李 弼 宇^{*2} · 金 銖 山^{*2}

A Comparative Study on the Effect of Fire Retardancy of the Plywood Treated by Ammonium Sulphate and Monoammonium Phosphate^{*1}

Phil Woo Lee^{*2} · Cheol San Kim^{*2}

Summary

This experiment was carried out for diminishing the material loss and the damage of human life due to the fire disaster by treating plywood with fire retardant chemical solution.

At this study, we observed and measured chemical retention, burning point, maximum flame length, flame exhausted time, carbonized area, and weight loss of plywood treated by each solution of ammonium sulphate $[(NH_4)_2SO_4]$ and monoammonium phosphate $[NH_4H_2PO_4]$.

Obtained results at the study may be summarized as follows:

1. In case of monoammonium phosphate-treated plywood, every tested item of fire retardancy was shown more excellent at the 25% chemical concentration and shown also at 9 hours treatment except maximum flame length compared with ammonium sulphate-treated plywood.
2. However in case of ammonium sulphate-treated plywood, 6 hours treatment of fire retardancy was better than 9 hours treating time.
3. Monoammonium phosphate was generally better than ammonium sulphate in every tested item.

1. 緒 言

人間이 불을 使用하게 된 것은 人類歷史의 시작과 함께 한 것이라 믿어진다. 그 동안 불을 人間生活에 有益한 方向으로 하기 위한 努力이 끊임없이 계속되어 왔다.

最近 우리나라에서도 높은 經濟成長으로 生活이 高級化하고 奢侈化함에 따라 建築內裝材의 高級化를 追求하게 되었으며 이로 因해 훌륭한 內裝材의 하나인 合板의 使用은 계속 增加하여 왔다. 그러나 合板은 可燃性 木質材料로서 火災를 發生하게 함으로써 建築材料로서 缺點을 지니게 되었다. 특히 우리나라에서 發生한 大型火災事故가 火災에 脆弱한 木質材料로 因해서 더욱 큰 被害를 입었던 事實을 認識한다

면, 이러한 被害를 最大限으로 줄이기 위하여 木質材料, 특히 合板에 대한 耐火處理를 義務적으로 實施할 수 있도록 技術的인 뒷받침이 이루어져야 할 것이다.

이와 같은 관점에서 불 때 建築物의 內裝材料로 가장 많이 使用되고 있는 合板類에 대한 耐火處理의 研究가 必要하다고 생각한다.

따라서 本 研究에서는 耐火劑로 一般的으로 많이 使用하고 있는 황산암모늄과 제 1 인산암모늄 藥液을 각각 合板에 處理한 다음 그 耐火效果를 比較, 考察하고자 하였다.

2. 研究史

*1. Received for Publication on Apr. 20, 1983

*2. 서울대학교 農科大學, College of Agriculture, Seoul National University

합板的 耐火處理에 관한 最近의 重要한 研究를 紹介하면 다음과 같다.

Middleton, Draganov 및 Winters, Jr (1965)²⁾는 美松, 南部松, 美杉 그리고 外裝用合板에 대한 Borates와 其他 無機鹽의 鹽擴散을 研究한 바 있고, Eickner와 Schaffer (1967)⁷⁾는 美松合板에 處理한 單一藥品の 耐火效果에 관하여 研究報告한 바 있다. 그리고 Brenden (1975)³⁾은 9個의 無機鹽을 美松合板에 處理하였을 때 發煙量에 미치는 影響을 研究報告한 바 있다. Jain, Ananthranayama 및 Sharma (1975)⁸⁾는 두 가지 耐火藥劑의 composition을 木材와 合板에 處理하여 強度에 미치는 影響을 研究하였으며 Nunomura, Ito, Kasai, Komazawa 및 Yamagishi (1975)¹³⁾는 8foot tunnel furnace로 耐火處理合板의 surface flammability를 研究함에 있어서 weather proofing fire retardant system을 研究하였다. Shen과 Fung (1975)¹⁶⁾은 水溶性 인산암모늄으로 in-line hot-pressing technique를 開發한 바 있다.

또한 Juneja와 Richardson (1977)¹⁰⁾은 Douglas - fir plywood를 Soak - treatment로 耐火處理하는 方法을 研究하였다. 그리고 Mackay (1978)¹¹⁾는 合板에 耐火藥劑水溶液을 處理하여 人工乾燥에 미치는 影響을 究明하였으며 Lee와 Schaffer (1982)¹⁵⁾는 耐火處理合板의 再乾燥에 關하여 研究하였다.

한편, 國內의 研究를 살펴보면 金鍾萬·李弼宇 (1978)¹⁷⁾가 尿素樹脂合板의 耐火處理에 關한 研究를 하였고, 李弼宇·鄭希錫 (1980)¹⁹⁾은 木材와 合板의 耐火處理에 關한 研究를 하였으며 李弼宇 (1980)²⁰⁾는 美松 및 포프라 耐火處理合板의 熱板乾燥에 關한 研究를 報告하였고, 李弼宇·金鍾萬 (1982)¹⁸⁾은 合板의 耐火處理와 熱板乾燥에 關한 研究를 行한바 있다.

以上과 같은 耐火處理의 여러가지 研究가 報告된바 있으나 本 研究에서는 單一藥劑로 重要視되고 있는 제 1 인산암모늄과 황산암모늄 處理效果를 뚜렷하게 直接 比較한 研究가 없으므로 이 두 藥劑의 耐火效果를 比較檢討하여 보기로 하였다.

3. 材料 및 方法

3.1. 合板 및 耐火處理藥液의 準備

本 研究에서 使用한 材料는 一般市中에서 販賣하고 있는 두께 3.5 mm의 3-ply 보통 Meranti 合板을 購入하여 15×15 cm 크기의 試驗片으로 裁斷한 다음 缺點이 있는 試驗片을 除外하고 使用하였다. 그리고

合板試驗片의 含水率調整을 위하여 關係濕度 65%, 溫度 20°C의 條件에서 약 2주간 放置調整하였다.

本 研究에 使用한 耐火劑는 一級試藥인 황산암모늄과 제 1 인산암모늄 등 두 種類의 藥劑를 購入하여 各各 5%, 15%, 25%의 濃度로 調整하여 耐火藥液을 만들었다.

3.2. 耐火處理

耐火處理는 浸漬法을 使用하였는데, 合板이 서로 붙어 藥液吸收에 妨害가 되는 것을 防止하기 위해 特別히 考案된 틀속에서 合板試驗材料를 藥液別, 濃度別로 浸漬하여 3時間, 6時間, 9時間 동안 處理하였으며 各各의 濃度, 藥液에서 處理한 다음 含水率調整時와 같은 條件에서 2주간 放置하여 再乾燥를 實施하였다.

3.3. 耐火度測定試驗 및 資料分析

耐火處理後 乾燥를 마친 合板의 耐火度測定은 American plywood Association (1970)¹⁾의 耐火度測定裝置를 利用하였고 加熱器는 Bunsen-Burner를 利用하였으며 一般家庭用 LP Gas로 試驗片을 燃燒시켰다.

測定方法은 Bunsen-Burner를 點火시켜서 青色炎이 되도록 한 후, 試驗片을 所定の 位置에 定置시키고 2分 30秒 동안을 加熱하여 着火時間, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭化率과 試驗片의 重量減少率 등을 各各 測定調査하였다.

測定調査한 資料의 計算은 李弼宇·金鍾萬 (1982)의 方法에 따라 實施하였고 모든 測定調査値는 Cochran과 Cox (1959)에 따라 分散分析을 하였으며 藥液濃度 및 處理時間과 各種耐火性과의 關係를 回歸分析法으로 曲線을 plot하여 考察하였다.

4. 結果 및 考察

먼저 황산암모늄과 제 1 인산암모늄으로 浸漬處理한 合板의 濃度別, 時間別 藥液 吸收量을 표시하면 Table 1. 과 같다.

Table 1.에 나타나 있는 바와 같이 藥液吸收의 대체적인 傾向을 보면 제 1 인산암모늄 처리에서는 濃度 25%에서 吸收量이 가장 많았고 황산암모늄 處理는 濃度 15%에서 藥液吸收量이 가장 많은 것으로 나타났다. 제 1 인산암모늄을 處理한 合板의 各種 耐火度測定과 황산암모늄을 處理한 合板의 耐火度測定值를 利用하여 分散分析한 結果를 表示하면 Table 2. 및 Table 3. 과 같다.

Table 1 . Absorption of chemical solution of treated plywood (gr/15x15x0.35 cm)

Solution Conc.(%) Treating time (hrs)	Monoammonium phosphate			Ammonium sulphate		
	5	15	25	5	15	25
3	1.20	1.78	2.07	2.02	2.50	2.36
	2.13	1.39	1.96	1.43	1.47	1.51
	1.90	1.76	1.65	1.24	1.50	1.98
	2.24	1.72	1.68	1.39	2.51	1.66
Total	7.47	6.65	7.36	6.26	7.89	7.51
Mean	1.87	1.66	1.84	1.57	2.20	1.88
6	1.62	1.91	1.95	1.58	1.82	2.76
	1.50	1.60	1.67	1.54	2.20	2.37
	1.75	2.18	2.37	1.57	2.95	1.60
	2.37	2.20	1.67	1.30	1.61	2.73
Total	7.24	7.89	7.66	5.99	8.58	9.46
Mean	1.81	1.97	1.92	1.50	2.15	2.37
9	2.04	2.87	2.00	1.54	3.57	2.50
	1.43	1.87	3.04	1.60	2.03	1.76
	1.63	1.63	2.11	1.48	1.80	1.59
	1.45	2.91	2.96	1.28	2.38	1.91
Total	6.55	9.28	10.11	5.90	9.78	7.76
Mean	1.64	2.32	2.53	1.48	2.45	1.94

Table 2 . "F" values for plywood treated with monoammonium phosphate

	Burning point	Max. Flame length	Weight loss	Carbonized area	Flame exhausted time
Treating concentration	3.931 ^{ns}	40.186**	17.468**	7.665*	11.125**
Treating time	80.675**	42.917**	24.707**	25.621**	6.064**
Interaction	7.017**	2.244 ^{ns}	3.403*	4.790**	1.124 ^{ns}

제 1 인산암모늄의 分析結果인 Table 2.에 나타나 있는 바와 같이 藥液濃度別 處理에서 着火時間과 處理濃도와 時間의 相互作用에서 殘炎時間 그리고 最高炎의 길이 사이에 有意性을 나타내지 않았을 뿐이고 모든 耐火度測定項目에서 5% 以上の 有意性이 있음을 알 수 있었다.

또 Table 3.에 나타나 있는 바와 같이 황산암모늄 處理에서는 藥液濃度別 處理에서 着火時間과 殘炎時間에 또 處理藥液의 濃도와 時間의 相互作用에

있어서 最高炎의 길이사이, 重量減少率사이, 그리고 殘炎時間에만 有意性이 없었고 其他의 모든 耐火度測定項目에서 5% 以上の 有意性이 있음을 알 수 있어서 제 1 인산암모늄과 황산암모늄처리를 합하므로서 測定된 耐火度사이에 耐火效果에 差異가 있다는 것을 알 수 있다.

제 1 인산암모늄과 황산암모늄 藥液의 處理時間과 着火時間 사이의 關係를 回歸曲線을 plot 하여 比較하면 Fig. 1.과 같다. 제 1 인산암모늄의 回歸曲線式

Table 3. "F" values for plywood treated with ammonium sulphate

	Burning point	Max. flame length	Weight loss	Carbonized area	Flame exhausted time
Treating concentration	0.083 ^{ns}	24.614**	10.441*	51.431**	2.321 ^{ns}
Treating time	11.424**	42.157**	9.236**	13.836**	3.836*
Interaction	4.983**	1.776 ^{ns}	1.238 ^{ns}	3.406*	0.820 ^{ns}

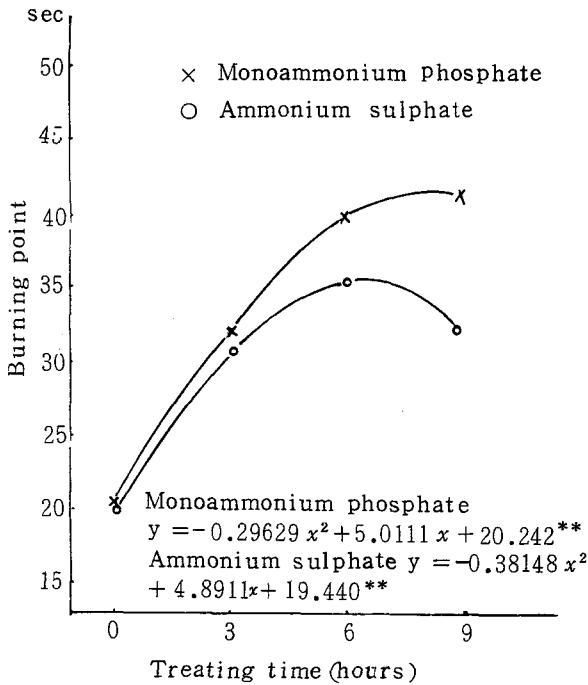


Fig. 1. Relation between burning point and treating time.

은 $y = -0.29629x^2 + 5.0111x + 20.242$ 이고 황산암모늄의 회귀곡선식은 $y = -0.38148x^2 + 4.8911x + 19.440$ 으로 모두 1% 이상의 高度의 有意性이 認定되었다. 이 두 곡線에서 보이고 있는 바와 같이 황산암모늄보다 제 1인산암모늄의 곡線이 上位에 있어서 그 만큼 着火時間이 늦어짐으로 效果가 크다고 믿어진다.

Fig. 2.는 處理時間과 最高炎의 길이 사이의 關係를 回歸曲線으로 나타낸 것인데 제 1인산암모늄의 回歸式은 $y = 0.42361x^2 - 6.1375x + 41.296^{**}$ 이고 황산암모늄은 $y = 0.33565x^2 - 4.8347x + 41.162$ 의 式을 얻었는데 이들은 모두 1% 이상의 高度의 有意

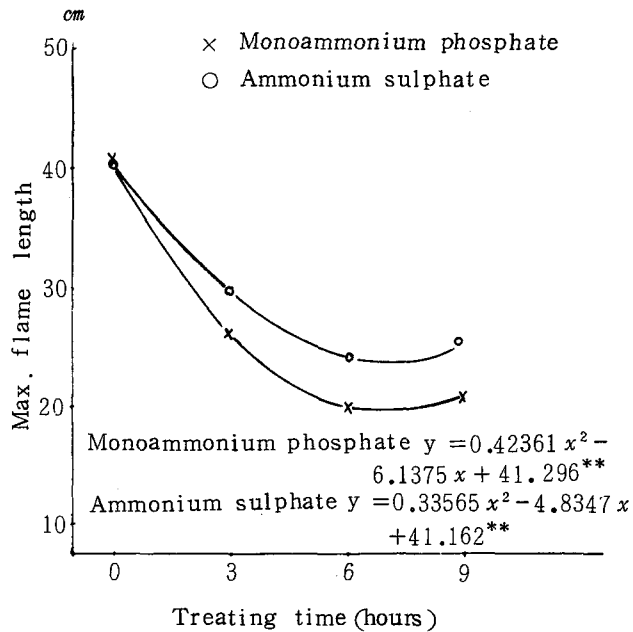


Fig. 2. Relation between maximum flame length and treating time.

性이 認定되었다. 또 이들 두 곡線은 모두 6時間까지의 處理에서는 炎의 길이가 減少하였으나 9時間으로 處理時間을 增加시켜도 炎의 길이가 더 이상 減少하지 않는 傾向을 나타내었다. 그리고 두 곡線사이를 比較하여 보아도 藥液濃度와 處理時間 사이에 나타난 曲線을 比較한 것과 같이 황산암모늄線이 제 1인산암모늄曲線이 上位에 位置하고 있음을 보여주고 있다.

Fig. 3.은 處理時間과 殘炎時間과의 關係를 回歸曲線으로 plot 하여 나타내었는데 제 1인산암모늄의 回歸曲線식은 $y = 0.14120x^2 - 3.8069x + 96.579$ 이고 황산암모늄은 $y = 0.45833x^2 - 5.6694x + 98.783$ 으로서 모두 1% 이상의 高度의 有意性을 나타내었다. 이들 두 곡線의 傾向을 보면 제 1인산암모늄 處理는

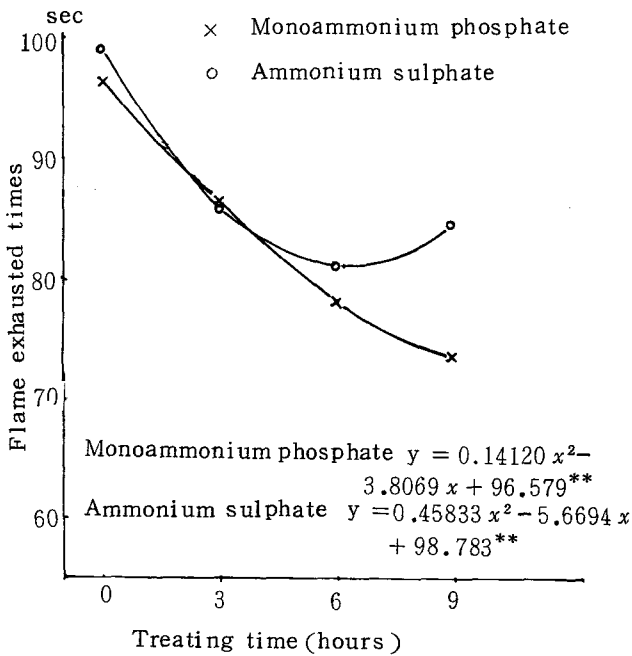


Fig. 3. Relation between flame exhausted time and treating time.

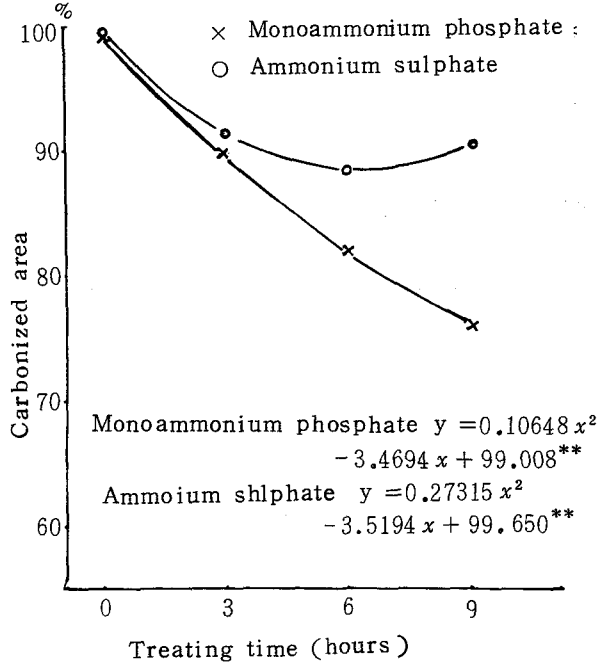


Fig. 4. Relation between carbonized area and treating time.

處理時間이 增加할 수록 殘炎時間이 減少하는 반면에 황산암모늄 處理에 있어서는 殘炎時間이 減少하다가 增加하는 傾向을 나타내었다. 이들 두 曲線에 있어서 3時間 處理까지는 殘炎時間에서는 차츰 그 差異가 增加하고 있다. 대체로 제 1 인산암모늄이 황산암모늄 보다 優良할 수록 그 效果가 더 좋다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4.는 藥液處理時間과 裏面炭化率과의 關係를 回歸曲線으로 plot 하여 나타낸 것이다. 제 1 인산암모늄의 回歸曲線式은 $y = 0.10648x^2 - 3.4694x + 99.008$ 이며 황산암모늄은 $y = 0.27315x^2 - 3.5194x + 99.650$ 으로서 모두 1% 이상의 高度의 有意性이 認定되었다. 이 두 曲線에서 제 1 인산암모늄 處理는 處理時間이 增加할 수록 裏面炭化率이 減少하는 반면에 황산암모늄 處理는 處理時間이 增加할 수록 裏面炭化率이 減少하다가 6時間程度에서 서서히 裏面炭化率이 增加함을 보여주고 있다. 이와 같은 現象은 Fig. 1., Fig. 3. 에서도 나타나고 있는데 황산암모늄의 處理는 그 時間이 6時間程度까지만 耐火效果가 增加하지만 其 以上の 處理時間은 오히려 耐火效果가 減少한다고 볼 수 있다. 또 황산암모늄 處理曲線이 제 1 인산암모늄 處理曲線보다 上位에 있으므로 황산암모늄보다 제 1 인산암모늄의 耐火性이 그만큼 우수하다고 생각된다.

Fig. 5.는 藥液處理時間과 重量減少率과의 關係

를 回歸曲線으로 plot 하여 나타냈는데 제 1 인산암모늄의 回歸式은 $y = 0.19903x^2 - 3.0924x + 38.916$ 이며 황산암모늄은 $y = 0.18722x^2 - 2.0622x + 39.373$ 으로서 모두 1% 이상의 高度의 有意性을 나타내었다. 이들 두 曲線의 傾向을 보면 제 1 인산암모늄 處理는 處理時間이 增加할 수록 重量이 減少하는 반면에 황산암모늄 處理는 處理時間이 增加할 수록 重量이 減少하다가 6時間程度에서 서서히 增加함을 보여주고 있다.

이와 같은 現象은 Fig. 1., Fig. 3., Fig. 4., 에서도 나타났는데 處理時間을 延長할 수록 重量減少率의 差異가 더욱 커지고 있음을 보여주고 있다. 또 황산암모늄의 曲線이 제 1 인산암모늄 曲線보다 上位에 있으므로 제 1 인산암모늄의 耐火性이 황산암모늄보다 더욱 우수하다고 생각된다.

Fig. 6.은 藥液濃度와 最高炎의 길이와의 關係를 回歸曲線으로 plot 한 것인데 그 回歸式은 제 1 인산암모늄이 $y = -0.0071874x^2 - 0.2370x + 32.680$ 으로 5%의 有意性이 있었으며 황산암모늄은 $y = -0.014688x^2 - 0.76877x + 37.227$ 로서 有意性이 認定되지 않았다. 그리고 이들 두 曲線을 比較하면 황산암모늄의 曲線이 제 1 인산암모늄의 曲線보다 上位에 있으므로 炎의 길이가 황산암모늄이 더 길게 나타난 것으로 볼 수 있어서 耐火效果는 제 1 인산암모늄의 경우가 더

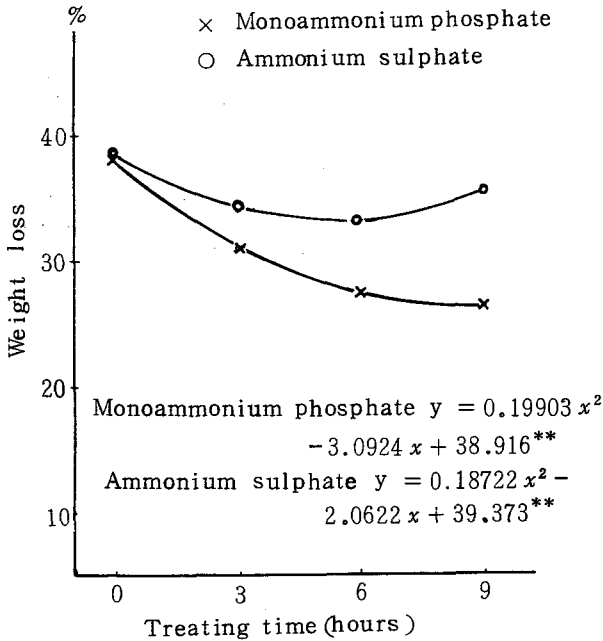


Fig. 5. Relation between weight loss and treating time.

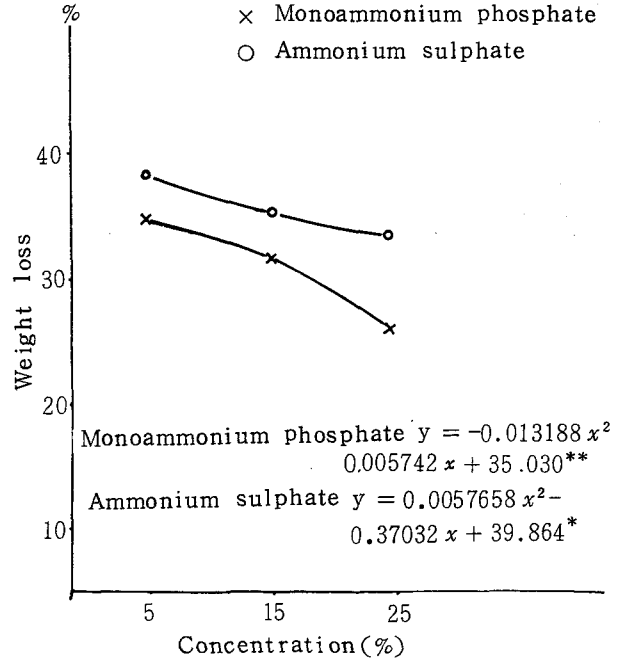


Fig. 7. Relation between weight loss and chemical concentration.

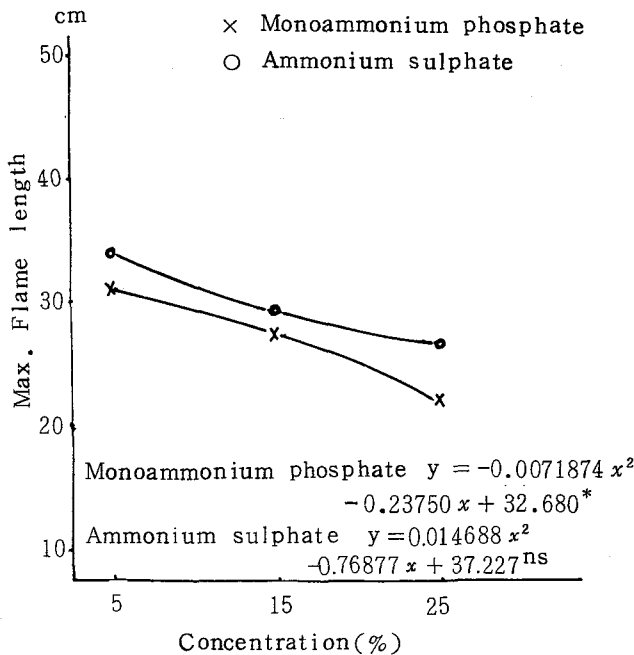


Fig. 6. Relation between maximum flame length and chemical concentration.

좋다고 생각된다.

Fig. 7. 은 藥液濃度와 重量減少率과의 關係를 回歸曲線으로 plot한 것인데 回歸式은 제 1인산암모늄이 $y = -0.013188 x^2 + 0.005742 x + 35.030$ 으로 1

%以上の 高度의 有意性을 나타내었으나 황산암모늄의 回歸式은 $y = 0.0057658 x^2 - 0.37032 x + 39.864$ 로서 5%의 有意性이 認定되었다. 그리고 이들 두 曲線을 比較하면 황산암모늄의 曲線이 제 1인산암모늄의 曲線보다 上位에 位置하고 있으므로 重量減少率은 황산암모늄이 더 많이 나타난 것으로 볼 수 있다. 따라서 황산암모늄보다 제 1인산암모늄이 더욱 우수하다고 생각된다.

以上에서 考察하여 본 바와 같이 藥液處理時間別로는 황산암모늄의 境遇는 6時間處理가 9時間處理에 비해 耐火效果가 優秀한 것으로 나타났으며 제 1인산암모늄의 境遇는 最高炎의 길이를 除外한 모든 效果에서 9時間處理가 耐火效果가 가장 우수한 것으로 나타났다. 그리고 處理濃度別로는 그 대체적인 傾向이 濃度 25%에서 耐火效果가 가장 우수하게 나타났다.

그리고 모든 處理效果에 있어서 제 1인산암모늄이 황산암모늄보다 우수함을 알 수 있었다.

위에서 考察한 바와 같이 여러가지 面에서 이 두 藥劑間의 效果를 比較分析하여 보았는데 李弼宇等 (1980)¹⁹⁾의 報告에 의하면 處理合板의 接着力, 重量減少率, 發煙係數, 殘炎時間 등에서 제 1인산암모늄이 황산암모늄보다 우수하였으나 燃燒度에 있어서는 뚜렷한 傾向을 發見할 수 없었다고 하였다. 또 李弼宇.

金鍾萬(1982)¹⁸⁾의 研究에서는 重量減少率과 着火點을 測定調査한바 一般의 程度로 제 1 인산암모늄이 황산암모늄보다 우수한 것으로 報告하고 있어서 本 研究의 結果와 一致하고 있음을 알 수 있다. 또 Eicker와 Schaffer(1967)⁷⁾의 研究에서도 제 1 인산암모늄이 堯화아연이나 황산암모늄보다 燃燒度에서 뚜렷한 效果를 나타낸다고 報告하고 있어서 本 研究의 結果와 같이 제 1 인산암모늄이 황산암모늄보다 우수한 약제로 믿어진다.

5. 結 論

以上과 같이 本 研究에서 제 1 인산암모늄과 황산암모늄 藥液을 浸漬處理한 合板에 대하여 藥液吸收量, 着火時間, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭化率 및 重量減少率에 관하여 測定·調査한 試驗值를 分析考察하여 보았는데 耐火處理效果面에서 뚜렷하게 지을 수 있는 結論은 다음과 같다.

① 제 1 인산암모늄處理合板의 境遇에 있어서 25% 濃度에서 耐火性이 가장 優秀하였고 最高炎의 길이를 除外한 모든 處理效果面에서 處理時間 9時間에서 耐火性이 가장 優秀하였다.

② 황산암모늄處理合板의 境遇에 있어서는 6時間 處理가 9時間處理보다 耐火性이 더욱 優秀하게 나타났다.

③ 제 1 인산암모늄과 황산암모늄의 處理效果를 比較하면 대체로 모든 處理效果에서 제 1 인산암모늄이 황산암모늄보다 優秀한 것으로 나타났다.

要 約

合板은 可燃性 物質로서 建築物의 內裝에 많이 使用되므로 各種 大型火災를 誘發하여 많은 人命과 財産의 損失을 招來하는 境遇가 있다. 따라서 本 研究에서는 이로 因한 被害를 最大限으로 줄이기 위한 目的으로 合板에 耐火處理를 實施하였다.

이 研究에서는 제 1 인산암모늄과 황산암모늄 溶液으로 處理한 合板의 藥液吸收量, 着火時間, 最高炎의 길이, 殘炎時間, 裏面炭化率 및 重量減少率 등은 測定調査하였으며 황산암모늄과 제 1 인산암모늄의 處理效果를 比較하여 보았다.

그 結果를 要約하면 다음과 같다.

① 제 1 인산암모늄 處理合板의 境遇에 있어서 25% 濃度에서 耐火性이 가장 優秀하였고 最高炎의 길이를 除外한 모든 處理效果面에서 處理時間 9時間

에서 耐火性이 가장 優秀하였다.

② 황산암모늄 處理合板의 境遇에 있어서는 6時間 處理가 9時間의 處理보다 耐火性이 더욱 優秀하게 나타났다.

③ 제 1 인산암모늄과 황산암모늄의 處理效果를 比較하면 대체로 모든 處理效果에서 제 1 인산암모늄이 황산암모늄보다 優秀한 것으로 나타났다.

Literature Cited

1. American Plywood Association (1970): U.S. Product Standard PS 1-66 for Softwood Plywood-construction & Industrial together with DFPA grade-trademarks.
2. Bergin, E.G. (1963): The gluability of fire retardant treated wood. Forest. Prod. Jour. Vol. 12, 549-556p.
3. Brenden, J.J. (1975): How nine inorganic salts affected smoke yield from Douglas-fir plywood. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-249, 13p.
4. Chen, C.M. (1975): New method for improving fire retardancy of plywood. Forest Prod. Jour. Vol. 25(4), 36-38p.
5. Cochran, W.G. and G.M. Cox (1957): Experimental designs, 611p.
6. Dolenko, A.J. and M.R. Clarke (1973): Fire retardant prefinished plywood. Forest Prod. Jour. Vol. 23 (10), 22-27p.
7. Eicker, H.W. and E.L. Schaffer (1967): Fire retardant effects of individual chemicals on Douglas-fir plywood. Fire Technol., 3(2): 90-104p.
8. Jain, J.C., A.K. Ananthranayana and M.N. Sharma (1975): Studies on the effect of fire-retarding chemicals on the strength of wood and plywood. Jour. of the Ind. Acad. of Wood Science, 6, 2, 72-77p.
9. Johnson, J.W. (1979): Tests of fire-retardant treated and untreated lumber-plywood nailed and stapled joints. Forest Prod. Jour., Vol. 29 (4), 23-30p.
10. Juneja, S.C. and L.R. Richardson (1977): Soak treatment for fire retardancy. Canadian Eastern Forest Products Lab., OPX-185E.

11. Mackay, J.F.G. (1978): Kiln drying treated plywood. *Forest Prod. Jour.*, Vol. 28 (3), 19-21p.
12. Middleton, J. C., S.M. Draganov. and F.T. Winters. Jr. (1965): An evaluation of borates and other inorganic salts as fire retardants for wood products. *Forest Prod. Jour.*, Vol. 15 (12), 463-467p.
13. Nunomura, A., Ito H., Kasai A., Komazawa K., Yamagish K. (1975): Surface flammability of fire-retardant plywood in 8 foot tunnel furnace(3). *Journal of the Hokkaido Forest Prod. Res. Institute*, No. 8, 14-16p.
14. Percival, D.H. and S.K. Suddarth (1971): An investigation of the mechanical characteristics of trues plates on fire-retardant treated wood. *Forest Prod. Jour.*, Vol. 21 (1), 17-22p.
15. Phil Woo Lee and E.L. Schaffer (1982): Redrying fire-retardant treated structural plywood. *Wood and Fiber*, 14(3), 1982, 178-199p.
16. Shen, K.C. and D.P.C. Fung (1975): New method for improving fire retardancy of plywood. *Forest Prod. Jour.*, Vol. 25 (4), 36-38 p.
17. 金鍾萬·李弼宇 (1978) ; 尿素樹脂 合板의 耐火處理에 關한 研究. 서울대 농학연구, 3권 1호, 49-61p
18. 李弼宇·金鍾萬 (1982) ; 合板의 耐火處理와 熱板乾燥에 關한 研究. 한국 목재 공학회지, 10권 1호 별책, 5-37p
19. 李弼宇·鄭希錫 (1980) ; 木材와 合板의 耐火處理에 關한 研究. 서울대 연습림보고, 16호 17-46p
20. 李弼宇 (1980) ; 美松 및 포푸라 耐火處理 合板의 熱板乾燥에 關한 研究. 서울대 농학 연구, 5권 2호, 51-64p ■