

耐火處理合板의 熱板乾燥에 關한 研究*¹

金 鍾 萬*²

Studies on Press Drying of Fire-Retardant Treated Plywood*¹

Jong Man Kim*²

要 約

建築物의 内裝에 많이 使用하고 있는 合板은 可燃性 物質로서 各種 大型 火災를 誘發하여 많은 人命과 財産의 損失을 招來하고 있다. 따라서 이로 因한 被害를 最大限으로 줄이기 위하여 耐火合板 製造의 必要性이 絶對히 要求되며 또한 耐火合板 製造에서 優先的으로 解決해야 될 合板의 乾燥에 關해서 研究할 필요가 있다고 생각한다. 本 研究에서는 3.5mm 合板과 5.0mm 合板에 黃酸암모늄, 第 1 磷酸 암모늄, 第 2 磷酸 암모늄 및 水分處理는 6 및 9 時間으로 處理하고 硼砂-硼酸 및 미나리 스는 1,3,6 및 9 時間으로 處理하였으며 90, 120 및 150°C 等으로 熱板乾燥를 實施한 後, 乾燥曲線, 乾燥速度, 耐火劑의 吸取量 및 耐火度 等을 研究檢討한 結果를 要約하면 다음과 같다. 1) 溫冷浴法 으로 9 後間의 耐火處理를 實施하므로써 얻은 두께 3.5mm 合板의 藥劑 保留量은 第 1 磷酸 암모늄 1.353kg/(30cm)², 第 2 磷酸 암모늄 1.331kg/(30cm)², 黃酸암모늄 1.263kg/(30cm)² 硼砂-硼酸 1.226kg/(30cm)² 으로 最低 保留量에 到達하였으나 미나리스는 0.906kg/(30cm)² 로 未達되었다. 두께 5.0mm 合板의 藥劑 保留量은 黃酸암모늄 1.356kg/(30cm)², 第 2 磷酸 암모늄 1.166kg/(30cm)² 로서 最低 保留量에 到達하였으나 第 1 磷酸 암모늄, 硼砂-硼酸과 미나리스는 未達이었다. 2) 3.5mm와 5.0mm 合板의 乾燥曲線은 6 時間과 9 時間의 耐火處理에서 藥液處理 合板이 水分處理 合板보다 乾燥曲線의 傾斜가 더 적었다. 그리고 두께에 따른 乾燥速度는 3.5mm 合板의 境遇 5.0mm 合板의 乾燥速度보다 約 3 倍 以上 더 빨랐다. 3) 藥劑別 乾燥速度는 熱板溫度 120°C 로 乾燥하였을때 두께 3.5mm의 合板에서 第 2 磷酸 암모늄이 가장 높은 傾向을 나타내었고 두께 5.0mm의 合板에서도 第 2 磷酸 암모늄이 가장 높은 傾向을 나타내었다. 그러나 處理時間 6 時間 以上에서 水分處理 合板의 乾燥速度가 더욱 높았다. 4) 熱板溫度에 따른 乾燥速度는 熱板溫度가 上昇함에 따라 뚜렷하게 上昇하였으며 두께 3.5mm 合板의 境遇 熱板溫度 90, 120 및 150°C에서 各各 1.23%/min., 6.54%/min., 25.75%/min. 였고 두께 5.0mm의 合板에서는 各各 0.55%/min., 2.49%/min., 8.19%/min. 를 나타내었다. 5) 耐火處理 合板의 耐火도에 있어서 藥劑사이의 重量 減少率은 두께 3.5mm와 5.0mm 合板에서 第 2 磷酸 암모늄이 가장 적었고 다음은 第 1 磷酸 암모늄이었으며 그 다음은 黃酸암모늄, 미나리스 및 硼砂-硼酸의 順序로 增加하였다. 着火時間, 殘炎時間, 裏面の 炭火面積에 있어서는 第 2 磷酸 암모늄이 가장 優秀하였고, 다음은 第 1 磷酸 암모늄, 黃酸 암모늄, 硼砂-硼酸, 미나리스順序로 效果를 나타냈다.

ABSTRACT

Plywood used for construction as a decorative inner material is inflammable and can cause fire accidents, causing destruction of human life and property. To diminish the fire disaster, fire retardant plywood is indeed required. In the methods of manufacturing the fire retardant plywood, a soaking method is occasionally used. However after soaking plywood into fire retardant chemical solutions redrying of soaked plywood is of the utmost importance. In this study, 3.5 mm and 5.0mm thickness plywoods were selected for fire retardant treatment. Treating

* 1. 接受 2月15日 Received February 15, 1982.

* 2. 慶尙大學校 農科大學 College of Agriculture, Gyeongsang National University, Jinju, Korea.

solutions were prepared for 20% dilute solutions of ammonium sulfate, monoammonium phosphate, diammonium phosphate, borax-boric acid and minalith, and water solution. 1-, 3-, 6-, and 9 hour-soaking treatments in borax-boric acid and minalith, and 6- and 9 hours in the other chemicals were applied and after the treatments hot drying was applied to treated plywoods at 90°C, 120°C and 150°C of press temperature. Drying rates, drying curves, water absorption rates of fire retardant chemicals, weight per volume and fire retardant degree of plywood were investigated. The results may be summarized as follows: 1) In the 9 hours-soaking treatment of fire retardants by hot and cold bath method, the chemical retentions of 3.5mm thickness plywood could be attained within the range (1.125-2.25kg/(30cm)³) of minimum retention specification as follows: 1.353kg/(30cm)³ in monoammonium phosphate, 1.331kg/(30cm)³ in diammonium phosphate, 1.263kg/(30cm)³ in ammonium sulfate, 1.226kg/(30cm)³ in borax-boric acid. But the chemical retention, 0.906kg/(30cm)³, in minalith could not be attained within the range of minimum retention specification. And also in case of 5.0mm thickness plywood, chemical retentions, as 1.356kg/(30cm)³ and 1.166kg/(30cm)³ respectively, of ammonium sulfate and diammonium phosphate could be attained within the range of minimum retention specification, but the other fire retardant chemicals could not. 2) In the 6- and 9 hours-soaking treatments of 3.5mm and 5.0mm thickness plywood, the drying curve slope of chemical treated plywood was smaller than that of water treated. The drying rate related to thickness of treated plywood, was about three times as fast in 3.5mm thickness plywood compared with 5.0mm thickness plywood. 3) In the treatment at 120°C of hot platen temperature, the drying rates of chemical-treated plywood showed the highest quantity in diammonium phosphate of 3.5mm and 5.0mm thickness plywood. But the drying rate of water treated plywood was highest during the 6- and 9 hours-soaking treatments. 4) The drying rate remarkably increased with proportion to increase of the platen temperature, and the values were respectively 1.23%/min., 6.54%/min., 25.75%/min. in hot platen temperature of 90°C, 120°C, 150°C in 3.5mm thickness plywood and 0.55%/min., 2.49%/min., 8.19%/min. in hot platen temperature of 90°C, 120°C, 150°C in 5.0mm thickness plywood. 5) In the fire retardant degree of chemical treated plywood, the loss in weight was the smallest in diammonium phosphate, next was in monoammonium phosphate and ammonium sulfate, and the greatest was in borax-boric acid and minalith. And the fire-retardant effect in burning time, flame-exhausted time and carbonized area were the greatest in diammonium phosphate, next were in monoammonium phosphate and ammonium sulfate, and the weakest were in borax-boric acid and minalith

Key words. plywood; fire retardant; drying; ammonium sulfate.

緒 論

最近 建築物의 內裝에는 各種 木質 材料와 木製家具 그리고 其他 木質加工品이 可燃性 플라스틱 裝飾用品과 함께 使用되기 때문에 火災가 發生하기 쉽고, 또한 火災가 發生했을 때에는 木材類와 더불어 各種 플라스틱 可燃性 合成物質로 因해서 莫大한 人命被害와 財産被害를 招來하게 되었다.

結局 이러한 災難이 漸次 頻繁하게 일어나게 되고 그 被害 亦是 大型化됨에 따라 이미 先進國 에서는 이와같은 被害를 最大限으로 줄이기 爲해서 木質材料에 耐火處理를 實施하게 되었으며 그 效果가 크게 認定됨에 따라, 各國에서는 建築에 木質 材料를 使用할 때는 居住 安全을 爲해 이에 對한 規制가 嚴格하여짐에 따라 耐火處理를 實施하여 使用하도록 法律로 規定하여 耐火處理의 義務化 傾向이 뚜렷하게

나타나고 있다.

우리나라에서도 建築物에 큰 火災가 頻繁히 發生함에 따라 政府에서는 近年에 와서 建築物의 可燃性 內裝 材料에 對한 耐火處理를 義務의 爲로 實施하도록 規定하게 되었다. 특히 建築物의 內裝 材料中에서 가장 많이 使用되고 있는 合板은 一般 木材에 比하여 얇은 板狀으로 使用하기 때문에 燃燒性이 큰 缺點을 가지고 있다. 이와 같은 缺點을 補完하기 爲하여 耐火藥材를 合板에 處理한 結果, 耐火效果를 크게 向上시킬 수 있다는 것은 잘 알려져 있는 일이다.

그러나 實際로 耐火藥材를 處理하여 耐火合板을 만들 境遇에 一般的으로 防腐處理 方法에 準하여 處理할 수 있다고 생각할 수 있으나, 耐火合板 製造에 있어서 提起되는 가장 큰 問題點은 耐火劑를 處理한 後, 乾燥 過程에 있어서 어떻게 하면 可及의 빠른

時間內에 아무런 理化學的 缺陷을 일으키지 않고 氣乾 含水率 以下로 乾燥시킬 수 있으나 하는 것이다.

耐火處理合板과 水分處理合板의 乾燥를 比較할 때 前者는 耐火藥劑를 處理한 板類이기 때문에 後者와 比較하여 差異가 있을 것이라는 點을 쉽게 理解할 수 있다. 다시 말하면 乾燥速度에 있어서 耐火處理한 合板은 水分處理한 合板보다 乾燥時間의 遲速과 乾燥缺陷의 發生程度가 水分處理 合板과 比較하여 큰 差異가 없을 것인지 等에 關하여 아직까지 뚜렷한 研究報告가 없기 때문에 이와 같은 問題點을 究明하는 것은 耐火合板 製造에 있어서 資料를 提供할 수 있을 것이다.

다만 美國의 A. W. P. A. (美國防腐者協會) (1974)의 規定에 依하면 耐火處理合板의 熱氣乾燥는 그 乾燥溫度를 71°C 以內의 範圍內에서 弱한 乾燥스케줄 (mild drying)을 實施하도록 勸奨하고 있다. 그러나 이 規定에 따르면 乾燥時間이 너무 많이 걸리기 때문에, 最近 一般 木材와 合板類의 乾燥에 活用하고 있는 高溫乾燥나 熱板乾燥를 適用하여, 그 利用 可能性을 究明하여 볼 必要性이 있다.

本 研究에서는 메란티 合板을 使用하여 耐火劑를 處理하고 熱板乾燥를 實施한 후 耐火劑의 吸收量, 乾燥速度 및 耐火度 等을 水分處理 合板과 比較 檢討함으로써, 耐火處理 合板의 熱板乾燥에 關한 基本性質을 究明하고자 하였다.

研究史

耐火處理에 關한 研究를 살펴보면 初期에 있어서 는 主로 木材에 局限되어 있었다. 그후 合板類에 關한 研究가 斷片的으로 이루어 왔다. 耐火處理 合板에 關한 重要한 研究는 Blew, J. O.와 W. Z. Olson (1950)이 防腐處理와 耐火處理한 자작나무 合板의 6年間 野外 試驗한 다음 耐久性을 研究한 以來, Black, J. M. (1958)이 合板 製造에 있어서 耐火劑가 接着에 미치는 影響을 研究한 바 있으며 King, E. G., Jr.와 D. A. Matteson, Jr. (1961)은 耐火處理合板이 機械的 性質에 미치는 研究를 取扱한 바 있고, Jessome, A. P. (1962)는 美松과 赤松 그리고 美松 合板에 耐火處理를 한 다음 亦是 機械的 性質에 미치는 影響을 研究한 바 있다. Middleton, J. C.等 (1965)은 美松, 南部松, 美杉 그리고 外裝合板에 對한 硼酸塩과 其他 無機塩의 불꽃 擴張 (Flame spread)을 研究한 바 있다. 또 Eickner, H. W.와 E. L. Schaffer (1967)는 美松 合板에 單一耐火劑를 處理한후

耐火效果에 關하여 研究 報告한 바 있다.

한편 Percival, D. H.와 S. K. Suddarth (1971)는 耐火劑를 處理한 合板의 機械的 特性에 關한 研究調査를 한 바 있고 Juneja, S. C. (1972)는 木材와 單板에 耐火劑를 處理하고 安全性이 큰 耐火劑를 開發 研究한 바 있으며 Nearn, W. T.와 Robert A. Megraw (1972)는 美松合板에 高速 噴射 浸透에 依한 不連續 耐火處理를 實施하기 爲한 研究를 實施한 바 있다. Dolenko, A. J.와 M. R. Clarke (1973)는 耐火塗裝 P. F. 合板에 있어서 塗裝用 절러 (Sealer)를 開發 研究하였으며 Brenden, J. J. (1973)은 14가지의 塗料가 美松合板의 發煙에 어떤 影響을 미치는 가를 取扱하였고 Groah, W. J. (1973)은 未處理 合板 (라양)의 25피트 터널 불꽃 擴張試驗 (25 foot Tunnel Flame Spread Test)의 方法과 材料 變異의 問題를 研究한 바 있다. 그리고 Juneja, S. C.와 L. R. Richardson (1974)은 아미노 樹脂를 利用하여 合板과 파아티칼용 多樣性 耐火劑를 研究 報告하였다. 또 Brenden, J. J. (1974, 1975, 1975)은 合板을 포함하여 各種 木質板이 火災에 닿았을 때 熱放出率에 關한 報告를 하였으며 또한 9個의 無機塩을 美松合板에 處理하였을때 發煙量에 미치는 影響을 研究 報告한 바 있다. Jain, J. C. (1975)等은 두가지 配合耐火劑를 木材와 合板에 處理하여 強度에 미치는 影響을 研究하였으며 Johnson, J. W. (1975)는 耐火處理한 美松材와 合板으로 構成한 接合의 耐力를 研究하였고, Nunomura, A. (1975)等은 8피트 터널 電氣爐 (8 foot tunnel furnace)로 耐火處理 合板의 表面 燃燒性을 研究함에 있어서 耐候性 防火劑等을 研究하였다. Shen, K. C.와 D. P. C. Fung (1975)은 過磷酸 安모늄液으로 處理한 熱壓 技術을 開發하였고 Chen C. M. (1975)은 石炭酸樹脂 浸透紙와 함께 파이레 소오트 (Pyresote) 處理한 合板으로 耐火效果를 얻는 技術을 開發하였으며 Mungall, C. (1975)은 撒散法으로 耐火處理의 方法을 研究하였다. Johnson, J. W. (1976)는 耐火處理한 美松材와 合板에 있어서 釘의 (fasteners)의 側面 耐力를 研究하였고 Yamagishi, K. (1976)等은 無機化合物로 耐火處理한 缺陷을 補強하기 爲해서 尿素樹脂와 耐火劑를 處理하는 研究를 하였다. Juneja, S. C.와 L. R. Richardson (1977)은 美松合板을 浸漬處理로 耐火處理하는 方法을 研究하였으며 Brenden, J. J. (1977)은 耐火處理 合板을 包含한 몇가지 材料의 熱放出率에 關한 測定試驗을 實施하였다. 또 Johnson, J. W. (1979)는 耐火處理 木材와 合板, 그리고 未處理 木材와 合板으로 構成

하는 못 接合 (Nailed joints) 과 스테플 接合 (Stapled joints) 의 強度를 比較 試驗하였다.

King, E. C., Jr. 와 D. A. Matteson, Jr. (1961) 은 耐火處理 合板의 機械的 性質에 미치는 影響을 調査한 바 이들은 6.35mm (1/4 inch) 두께의 耐火處理 美松合板을 50% 關係濕度와 24°C (75°F) 의 條件에 數週間을 室內에서 乾燥시킨 다음 耐火處理 合板과 未處理 合板사이의 曲強度, 剪斷強度 및 衝擊 強度를 比較 調査하였다. Jessome, A. P. (1962) 도 9.53 mm (3/8 inch) 두께의 美松合板에 對하여 耐火 處理를 實施하고 強한 스테플을 乾球 65°C (150°F), 濕球 54.4°C (130°F) 의 條件으로 하여 含水率 12%로 熱氣 乾燥시킨 다음 處理合板과 未處理 合板사이의 曲強度와 靱性을 比較 試驗하였다. 또 Gerhards, C. C. (1970) 은 耐火處理가 木材와 集成製品의 曲強度에 미치는 影響을 調査하기 위하여 實施한 試驗中 乾燥 (自然乾燥, 室內乾燥, 熱氣乾燥) 가 이에 미치는 影響을 調査 報告한 바 있다.

한 使, Mackay, J. F. G. (1978) 은 두께 12.7mm (1/2 inch) 와 19.05mm (3/4 inch) 合板에 對하여 硫酸銅 크롬산鹽으로 處理하고, 6.35mm (1/4 inch) 두께의 合板에는 黃酸 암모늄과 硼砂를 混合하여 만든 水溶液에 處理하여 熱氣乾燥를 實施한 바 있다.

한 使, 우리나라에서는 金鍾萬과 李弼宇 (1978) 등이 尿素 樹脂 合板에 黃酸 암모늄 등 9種의 耐火藥

劑를 浸漬處理하여 處理單板의 接着 可能性 및 接着 製造된 尿素樹脂 合板의 藥劑 吸收率 및 其 物理的 性質을 調査, 報告한 바 있으며, 李弼宇와 鄭希錫 (1980) 등이 木材와 合板의 耐火處理에 關한 研究를 實施하여 處理材의 物理的 特性과 耐火性을 報告한 바 있다. 熱板乾燥에 關한 것은 鄭希錫 (1978) 이 未處理 板材와 單板 乾燥에 關한 研究를 遂行하였고 李弼宇 (1980) 는 美松 및 포푸라 構造合板에 加壓法으로 耐火處理를 하고 熱板 乾燥를 實施하여 報告한 바 있다.

그러나 國內外別로 研究하지 않았던 얇은 合板類의 耐火處理를 浸漬法으로 實施하여 熱板溫度를 3가지로 區分하고 (90°C, 120°C, 150°C) 乾燥試驗을 하기 위하여, 處理合板의 乾燥를 實施함으로써 새로운 乾燥法을 開發함과 아울러 其 耐火度를 究明코져 着手하였다.

材料 및 方法

1. 供試 材料

1) 耐火處理 合板

本 研究에서 使用한 供試 合板은 一般市中에서 販賣하고 있는 外裝用 耐水 메란티 合板이며 두께 3.5mm와 5.0mm의 두 種類로 넓이는 共히 120×240cm의

Table 1. Fire retardant chemicals and their compositions

Chemical type	Chemical (composition)	Grade	Concentration (%)
A	Ammonium Sulfate (NH ₄) ₂ SO ₄	Reagent	20
B	Monoammonium Phosphate NH ₄ H ₂ PO ₄	Reagent	20
C	Diammonium Phosphate (NH ₄) ₂ HPO ₄	Reagent	20
D	Borax-Boric acid	Reagent	20
	Na ₂ B ₄ O ₇	60% Reagent	
	H ₃ BO ₃	40% Reagent	
E	Minalith	Reagent	20
	(NH ₄) ₂ HPO ₄	10% Reagent	
	(NH ₄) ₂ SO ₄	60% Reagent	
	Na ₂ B ₄ O ₇	10% Reagent	
	H ₃ BO ₃	20% Reagent	
W	Water Treatment	Plain water	

三枚 合板이었다. 이中 購入 合板들은 缺膠等 흠집이 있는 合板을 除外하고 試驗에 支障이 없는 것만을 選別하였으며 耐火處理를 爲하여 實驗室에서 넓이 15×15cm의 試驗板으로 切斷하였다. 그리고 鋸斷中 치수가 不正確하거나 缺點을 일으킨 試驗板을 除外하고 두께 別로 關係濕度 65%, 溫度 15℃의 室內條件에서 2週間 調濕處理를 實施하였다.

本 研究에서 使用한 供試板의 數는 2,000枚를 製作하여 이 中에서 必要한 量을 無作爲로 選別하여 使用하였다. 即, 耐火處理用으로 2藥液處理×4處理時間×2合板두께×8反復=128枚와 4藥液處理×2處理時間×2合板두께×8反復=128枚.

熱板乾燥用으로 위와 같은 數인 256枚와 이에 追加하여 6藥液處理×3處理溫度×2合板두께×8反復=288枚.

耐火度測定用으로는 2藥液處理×4處理時間×2合板두께×3反復과 4藥液處理×2處理時間×2合板두께×3反復+未處理合板 6枚=102枚를 使用하였다.

2) 耐火處理液

耐火劑로는 표 1과 같이 黃酸 암모늄 (Ammonium sulfate), 第1 磷酸 암모늄 (Monoammonium phosphate), 第2 磷酸 암모늄 (Diammonium phosphate), 硼砂-硼酸 (Borax-Boric acid) 및 미나리쓰 (Minalith) 型 등 5種을 選定하였으며 對照區로서 水分處理를 追加하여 6種으로 하였다. 5種의 耐火藥劑는 모두 20% 濃度로 調整하여 處理藥液을 만들었으며 水分處理는 깨끗한 물을 使用하였다.

2. 試驗用 器機

1) 耐火處理用 裝置

浸漬處理槽는 5,000ml 容量의 비이커를 使用하였으며 液의 溫度를 測定할 수 있도록 溫度計를 附着하였다. 다음 液의 溫度를 一定하게 유지하기 위하여 이와 平衡을 유지할 수 있는 溫度調節 캐비닛을 利用하였다. 또 槽內에는 處理하고자 하는 合板이 서로 붙지 않도록 特別히 考案된 試驗板의 分離 끼임틀을 한 處理에 두께씩 만들었고 한조의 끼임틀에는 8개의 合板이 同時에 끼워져서 處理될 수 있도록 만들었다.

2) 乾燥用 熱壓機

溫도와 加壓量을 正確하게 測定할 수 있는 合板加工 實驗用 熱壓機를 使用하였는데, 美國 Dake 社製로 熱板 規格은 다음과 같다.

面積: 480×480mm

溫度: max. 350℃

壓 力: max. 70,000kg

람(Ram)의 直徑: 152.4mm

3) 耐火度 測定用 裝置

耐火處理 後 乾燥를 完了한 合板의 耐火度 測定은 美國合板 協會 (American Plywood Association) (1979)에서 制定한 耐火度 測定 裝置에 따라 만들어 利用하였으며 其 構造는 그림 1과 같다. 耐火度 測定을 爲해서 附着한 合板의 傾斜角은 150°이며 加熱은 本機 버너를 利用하였고 燃料은 一般 家庭用 L. P. G (liquid propane gas)를 使用하였다. 버너너

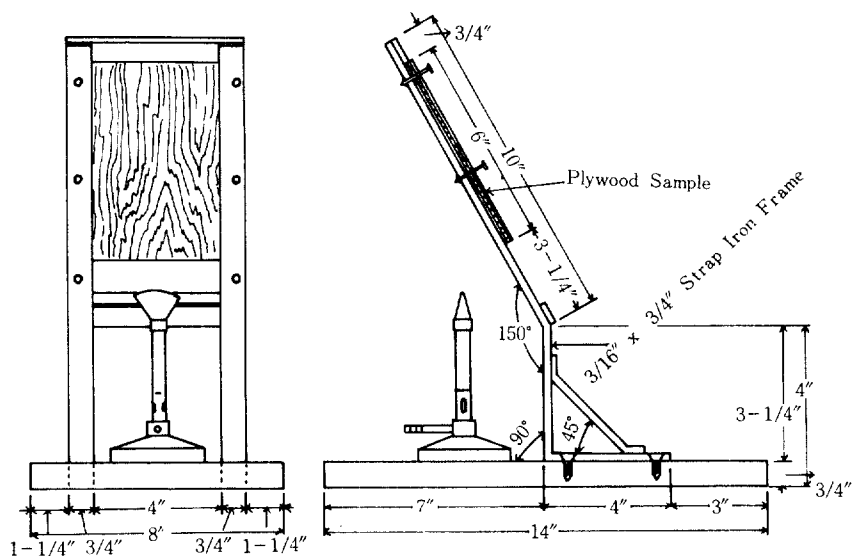


Fig. 1. Apparatus for heat durability test.

에 供給하는 燃料을 一定하게 調節할 수 있도록 가스 調節機를 附着하였다.

4) 溫度 測定計

耐火度測定用 裝置에 附着되어 있는 가스 버너의 불꽃 溫度 測定을 爲해서 容量 1,000°C (50/9°C) 까지 測定할 수 있는 熱電帶를 連結한 高溫計를 使用하였다.

5) 그밖의 器具

試驗板의 重量測定에는 트리플 天秤 (Triple beam balance) (1/100gr)와 다이얼 天秤 (Dial-o-gram balance) (1/100gr)이 使用되었고 두께와 치수의 差異를 測定하기 위해서 캘리퍼 마이크로 메타 (Caliper micrometer) (1/20mm)와 含水率 等を 測定하기 위해서 乾燥器를 使用하였다.

3. 試驗方法

1) 耐火處理 方法

試驗用 器機에서 說明한 바와 같이 特別히 考案된 耐火處理 裝置를 利用하였는데, 표 2와 같이 冷液浸漬와 溫液浸漬 그리고 溫冷浴法으로 處理하였다. 冷液은 溫度 11°C로 調節하였고 溫液은 60°C로 調節하여 試驗하였다. 處理時間은 硼砂-硼酸과 미나리스는 1,3,6, 그리고 9時間을 區分 適用하였으며 그밖의 藥劑는 6時間과 9時間을 適用하였다. 9時間의 處理는 Koch, P. (1972)가 제시한 藥劑 最低保留量을 얻기 위해서 적용하였다.

耐火藥液中 硼砂-硼酸과 미나리스는 藥液의 處理方法을 溫液 浸漬法으로 한 것은 冷液에서는 構成 藥劑가 充分히 混合되지 않기 때문에 모든 處理에서 60°C로 加熱하여 處理하였다.

耐火處理用 合板은 處理에 앞서 含水率을 調整하여 使用하였으며 含水率은 3.5mm의 合板에서 12.69~12.74였고, 5.0mm의 合板은 11.67~11.73% 였다. 그리고 耐火處理는 耐火藥液과 合板 두께 別로 所定의 處理 時間에서 8反復으로 實施하였다. 또 耐火處理 前後의 容積重, 藥液 吸收率, 및 含水率을 測定 調査하였으며 다음 공식에 의하여 計算하였다.

i) 藥液 吸收量

$$Sa(\%) = \frac{W_b - W_a}{W_a} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Sa(%) : 藥液 吸收率

W_a : 藥液 處理前 重量

W_b : 藥液 處理後 重量

ii) 容積重 (g/cm³)

$$V_{w1} = \frac{W_a}{V_a} \dots\dots\dots(2)$$

$$V_{w2} = \frac{W_b}{V_b} \dots\dots\dots(3)$$

V_{w1} : 藥液處理 前 容積重

V_{w2} : 藥液處理 後 容積重

V_a : 藥液處理 前 容積

Table 2. Treating processes by fire retardant chemical solutions

Chemical solution	Treating time (hr.)			
	1	3	6	9*
Ammonium Sulfate	—	—	Hot soaking**	Hot and cold bath***
Monoammonium Phosphate	—	—	Hot soaking	Hot and cold bath
Diammonium Phosphate	—	—	Hot soaking	Hot and cold bath
Borax-Boric acid	Hot soaking	Hot soaking	Hot soaking	Hot soaking
Minalith	Hot soaking	Hot soaking	Hot soaking	Hot soaking
Water	—	—	Hot soaking	Hot and cold bath

* For the tests of 90, 120 and 150°C press drying
 ** Soaking in the solution at 60°C
 *** After 6 hours soaking in the hot solution at 60°C, 3 hours cold soaking in the solution at 11°C

V₀ : 藥液處理 後 容積

W₀ : 藥液處理 前 重量

W₁ : 藥液處理 後 重量

Dr : 乾燥速度 (mc%/min.)

I. M. C : 初期含水率 (%)

F. M. C : 最終含水率 (%)

Dt : 乾燥時間 (min.)

iii) 含水率

$$M. C. (%) = \frac{W_2 - W_0}{W_0} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

M. C. (%) : 含水率

W₀ : 試驗片 全乾重量

W₂ : 試驗片 重量

2) 耐火處理合板의 熱板乾燥

耐火處理를 完了한 合板의 乾燥는 熱板乾燥를 適用하였으며 耐火藥劑別, 合板 두께別 그리고 熱板溫度別로 實施하였다.

熱板乾燥를 着手하기 前에 耐火處理된 合板의 初期含水率과 合板 두께를 알기 위해서 모든 供試合板에 對하여 合板의 두께와 位置가 다른 두 部位에서 두께를 測定하였다.

이와 같이 準備된 耐火處理 合板은 乾燥하기 위하여 그 上下部에 알루미늄 카올을 插入하여 熱板溫度 120℃와 加壓量 3.52kg/cm²를 適用하여 乾燥하였다. 또한 熱板溫도의 差異에 따른 乾燥效果를 알기 위하여 處理藥液의 9時間 耐火處理 合板에 對하여 熱板溫度 90℃, 120℃, 150℃와 같이 溫度差異를 두어 乾燥를 實施하였다.

熱板乾燥를 進行하는 동안 Chen, P. Y. S. (1978)의 週期段階乾燥(Cyclic step-drying) 方法에 따라 乾燥經過 一定時間마다 含水率의 變化를 알기 위해 熱板을 열고 供試板의 重量을 測定하였다. 乾燥進行中 熱板의 開放週期는 熱板溫度別에 따라 90℃에서는 6分, 120℃에서는 2分, 150℃에서는 1分을 各 適用하였고 最終含水率은 約 10%를 基準으로 하여 이에 相應하는 重量에 到達할때까지 乾燥하였다.

이 試驗에서 乾燥經過에 따른 乾燥週期別 含水率과 最終 含水率은 公式 ⑤에 따라 求하였다. 그리고 單位時間當 蒸發水分인 乾燥速度는 公式 ⑥에 따라 求하였다.

i) 乾燥週期別 含水率

$$C. M. C (%) = \frac{Wg - Cr - W_0}{W_0} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

C. M. C : 週期別 含水率 (%)

Wg : 供試片의 乾燥 前 重量 (gr)

Cr : 吸收藥劑量 (gr)

W₀ : 供試片의 全乾重量 (gr)

i) 乾燥速度

$$Dr = \frac{I. M. C. - F. M. C.}{Dt}$$

3) 耐火度 測定方法

그림 1에 나타나 있는 耐火度 測定用 裝置를 利用하여 藥液別 耐火度를 各各 測定하였다. 즉 試驗板을 裝置에 걸고 燃燒시키는 方法은 분젠 버어너에 點火하여 靑色炎이 되도록 調節한 後 炎의 길이 18cm가 된 다음 燃燒炎으로 利用하였다. 그리고 試驗板에 炎이 닿는 位置는 板 아래의 中心線에서 위쪽 으로 4cm 部位에 一致시켰으며, 3.5mm 合板은 1分間 加熱하였고 5.0mm 合板은 3分間 加熱하였다. 이때 溫度計를 利用하여 測定한 溫度는 1分間의 加熱에서 600℃±12℃였고 3分間의 加熱에서는 1,500℃±25℃를 나타내었다.

耐火度 測定에서 調査한 項目은 着火時間, 裏面炎 擴長 길이, 殘炎時間, 裏面의 炭火面積과 試驗板의 重量 減少率를 測定 調査하였다. 裏面의 炭火面積과 重量 減少率은 다음 公式 ⑦과 ⑧을 利用하여 計算하였다. 耐火度 測定 試驗은 모든 藥液에 對해 3反復으로 實施하였다.

i) 裏面의 炭火率

$$Ca (%) = \frac{Ca}{a} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

Ca (%) : 裏面의 炭火率

Ca : 炭火 面積(裏面)

a : 試驗板의 面積

ii) 重量 減少率

$$W1 (%) = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

W1 (%) : 重量 減少率

W₃ : 燃燒前 重量

W₄ : 燃燒後 重量

結 果

1. 藥液 吸收量

處理 時間別 藥液 吸收量과 藥劑 保留量의 結果를 表示하면 表3,4 및 5와 같다. 먼저 1時間 處理에서 나타난 平均 藥液 吸收量은 3.5mm 合板의 境遇 硼砂-硼酸이 높은 值로서 4.095kg/(30cm)³이었고 미나 리스는 3.454kg/(30cm)³이었으며, 그 藥劑 保留量

은 硼砂-珪酸에서 $0.819\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이었고, 미나리스는 $0.691\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 로 換算되었다. 5.0mm 合板에 있어서 나타난 平均 藥液 吸收量은 硼砂-硼酸이 $2.329\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이었고, 미나리스는 $2.373\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이었으며, 이들의 藥劑 保留量은 硼砂-硼酸이 $0.466\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이었고 미나리스는 $0.475\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 을 나타내었다. 따라서 1時間處理에 있어서 3.5mm 合板이 5.0mm 合板보다 一定時間의 處理 後에 나타나는 單位容積當 藥液의 吸收量과 藥劑 保留量이 더

크다는 것을 알 수 있었다.

3時間의 處理에서 나타난 平均 藥劑 吸收量은 3.5mm 合板의 境遇 硼砂-硼酸이 1時間 處理와 같이 높은 値로서 $5.064\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이었고, 낮은 値에 있어서도 1時間 處理와 같이 미나리스가 $4.700\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 를 나타냈으며, 그 藥劑 保留量은 硼砂-硼酸이 $1.013\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이고, 미나리스는 $0.940\text{kg}/(30\text{cm})^3$ 이었다. 또 5.0mm 合板에서 나타난 平均 藥液 吸收量은 亦是 1時間 處理의 境遇와 똑같이 硼砂-硼酸에서

Table 3. Mean chemical retentions of Borax-boric acid and Minalith

Treat time	Soaked solution	3.5mm plywood		5.0mm plywood	
		Absorbed content ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Chemical retention ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Absorbed content ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Chemical retention ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)
1	Borax-Boric acid	4.095	0.819	2.329	0.466
	Minalith	3.454	0.691	2.373	0.475
3	Borax-Boric acid	5.064	1.013	3.079	0.616
	Minalith	4.700	0.940	2.781	0.556
6	Borax-Boric acid	5.039	1.008	4.885	0.977
	Minalith	5.223	1.045	2.952	0.590
9	Borax-Boric acid	6.132	1.226	3.981	0.796
	Minalith	4.529	0.906	3.369	0.674

Table 4. Mean chemical retentions of 6 hr-soaking treatment by solutions

Soaked solution	3.5mm plywood		5.0mm plywood	
	Absorbed content ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Chemical retention ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Absorbed content ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Chemical retention ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)
Ammonium Sulfate	4.230	0.846	2.462	0.492
Monoammonium Phosphate	4.564	0.913	2.597	0.591
Diammonium Phosphate	4.796	0.959	3.397	0.679
Borax-Boric acid	5.039	1.008	4.885	0.977
Minalith	5.223	1.045	2.952	0.590
Water	5.979		5.704	

Table 5. Mean chemical retentions of 9 hr-soaking treatment by solutions

Soaked solution	3.5mm plywood		5.0mm plywood	
	Absorbed content ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Chemical retention ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Absorbed content ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)	Chemical retention ($\text{kg}/(30\text{cm})^3$)
Ammonium Sulfate	6.317	1.263	6.780	1.356
Monoammonium Phosphate	6.766	1.353	5.495	1.099
Diammonium Phosphate	6.657	1.331	5.832	1.166
Water	8.320		7.571	

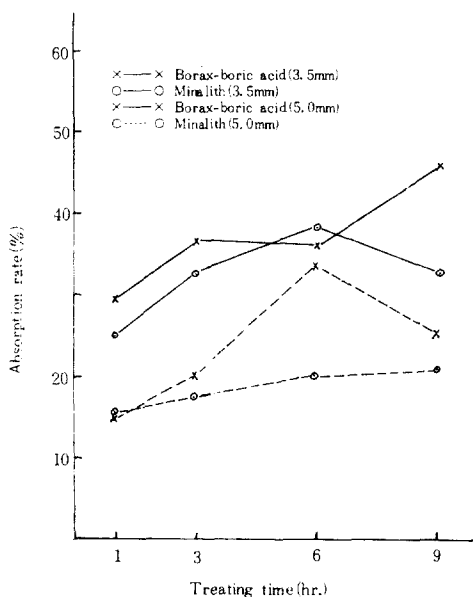


Fig. 2. Absorption rates of 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related treating time in borax-boric acid & minalith solutions.

높은 値로서 3.079kg/(30cm)³이었고 미나리스는 낮은 値로서 2.781kg/(30cm)³이었다. 그 藥劑 保留量은 各各 硼砂-硼酸에서 0.616kg/(30cm)³ 그리고 미나리스에서 0.556kg/(30cm)³로 換算되었다. 이와같이 3時間 處理에서도 1時間 處理에서 나타난 것과 같은 傾向을 관찰할 수 있다.

6時間의 處理에서 나타난 平均 藥液 吸收量은 3.5mm 合板의 境遇 硼砂-硼酸보다 미나리스가 5.223kg/(30cm)³로 가장 높았고 黃酸암모늄은 4.230kg/(30cm)³로 가장 낮은 値를 나타내었다. 그 藥劑 保留量은 各各 미나리스에서 1.045kg/(30cm)³ 이었고 黃酸암모늄은 0.846kg/(30cm)³를 나타내었다. 그리고 5.0mm 合板에서 나타난 平均 藥液 吸收量은 硼砂-硼酸에서 4.885kg/(30cm)³로서 가장 높은 値를 나타냈으나 가장 낮은 値는 黃酸암모늄으로 2.462kg/(30cm)³를 나타내었다. 그 藥劑 保留量은 硼砂-硼酸이 0.977kg/(30cm)³이었고 가장 낮은 値는 黃酸암모늄으로 0.492kg/(30cm)³이었다.

다음에 9時間의 處理에서 나타난 平均 藥液 吸收量은 3.5mm 合板의 境遇 가장 높은 値는 第1磷酸암모늄으로 6.766kg/(30cm)³이었으나 가장 낮은 値는 黃酸암모늄으로 6.317kg/(30cm)³를 나타내었으며 그 藥劑 保留量은 各各 第1磷酸암모늄이 1.353kg/(30cm)³, 黃酸암모늄은 1.263kg/(30cm)³으로 나타

났다. 5.0mm 合板에서 나타난 平均 藥液 吸收量은 黃酸암모늄이 가장 높은 値로서 6.780kg/(30cm)³이었고 가장 낮은 値는 第1磷酸암모늄 5.495kg/(30cm)³이었다. 그 藥劑 保留量은 黃酸암모늄에서 1.356kg/(30cm)³이었고 第1磷酸암모늄은 1.099kg/(30cm)³를 나타내었다.

또한 硼砂-硼酸과 미나리스는 處理 時間이 經過됨에 따라 大體로 藥液 吸收量이 增加하는 傾向을 나타냈으나 3.5mm 合板에서 미나리스는 6時間보다 9時間이 藥液 吸收量이 약간 低下하는 傾向을 보여주고 있고 5.0mm 合板에서는 硼砂-硼酸에서 6時間보다 9時間의 處理가 오히려 吸收量이 低下하는 傾向을 나타내었다. (表 3,4,5 및 그림 2 參照)

2. 耐火處理 合板의 熱板乾燥

1) 熱板乾燥의 乾燥經過

i) 藥液別 乾燥曲線

處理 藥液別 두께 3.5mm 合板의 乾燥曲線은 그림 3,4,5,6,7과 같은 바 硼砂-硼酸과 미나리스 溫液의 1時間 處理 合板에서 나타난 乾燥曲線을 보면 (그림 3) 硼砂-硼酸 處理 合板이 미나리스 處理 合板보다 初期 含水率이 약간 높게도 불구하고 빨리 乾燥함을 알 수 있었다.

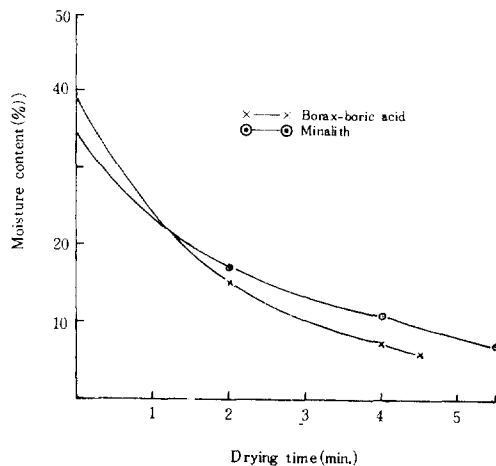


Fig. 3. Drying curves of 3.5mm thickness plywood related 1hr. treatment.

硼砂-硼酸과 미나리스 溫液의 3시간 處理合板에서 나타난 乾燥 曲線을 보면 (그림 4) 硼砂-硼酸 處理 合板의 初期 含水率이 미나리스 處理 合板의 것보다 약간 높았으나 乾燥曲線의 傾斜는 비슷하였다.

硼砂-硼酸과 미나리스 溫液과 다른 藥液과 물의

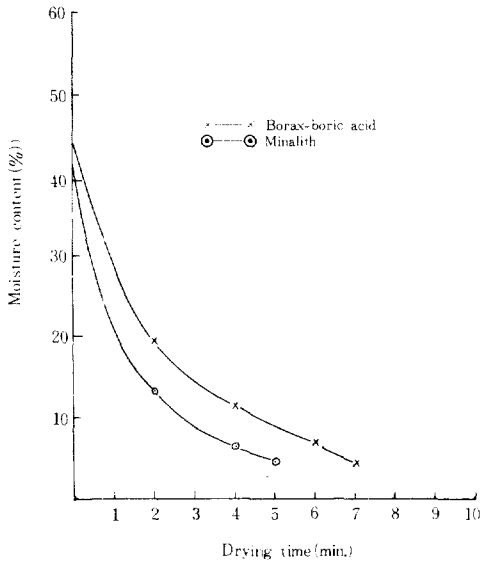


Fig. 4. Drying curves of 3.5mm thickness plywood related 3hr. treatment.

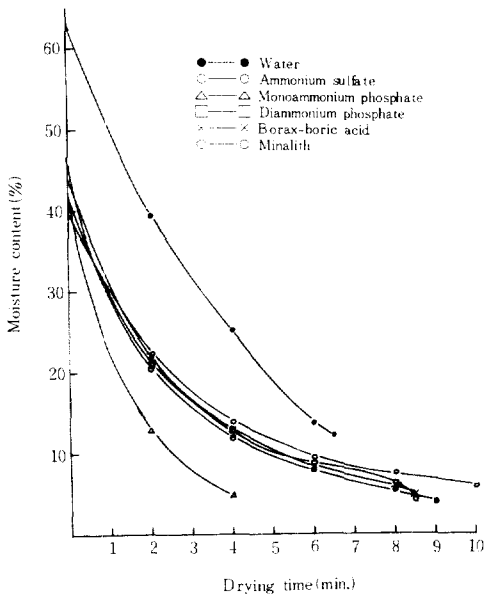


Fig. 5. Drying curves of 3.5mm thickness plywood related 6hr. treatment.

溫冷液에서의 6時間 處理合板의 乾燥曲線을 보면(그림 5) 藥液別 耐火處理 合板間에 初期 含水率 差異가 적었으며, 第 1 磷酸암모늄處理 合板의 乾燥曲線의 傾斜가 가장 커서 신속하게 乾燥함을 알 수 있었고 黃酸암모늄, 第 2 磷酸암모늄, 硼砂-硼酸, 미나리스處理 合板의 乾燥曲線은 비슷한 傾斜를 나타내

고 있었다. 단 水分處理 合板은 藥液處理 合板보다 初期 含水率이 훨씬 컸었고 또한 乾燥曲線의 傾斜도 크게 나타나 신속하게 乾燥함을 알 수 있었다.

硼砂-硼酸과 미나리스 溫液의 9時間 處理 合板에서 나타난 乾燥曲線을 보면(그림 6) 初期 含水率의 差異가 적었고 硼砂-硼酸處理 合板은 미나리스處理 合板보다 乾燥 初期에는 느렸으나 乾燥 中期부터는 빠른 傾向을 나타내나 큰 差異는 없었다.

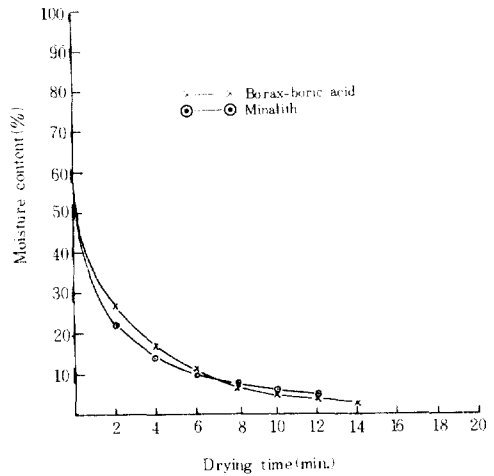


Fig. 6. Drying curves of 3.5mm thickness plywood related 9hr. treatment by borax-boric acid & minalith solutions.

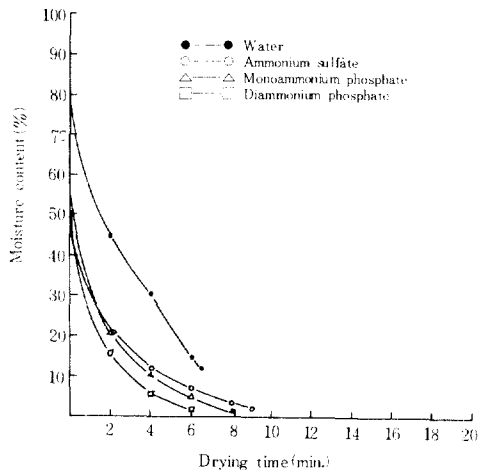


Fig. 7. Drying curves of 3.5mm thickness plywood related 9hr. treatment.

黃酸암모늄, 第1 및 第2 燐酸암모늄 溫冷液의 9 時間處理 合板에서 나타난 乾燥曲線을 보면(그림 7) 初期 含水率은 비슷한 條件에서 第2 燐酸암모늄處理 合板이 가장 신속하게 乾燥되었고 第1 燐酸암모늄이 中間이며 黃酸암모늄이 가장 느리게 乾燥함을 알 수 있었다. 또한 水分處理 合板은 耐火處理 合板보다 初期 含水率은 높았고 건조도 신속하게 이루어졌음을 알 수 있었다.

또한 그림 3~6에서 보면 硼砂-硼酸과 미나리스處理 合板은 溫液處理時間이 길어질수록 乾燥가 느린 傾向을 나타내고 있었다.

處理藥液別 두께 5.0mm 合板의 乾燥曲線은 그림 8, 9, 10, 11 및 12와 같은 바 硼砂-硼酸과 미나리스溫液의 1時間處理 合板의 乾燥曲線을 보면(그림 8) 서로 비슷한 乾燥經過를 나타내고 있다.

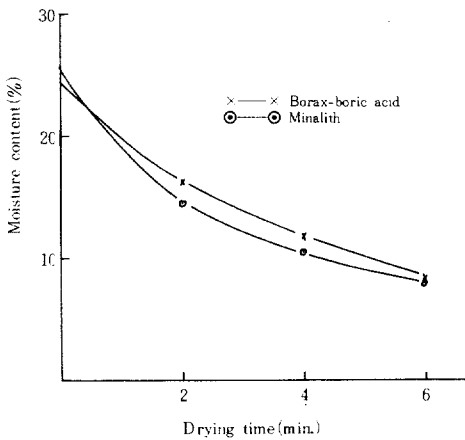


Fig. 8. Drying curves of 5.0mm thickness plywood related 1hr. treatment by borax-boric acid & minalith solutions.

硼砂-硼酸과 미나리스 溫液의 3 時間處理 合板의 乾燥曲線을 보면(그림 9) 硼砂-硼酸處理 合板의 初期 含水率은 미나리스處理 合板의 것보다 컸으나 乾燥曲線의 傾斜는 비슷하였다.

硼砂-硼酸과 미나리스溫液과 다른 藥液과 水의 溫冷液에서 6 時間處理 合板의 乾燥曲線을 보면 (그림 10) 硼砂-硼酸處理 合板의 初期 含水率은 다른 藥液處理 合板의 初期 含水率보다 훨씬 컸었고 乾燥時間別 含水率 變化도 컸었다. 黃酸암모늄 第1 및 第2 燐酸암모늄, 미나리스處理 合板中에서는 미나리스

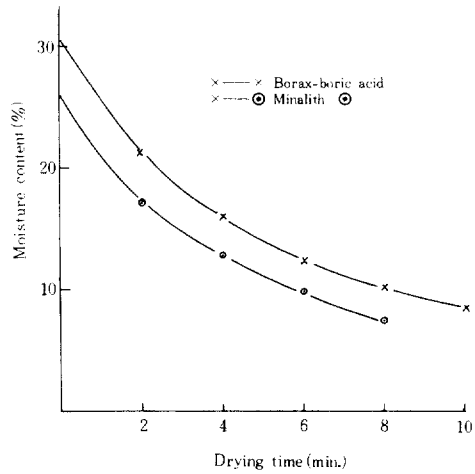


Fig. 9. Drying curves of 5.0mm thickness plywood related 3hr. treatment by borax-boric acid & minalith solutions.

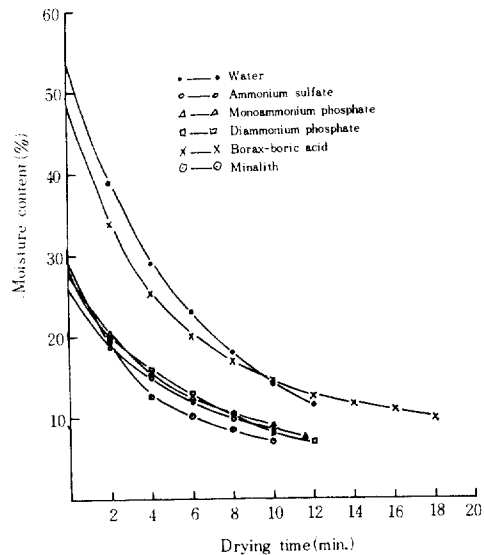


Fig. 10. Drying curves of 5.0mm thickness plywood related 6hr. treatment.

處理 合板의 乾燥曲線 傾斜가 약간 큰 傾向을 나타내고 있으나, 대체로 비슷한 傾向을 나타내고 있다. 단 水分處理 合板은 耐火處理 合板보다 初期 含水率이 높았고 신속히 乾燥되었다.

硼砂-硼酸과 미나리스 溫液의 9 時間處理 合板의 乾燥曲線을 보면(그림 11) 硼砂-硼酸處理 合板의 初期 含水率은 미나리스處理 合板보다 높았고 含水率

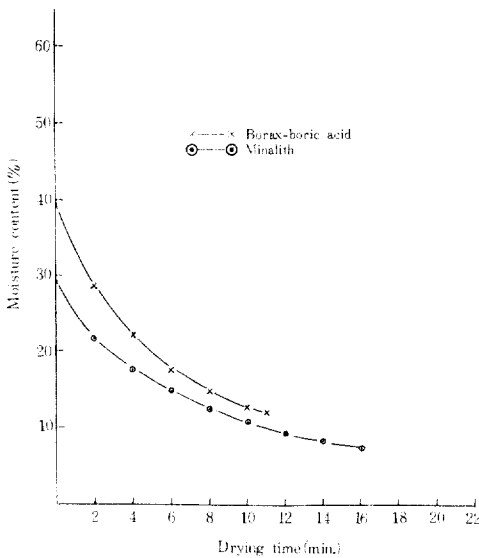


Fig. 11. Drying curves of 5.0mm thickness plywood related 9hr. treatment by borax-boric acid & minalith solutions.

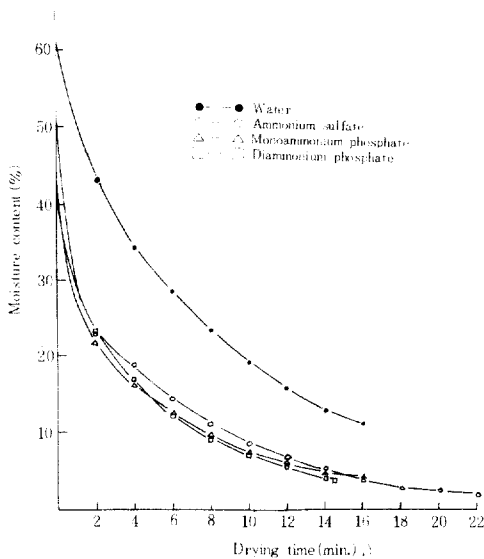


Fig. 12. Drying curves of 5.0mm thickness plywood related 9hr. treatment.

도 약간 急速히 減少하였다.

黃酸암모늄, 第1 및 第2 磷酸암모늄 溫冷液의 9 時間處理 合板의 乾燥曲線을 보면(그림12) 乾燥曲線의 傾斜가 비슷하였고, 水分處理 合板은 耐火處理 合板보다 初期 含水率이 높았고 乾燥曲線이 기울기도

거서 迅速히 乾燥함을 나타냈다.

또한 그림 8~11에서 보면 硼砂-硼酸과 미나리스處理 合板은 溫液處理 時間이 길수록 두께 3.5mm 合板의 境遇와 같이 乾燥가 느린 傾向을 나타냈다.

ii) 熱板溫度 및 合板두께別 乾燥曲線

두께 3.5mm 合板과 5.0mm 合板에 對해 水, 黃酸암모늄, 第1 磷酸암모늄, 第2 磷酸암모늄의 溫冷液과 硼砂-硼酸과 미나리스溫液에 9 時間處理 合板을 熱板 溫度別(90℃, 120℃ 및 150℃)로 乾燥한 乾燥曲線은 그림 13, 14, 15, 16, 17 및 18과 같은 바, 모든 乾燥曲線에서 보면 熱板溫度가 높을수록 乾燥曲線의 傾斜는 急하여 迅速하게 乾燥하였으며 特別150℃의 乾燥曲線은 거의 直線의인 樣相을 나타냈다.

그리고 合板두께別로 乾燥曲線을 보면 두께 3.5mm 合板의 乾燥曲線은 5.0mm 合板의 것보다 迅速히 乾燥하였다.

2) 熱板乾燥의 乾燥速度

i) 藥液處理別 乾燥速度

熱板溫度를 120℃로 하고 加劑量 3.52kg/cm²을 適用하여 얻은 硼砂-硼酸과 미나리스 溫液에 1時間, 3時間, 6時間, 9時間處理 合板의 乾燥速度는 表 6과 같이 두께 3.5mm 合板의 乾燥速度의 경우 硼砂-硼酸處理 合板은 1時間 耐火處理 合板이 7.295%/min.로 가장 컸고 9時間 耐火處理 合板은 3.609%/min.로 가장 적었다. 미나리스處理 合板은 3時間 耐火處理 合板이 7.406%/min.로 가장 컸고 9時間 耐火處理 合板은 3.024%/min.로 가장 적었다. 대체로 耐火處理 時間이 길수록 乾燥速度는 減少추세를 나타내었다. 두께 5.0mm 合板의 乾燥速度의 경우 硼砂-硼酸處理 合板은 1時間處理 合板이 2.637%/min.로 가장 컸고 6時間 耐火處理 合板은 2.174%/min.로 가장 적었다.

미나리스處理 合板은 1時間處理 合板이 3.055%/min.으로 가장 적었고 9時間 耐火處理 合板이 1.421%/min.로 가장 적었다.

두께 3.5mm 合板의 경우와 같이 耐火處理時間이 길수록 乾燥速度는 減少추세를 나타내고 있었고 또한 3.5mm 合板의 乾燥速度는 5.0mm 合板보다 2배程度 컸었다. 黃酸암모늄, 第1 및 第2 磷酸암모늄 및 硼砂-硼酸과 미나리스의 溫液에서 6時間處理 合板의 乾燥速度는 表 7과 같이 두께 3.5mm 合板의 경우 第1 磷酸암모늄處理 合板이 9.286%/min.로 가장 컸고 黃酸암모늄處理 合板은 3.383%/min.으로 가장 적었으며 藥液處理別로 差異가 컸었다.

두께 5.0mm 合板의 경우도 黃酸암모늄處理 合板이

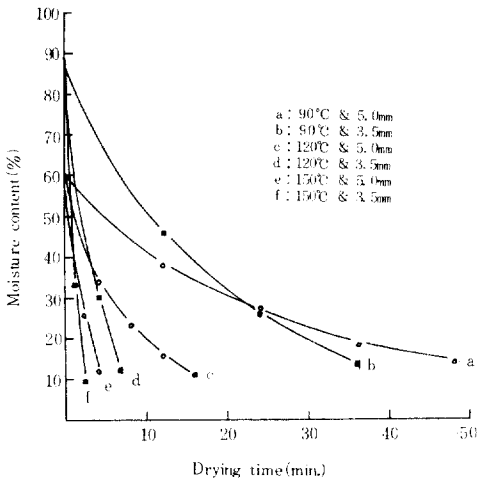


Fig. 13. Drying curves of water treated 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related platen temperature.

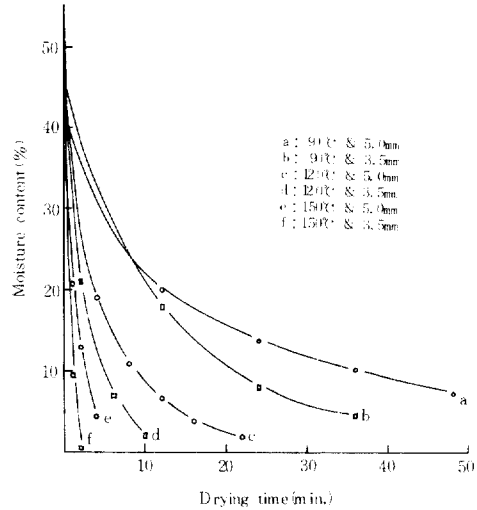


Fig. 15. Drying curves of borax-boric acid treated 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related platen temperature.

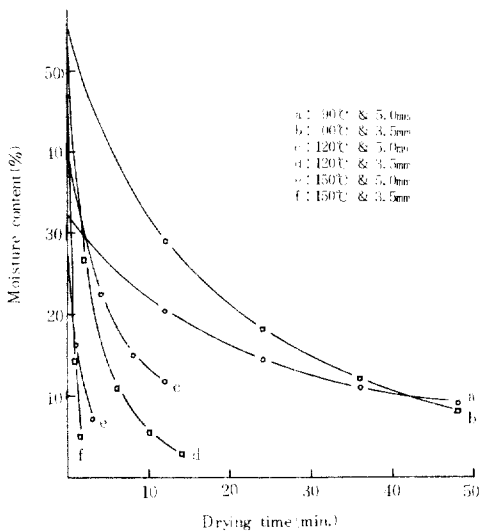


Fig. 14. Drying curves of ammonium sulfate treated 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related platen temperature.

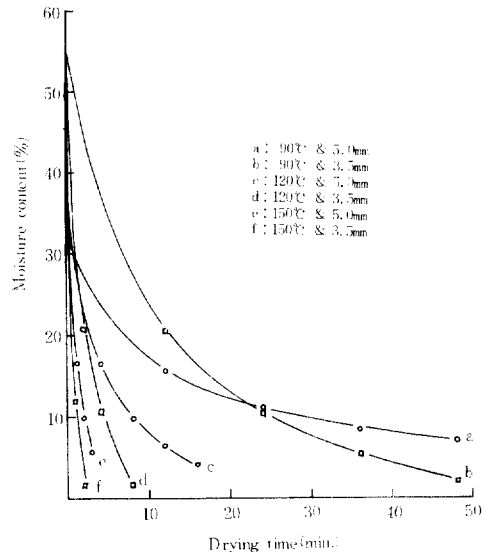


Fig. 16. Drying curves of monoammonium phosphate treated 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related platen temperature.

1.751%/min.으로 가장 적었고 미나리스處理 合板이 2.184%/min.으로 가장 컸었다. 단 水分處理 合板은 5.137%/min.로서 모든 耐火處理 合板보다 훨씬 컸었다. 藥液處理 合板 間에 乾燥速度의 差異는 두께 5.0mm 合板의 경우가 3.5mm 合板보다 적었다.

黃酸암모늄과 第1 및 第2 磷酸암모늄의 溫液에서 9時間 耐火處理 合板의 乾燥速度는 表 8 과 같이 두께 3.5mm 合板의 경우 黃酸암모늄處理 合板이 5.803

%/min.으로 가장 적었고 第1 磷酸암모늄處理 合板이 7.126%/min.으로 적었고 第2 磷酸암모늄處理 合板이 8.939%/min.로 가장 컸었다. 그러나 水分處理 合板의 10.744%/min.보다는 적었다.

두께 5.0mm 合板의 경우도 3.5mm 合板의 경우와 같이 藥液間의 乾燥速度 趨勢는 비슷하였다. 3.5mm의 合板의 乾燥速度는 5.0mm 合板의 것보다 3배程度 컸었다.

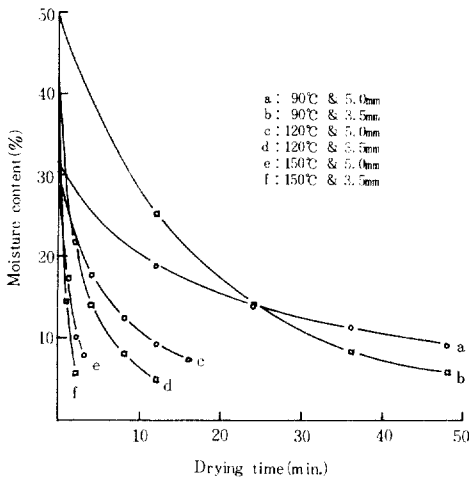


Fig. 17. Drying curves of minalith treated 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related platen temperature.

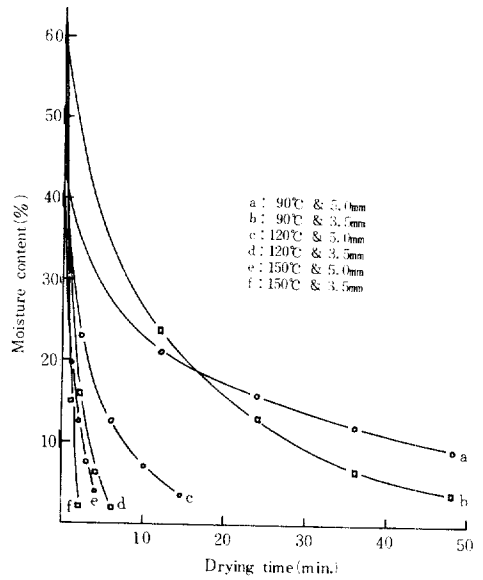


Fig. 18. Drying curves of diammonium phosphate treated 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related platen temperature.

Table 6. Drying rates at 120°C of platen temperature in borax-boric acid and minalith treatment

Treat time	Chemical type	3.5mm plywood			5.0mm plywood		
		Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%) / min.	Sp. gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%) / min.
1	Borax-Boric acid	0.509	38.996-6.165	7.295	0.599	24.369-8.544	2.637
	Minalith	0.507	35.168-7.276	5.071	0.566	31.863-13.529	3.055
3	Borax-Boric acid	0.520	44.898-4.741	5.736	0.570	30.430-8.415	2.201
	Minalith	0.536	41.834-4.801	7.406	0.611	26.204-7.471	2.341
6	Borax-Boric acid	0.533	43.910-4.803	4.600	0.543	48.967-9.826	2.174
	Minalith	0.516	46.936-3.819	4.782	0.552	29.090-7.246	2.184
9	Borax-Boric acid	0.513	53.244-2.715	3.609	0.611	40.272-11.766	2.591
	Minalith	0.518	41.097-4.805	3.024	0.601	30.058-7.320	1.421

ii) 藥液處理別 熱板溫度間 乾燥速度
 黃酸암모늄, 第1 및 第2 磷酸암모늄의 溫冷液에 9時間處理 合板의 熱板溫度 90°C에서 乾燥하여 얻은 乾燥速度는 表9와 같이 두께 3.5mm 合板의 경우 第2 磷酸암모늄處理 合板은 0.980%/min. 으로 가장 적었고 第1 磷酸암모늄處理 合板은 1.712%/min. 으로서 가장 컸으나 水分處理 合板의 2.040%/min. 보다는 적었다. 두께 5.0mm 合板의 경우는 第1 磷酸

암모늄處理 合板이 0.511%/min. 으로 가장 적었고 黃酸암모늄處理 合板은 0.626%/min. 로 가장 컸으나 水分處理 合板의 0.875%/min. 보다는 적었다.
 黃酸암모늄, 第1 및 第2 磷酸암모늄의 溫冷液에 9時間處理 合板의 熱板溫度 150°C에서 乾燥하여 얻은 乾燥速度는 表10과 같이 두께 3.5mm 合板의 경우 第1 磷酸암모늄處理 合板이 28.901%/min. 로 가장 컸었고, 두께 5.0mm 合板의 경우 第2 磷酸암모늄處

Table 7. Drying rates at 120°C of platen temperature in 6hr.-soaking treatment

Chemical type	3.5mm plywood			5.0mm plywood		
	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.
Ammonium Sulfate	0.521	39.704-5.868	3.383	0.578	25.983-8.465	1.751
Mono-ammonium Phosphate	0.505	41.996-4.852	9.286	0.585	27.640-7.400	1.760
Di-ammonium Phosphate	0.548	41.855-4.795	4.360	0.644	28.779-7.188	1.799
Borax-Boric acid	0.533	43.910-4.803	4.600	0.543	48.967-9.826	2.174
Minalith	0.516	41.855-4.795	4.782	0.552	29.090-7.246	2.184
Water	0.498	63.163-12.349	7.817	0.557	53.386-11.542	3.487

Table 8. Drying rates at 120°C of platen temperature in 9hr.-soaking treatment

Chemical type	3.5mm plywood			5.0mm plywood		
	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.
Ammonium Sulfate	0.503	53.352-2.123	5.803	0.565	51.168-1.912	2.238
Mono-ammonium Phosphate	0.510	58.566-1.557	7.126	0.597	41.538-4.043	2.343
Di-ammonium Phosphate	0.523	55.512-1.873	8.939	0.624	47.797-3.742	3.038
Water	0.505	81.860-12.023	10.744	0.617	60.964-11.264	3.313

Table 9. Drying rate at 90°C of platen temperature in 9hr.-soaking treatment

Chemical type	3.5mm plywood			5.0mm plywood		
	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.
Ammonium Sulfate	0.514	45.768-4.576	1.287	0.575	42.078-4.472	0.626
Mono-ammonium Phosphate	0.515	56.371-1.569	1.712	0.629	32.177-6.594	0.511
Di-ammonium Phosphate	0.513	59.763-0.950	0.980	0.615	43.008-4.060	0.540
Water	0.500	86.711-13.242	2.040	0.612	60.409-11.371	0.875

Table 10. Drying rates at 150°C of platen temperature in 9hr.-soaking treatment

Chemical type	3.5mm plywood			5.0mm plywood		
	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.	Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.
Ammonium Sulfate	0.524	52.844-0.383	26.230	0.601	36.357-4.441	7.979
Mono-ammonium Phosphate	0.512	59.187-1.384	28.901	0.608	36.740-5.657	7.770
Di-ammonium Phosphate	0.518	62.816-2.070	24.298	0.592	40.391-4.097	9.073
Water	0.527	87.028-9.248	31.112	0.599	55.526-12.017	10.877

Table 11. Drying rates at 90, 120 and 150°C of platen temperature in 9hr.-soaking treatment by borax-boric acid & minalith solutions

Temp. (°C)	Chemical type	3.5mm plywood			5.0mm plywood		
		Sp. Gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.	Sp. gr. Mean	Initial and final M.C. (%)	Drying rate M.C. (%)/min.
90	Borax-Boric acid	0.522	55.468-3.177	0.594	0.599	32.058-6.559	0.374
	Minalith	0.510	49.686-3.593	0.743	0.601	31.116-6.952	0.377
120	Borax-Boric acid	0.513	53.244-2.715	3.609	0.611	40.272-11.766	2.591
	Minalith	0.518	41.097-4.805	3.024	0.601	30.058-7.320	1.421
150	Borax-Boric acid	0.551	46.841-5.225	27.744	0.633	27.316-7.207	6.703
	Minalith	0.569	38.102-5.641	16.230	0.620	27.912-7.747	6.721

Table 12. Summarized table of drying rate in treated plywood by platen temperature (3.5mm)

Treating temp. (°C)	90	120	150	Total	Mean
Chemical type					
Ammonium Sulfate	1.287	5.803	26.230	33.320	11.107
Monoammonium Phosphate	1.712	7.126	28.901	37.739	12.580
Diammonium Phosphate	0.980	8.939	24.298	34.217	11.406
Borax-Boric acid	0.594	3.609	27.744	31.947	10.649
Minalith	0.743	3.024	16.230	19.997	6.666
Water	2.040	10.744	31.112	43.896	14.632
Total	7.356	39.245	154.515	201.116	
Mean	1.226	6.541	25.752		

Chemicals: F value = 2.637 (Non-significance)

Temperature: F value = 126.906** (L.S.D. 0.05 = 5.1036)

Table 13. Summarized table of drying rate in treated plywood by platen temperature (5.0mm)

Treating temp. (°C)	90	120	150	Total	Mean
Chemical type					
Ammonium Sulfate	0.626	2.238	7.979	10.843	3.614
Monoammonium Phosphate	0.511	2.343	7.770	10.624	3.541
Diammonium Phosphate	0.540	3.038	9.073	12.651	4.217
Borax-Boric acid	0.374	2.591	6.703	9.668	3.223
Minalith	0.377	1.421	6.721	8.519	2.840
Water	0.875	3.313	10.877	15.065	5.022
Total	3.303	14.944	49.123	67.370	
Mean	0.550	2.490	8.187		

Chemicals: F value = 0.3020 (Non-significance)

Temperature: F value = 15.844** (L.S.D. 0.05 = 1.4805)

理 合板이 9.073%/min.로 가장 컸었다.

두께 3.5mm와 5.0mm 耐火處理 合板의 乾燥速度는 藥液處理 間에 큰 差異가 없었고 水分處理 合板의 乾燥速度보다 적었다. 또한 3.5mm 合板의 乾燥速度는 5.0mm 合板의 것보다 3배정도 컸었다.

硼砂-硼酸 과 미나리스 溫液에 9時間 耐火處理 合板의 熱板溫度 및 乾燥速度는 表11과 같이 두께 3.5mm와 5.0mm 合板의 경우 溫度가 上昇할수록 乾燥速度는 급속히 增大하였으며 그 効果는 3.5mm 合板이 5.0mm 合板보다 顯著하였다.

以上 說明한 關係를 총괄하여 藥液處理와 熱板溫度別로 두께 3.5mm와 5.0mm 合板의 乾燥速度에 대한 총괄표는 表 12, 13과 같다. 두께 3.5mm 合板의 乾燥速度총괄표(表12)를 보면 藥液處理 間에는 第1磷酸암모늄處理 合板이 12.58%/min.으로서 最高值였고, 미나리스處理 合板은 6.67%/min.으로서 最下值였다. 단 水分處理 合板은 14.63%/min.으로서 耐火

火處理 合板의 乾燥 速度보다 훨씬 컸었다.

두께 5.0mm 合板의 乾燥速度 총괄표를 보면(表13) 藥液處理 間에는 第2磷酸암모늄이 4.22%/min.으로 最高值였고, 미나리스는 2.84%/min.으로 最低值였다. 단 水分處理 合板은 5.02%/min.으로서 耐火處理 合板의 乾燥速度보다 훨씬 컸었다.

그리고 熱板溫度 差異에 따라서 두께 3.5mm와 5.0mm 合板은 熱板溫度가 上昇함에 따라 乾燥速度가 커지는 것을 알 수 있고 3.5mm 合板의 乾燥速度는 5.0mm 合板의 것보다 2~3倍 정도 컸었다.

3. 乾燥處理 合板의 耐火度

試驗方法에서 說明한 바와 같이 耐火度는 着火時間, 殘炎時間, 裏面炎擴張길이 裏面의 炭火面積과 重量減少率을 試驗板의 두께別 그리고 藥液處理 時間別로 測定 調査하였는데 試驗結果를 表示하면 表14, 15, 16 및 그림 19와 같다.

Table 14. Burning and flame exhausted time of plywood soaked in Borax-Boric acid & Minalith solutions

Treat time (hr.)	Chemical type	3.5mm plywood				5.0mm plywood			
		Burning point (sec.)	Flame exhausted time (sec.)	Flame spread length (cm)	Carbonized area (%)	Burning point (sec.)	Flame exhausted time (sec.)	Flame spread length (cm)	Carbonized area (%)
1	Borax-Boric acid	22.7	190	15	53.3	18.7	28.3	5.3	18.7
	Minalith	18.3	2.7	0	0	18.3	14.3	1.7	4.3
3	Borax-Boric acid	14.3	1.3	0	0	23.7	87	5.8	24.7
	Minalith	32.2	0	0	0	24.7	119	10.2	48.7
6	Borax-Boric acid	17.7	3.3	0	0	24	6	1	2
	Minalith	25.7	0.3	0	0	15.3	44.3	6.2	27
9	Borax-Boric acid	13.3	5	0	0	18.3	211	10.2	38.7
	Minalith	27.3	0.7	0	0	17.7	126	11	35

먼저 表14와 같이 1時間의 處理에서 着火點을 보면 두께 3.5mm의 合板에서 硼砂-硼酸이 22.7秒였고 미나리스는 18.3秒였으며 두께 5.0mm 合板에서 硼砂-硼酸이 18.7秒였고, 미나리스는 18.3秒였다. 殘炎時間에 있어서는 두께 3.5mm 合板의 境遇 미나리스는 2.7秒로서 優秀하였고, 硼砂-硼酸은 190 秒로서 가장 不良하였다. 또 두께 5.0mm 合板에서는 미나리스가 14.3秒로서 優秀하였고, 硼砂-硼酸은 28.3秒

로서 不良하였다. 그리고 裏面炎擴張 길이와 裏面의 炭化面積을 보면 두께 3.5mm 合板에서 미나리스가 무 無炎 및 無炭化를 나타내어 良好한 結果를 나타내었고, 두께 5.0mm 合板에서도 미나리스가 各各1.7cm와 4.3%를 나타내어 亦是 優秀한 値를 보여 주었다.

3時間의 處理에서 나타난 測定結果에서 보면 두께 3.5mm의 合板에 대한 着火點이 硼砂-硼酸과 미

나리스處理 合板의 경우는 各各 14.3秒와 32.3秒였고, 두께 5.0mm의 두꺼운 合板의 경우는 硼砂-硼酸과 미나리스處理 合板이 各各 23.7秒와 24.7秒로서 着火를 遲延시키는 傾向을 나타내고 있다. 殘炎時間에 있어서는 두께 3.5mm 合板의 境遇 無殘炎~1.3秒로서 뚜렷한 効果를 나타내었다. 또 두께 5.0mm 合板의 境遇 87~119秒로서 3.5mm의 合板보다 훨씬 不良하였다. 裏面炎擴張 長이와 炭化面積에 있어서는 두께 3.5mm의 合板의 境遇 藥液處理는 모두 無炎 및 無炭化를 나타내어 優秀함을 나타냈으며, 또 두께 5.0mm의 合板의 境遇, 裏面炎擴張 長이가 5.8~10.2cm 이고 炭化面積은 24.7~48.7%로서 比較的 良好한 結果를 나타내었다.

6時間의 藥液處理에서 나타난 測定結果를 表示하면 表15와 같다. 이 表에서 藥液處理한 두께 3.5mm의 合板에 對한 着火點을 보면 水分處理와 無處理 合板이 各各 8秒와 11秒 인데 反하여 藥液處理 合板

은 12.3~25.7秒를 나타내었고 두께 5.0mm의 合板에서는 水分處理와 無處理 合板이 各各 10.3秒와 11秒 인데 反하여 藥液處理 合板은 11~24秒를 나타내고 있어서 藥液處理 合板의 着火點이 遲延되는 傾向을 나타내었다. 殘炎時間에 있어서는 두께 3.5mm 合板의 境遇 水分處理와 無處理 合板이 各各 96秒와 125秒인데 反하여 藥液處理 合板은 0.3~5.3秒로서 越等히 優秀한 結果를 나타내었고 두께 5.0mm 合板에서는 水分處理와 無處理가 74秒와 71秒인데 反하여 藥液處理 合板은 4.0~44.3秒로 얇은 合板과 같이 殘炎時間이 一層 짧다는 것을 알 수 있었다. 또 裏面炎擴張 長이와 炭化面積의 境遇에는 두께 3.5mm 合板에 있어서 藥液處理 合板은 모두 無炎 및 無炭化를 보여준데 反하여 水分處理와 無處理 合板은 各各 10~15cm와 53.3~80.0%로서 뚜렷한 差異를 보여주었고, 두께 5.0mm 合板에서 藥液處理의 境遇, 裏面炎擴張 長이와 炭化面積이 各各 1.0~6.2cm와 2~27

Table 15. Burning and flame exhausted time of 6hr-soaked plywood by solutions

Chemical type	3.5mm plywood				5.0mm plywood			
	Burning point (sec.)	Flame exhausted time (sec.)	Flame spread length (cm)	Carbonized area (%)	Burning point (sec.)	Flame exhausted time (sec.)	Flame spread length (cm)	Carbonized area (%)
Ammonium Sulfate	12.3	5.3	0	0	13	20.7	2.5	5.7
Monoammonium Phosphate	13.3	1.3	0	0	11	7.3	1.7	5
Diammonium Phosphate	25.7	2.3	0	0	16.7	4	1.5	6
Bcrax-Boric acid	17.7	3.3	0	0	24	6	1	2
M.nalith	25.7	0.3	0	0	15.3	44.3	6.2	27
Water	8	96	10	53.3	10.3	74	15	83.3
Nontreated	11	125	15	80	11	71	15	80

Table 16. Burning and flame exhausted time of 9hr-soaked plywood by solutions

Chemical type	3.5mm plywood				5.0mm plywood			
	Burning point (sec.)	Flame exhausted time (sec.)	Flame spread length (cm)	Carbonized area (%)	Burning point (sec.)	Flame exhausted time (sec.)	Flame spread length (cm)	Carbonized area (%)
Ammonium Sulfate	12.3	2.3	0.7	3.3	9.3	17.7	1.8	5.7
Monoammonium Phosphate	10.7	0	0	0	9.7	3.3	2.7	8.0
Diammonium Phosphate	12.7	0	0	0	11.3	20.7	1.8	5.7
Water	8.0	117.0	15.0	81.7	11.7	145.3	15.0	80.0
Nontreated	11.0	125.0	15.0	80.0	11.0	71.0	15.0	80.0

%인데 反하여 水分處理와 無處理에서는 各各 15cm와 80.0~80.3%로서 뚜렷하게 큰 差異를 나타내었다.

9時間의 藥液處理에서 나타난 測定結果를 表示하면 表14 및 16과 같다. 이 表16에서 藥液處理한 두께 3.5mm의 合板에 對한 着火點을 보면 水分處理와 無處理 合板이 各各 8秒와 11秒인데 反하여 藥液處理 合板은 10.7~12.7秒를 나타냈고, 두께 5.0mm의 合板에서는 水分處理와 無處理 合板이 各各 11.7秒와 11.0秒인데 反하여 藥液處理 合板은 9.3~11.3秒로서 不良한 結果를 나타내었으나, 表14에서와 같이 硼砂-硼酸과 미나리스에서는 各各 18.3秒와 17.7秒로 優秀한 結果를 나타내었다. 表16의 殘炎時間에 있어서는 두께 3.5mm 合板의 境遇 藥液處理 合板에서 無殘炎~2.3秒인데 反하여 水分處理와 未處理 合板은 各各 117秒와 125秒로서 큰 差를 보였다. 그리고 두께 5.0mm 合板에서는 藥液處理 合板의 境遇 3.3~20.7秒로서 水分과 未處理 合板의 值인 145.3秒와 71秒보다 比較的 效果가 좋았다. 또 裏面炎擴長 길이와 炭火面積은 두께 3.5mm 合板의 境遇, 藥液處理 合板에서 各各 無炎 및 無炭火의 值를 나타내었으나 黃酸암모늄에서만은 各各 0.7cm와 3.3%를 나타냈다. 그러나 水分處理와 無處理 合板의 結果인 15cm와 80.0~81.7%와 比較하면 큰 差異를 나타내었다. 그리고 두께 5.0mm의 合板에서는 藥液處理 合板에서 各各 1.8~2.7cm와 5.7~8.0%이다. 그러나 水分處理와 無處理 合板의 結果는 같은 값인 15cm와 80%보다 훨씬 良好한 結果를 나타내었다.

한편 處理合板의 重量 減少率을 表示하면 表17 및

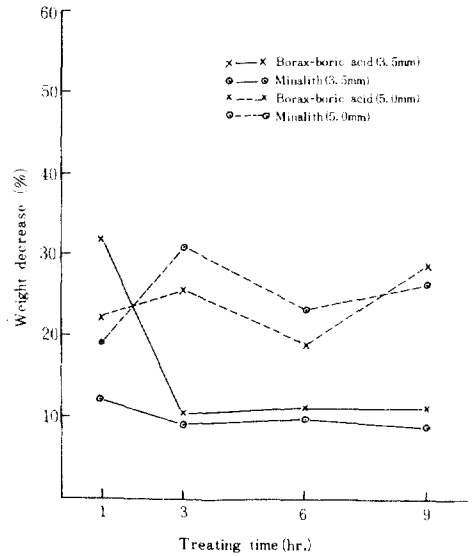


Fig. 19. Weight decrease of 3.5mm & 5.0mm thickness plywood related treating time in boraxboric acid & minalith solutions.

그림 19와 같다. 두께 3.5mm 合板의 試驗結果로 만든 曲線은 미나리스와 硼砂-硼酸處理 合板 사이에 약간의 差異를 보여 주었고 두께 5.0mm의 試驗結果로 만든 曲線도 亦是 미나리스와 硼砂-硼酸處理 合板사이에 差異가 있음을 보여주고 있으나 藥液處理 合板 사이에 나타나는 重量減少率의 差異는 두께 5.0mm의 合板이 두께 3.5mm의 合板보다 크다는 것을 나타냈다.

Table 17. Weight loss (%) of 9 hours soaked plywood

Thickness (burning time)	3.5mm (1min.)	5.0mm (3min.)	Total	Mean
Ammonium Sulfate	12.0	19.0	31.0	15.5
Monoammonium Phosphate	10.6	16.7	27.3	13.65
Diammonium Phosphate	10.4	15.8	26.2	13.1
Borax-Boric acid	11.5	28.9	40.4	20.2
Minalith	9.9	26.9	36.8	18.4
Water	43.2	47.0	90.2	45.1
Nontreated	49.9	47.1	97.0	48.5
Total	147.5	201.4	348.9	174.5
Mean	21.07	28.77	49.84	24.92

考 察

1. 藥液處理量

試驗結果에서 說明한 바와 같이 藥劑別 吸收量은 最低 保留量을 얻기 위해서 6時間의 溫液浸漬 處理를 實施하였으나 3.5mm와 5.0mm 合板에서 모두 目的을 達成할 수 없었다. 따라서 黃酸암모늄, 第1 磷酸암모늄, 第2 磷酸암모늄을 溫浴法으로 9時間까지 그리고 硼砂-硼酸과 미나리스는 溫液浸漬을 9時間까지 適用하여 處理하였는 바 美國 林產物 研究所(1974)와 Koch, P. (1972)가 제시한 最低保留量인 1.125~2.250kg/(30cm)³ (2.5~5L.B.S./cu. ft.)의 範圍에 大體로 接近하는 結果를 얻을 수 있다.

即 3.5mm 合板은 第1 磷酸암모늄 1.353kg/(30cm)³, 第2 磷酸암모늄 1.331kg/(30cm)³, 黃酸암모늄 1.263kg/(30cm)³, 硼砂-硼酸 1.226kg/(30cm)³로 最低保留值에 到達하였으나 미나리스는 0.906kg/(30cm)³으로 未達되었다. 한편 5.0mm 合板의 경우는 黃酸암모늄이 1.356kg/(30cm)³, 第2 磷酸암모늄이 1.166kg/(30cm)³로서 最低保留量에 到達하였고 第1 磷酸암모늄, 硼砂-硼酸과 미나리스는 未達이었다. 그러므로 5.0mm의 合板은 3.5mm의 合板보다 藥劑吸收效果가 不良하게 나타났는데 이것은 5.0mm 合板이 3.5mm 合板에 比較하여 容積이 그만큼 크기 때문에 單位容積에 吸收된 藥劑量의 相對적으로 작게 된다 基因한다.

合板의 耐火處理를 加用的으로 實施하여 얻은 藥劑保留量을 보면 King, E. G. Jr.와 D. A. Matteson, Jr. (1961)는 成分이 밝혀지지 않은 商業用 耐火劑로 2.45kg/(30cm)³ (5.45LBS/cu. ft.)를 Jessome, A. P. (1962)는 3가지의 암모늄系藥劑로 1.35, 2.70, 4.05kg/(30cm)³ (3.6, 9LBS/cu. ft.)를 Mackay, J. F. G. (1978) 및 J. W. Johnson (1979)은 黃酸 암모늄과 硼砂混溶液의 數種의 藥劑로 2.25kg/(30cm)³과 3.42kg/(30cm)³ (5 LBS/cu. ft. 및 7.6LBS/cu. ft.)를 處理하고 있어서 모두 높은 藥液處理를 하였으나 最低의 保留量과는 關係없는 研究를 하였으며 本 研究에서는 前述한 美國 林產物 研究所의 提議에 따라 藥液吸收의 效果를 考慮하여 9時間을 處理하므로써 3.5mm 合板에서 1.125kg/(30cm)³ 이상의 最低保留量을 大體로 얻을 수 있었다.

Eickner, H. W.와 E. L. Schaffer (1967)가 美松合板에 黃酸암모늄 외 10種의 藥劑로 耐火處理를 實施하여 耐火效果를 研究함에 있어서 0.135kg/(30cm)³ 이상의 保留量을 얻도록 處理하여 研究를 遂行

하였으며 Toshimi Hirata (1981, 1981) 등은 木材에 第2 磷酸암모늄 외 6種의 耐火藥液을 處理함에 있어서 0.0189~1.35kg/(30cm)³의 保留量을 얻은 다음 燃燒性을 研究한 바 있으나 最低保留量을 提示한 바는 없다.

또 Juneza, S. C.와 L. R. Richardson (1977)은 合板의 耐火處理를 爲해서 우레아·디치안 디 아마이드·히름·알레하이드·요소 인산을 浸漬處理로 實施하였는데 10, 60, 180 및 420分間을 處理하여 各各 6.2, 9.2, 10.0 및 10.2%의 保留量을 얻은 바 있어서 處理時間이 延長됨에 따라 藥劑 保留量이 增加하는 傾向을 나타내었다.

本 研究에서도 合板에 硼砂-硼酸과 미나리스 藥液을 處理하여 얻은 藥劑保留量을 大體로 6時間까지 處理時間을 增加시킴에 따라 增加하는 傾向을 나타 내었다. (그림 2)

處理時間이 增加함에 따라 吸收量(率)이 增加하는 現象을 이미 金, 李 (1978) 및 李, 鄭 (1980)의 研究에서 實증 結果가 一致하고 있음을 나타 내었다. 그러나 硼砂-硼酸과 미나리스는 6時間에서 9時間으로 處理時間을 增加시켰음에도 불구하고 미나리스는 3.5mm의 合板에서 그리고 硼砂-硼酸은 5.0mm의 合板에서 多少의 吸收량이 低下하는 現象을 나타냈다.

이것은 藥劑間的 吸收 性能으로 인해서 一定한 溫度의 藥液條件下에서 藥液이 板內에 飽和된 다음 다시 藥液이 流出되어 나오는 現象으로 인한 것이 아닐까 추측된다.

2. 乾燥經過 및 速度

한편 本 研究에서 適用한 熱板乾燥는 過去의 研究者들의 結果에 따라 適用되었는데 Koch, P. (1964), Lutz, J. F. (1974), Lutz, J. F. (1974) 등과 Chen, P. Y. S. (1978) 등이 두께 1.27cm (1/2 inch) 以下の 單板이나 板材를 熱板乾燥한 때는 比較的 낮은 溫度인 121°C (250°F) 前後의 乾燥溫度를 適用하였고 熱板壓力은 3.52~7.04kg/cm² (50~100psi)를 適用하여 實施한 바 있으나 Heebink, B. G.와 K. C. Compton (1966), Hitmeier, M. E. (1968) 등, Haygreen, J. G.와 K. Turkia (1968), Turkia, K.와 J. G. Haygreen (1968) 및 Chen, P. Y. S.와 F. E. Biltonen (1979) 등은 두께 1.27cm (1/2 inch) 以上の 板材나 판넬을 乾燥시키는데 있어서 熱板溫度를 148.8~176.6°C (300~350°F)를 適用하였고 熱板壓力은 1.76~10.56 kg/cm² (25~150psi)를 適用하여 實施한 바 있다. 이들이 熱板乾燥에 있어서 얻은 研究結果는 熱板 溫度와

壓力를 176.6°C (350°F)와 3.52kg/cm² (50psi)를 適用하는 것이 가장 理想的이라고 하였다.

따라서 本 研究에서는 材料로 使用한 合板이 두께 3.5mm와 5.0mm의 얇은 合板이기 때문에 모든 處理 合板에 대하여 一律的으로 120°C의 熱板溫度와 3.52 kg/cm²의 熱板壓力를 適用하였다.

두께에 따른 乾燥速度를 보면 두께 3.5mm의 合板에서 얻은 乾燥速度가 두께 5.0mm의 合板보다 거의 2倍 以上の 乾燥速度를 나타내었다. 本 研究에서 3.5mm 두께의 合板에서 나타나고 있는 높은 乾燥速度는 熱板사이에서 끼워진 處理合板의 熱傳導에 있어서 上下의 熱板으로 부터 얇은 處理合板의 中心部에 까지 傳達되는 時間이 매우 짧기 때문에 板内の 溫度 上昇을 促進하고 이것이 乾燥를 빠른 速度로 進行시키는데 原因이 된 것으로 믿어진다. 그러나 두께 5.0mm의 合板은 反대로 上下部 熱板으로 부터 溫度傳達이 늦으므로 水分의 脫散 效果가 그만큼 낮다고 생각된다.

또 熱板溫度에 따른 乾燥特性을 究明키 爲해서 9 時間 處理分에 對하여 90, 120 및 150°C를 適用하고 3.52kg/cm²의 壓力를 適用하여 實驗을 進行시켰다. 試驗結果에 따라 얻은 乾燥曲線(그림 6,7,11~18)에 依하면 모든 處理時間에서 水分處理 合板의 乾燥曲線이 藥液處理 合板의 乾燥曲線 보다 初期 含水率은 높았고 또한 乾燥曲線의 傾斜가 急하여 신속한 乾燥가 이루어졌는데 이것은 水分處理 合板의 初期 含水率이 훨씬 높고 藥液處理는 板内に 吸濕性이 높은 成分이 存在하고 있을뿐만 아니라 이 成分이 木材空隙에 浸透되어 있으므로 水分 流動을 저해하는 現象이 일어나기 때문이다.

또 一定時間에 나타나는 乾燥速度를 比較하면 두께 3.5mm의 合板에서는 6時間 處理에서 第1 磷酸 암모늄處理 合板을 除外하고 水分處理 合板의 乾燥速度가 藥液處理 合板의 乾燥速度 보다 높게 나타나고 있다. 이와같은 現象은 두께 5.0mm의 合板에 있어서도 6時間 以上の 處理에서 똑같은 結果를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 處理方法은 다르지만 6時間이나 9時間과 같이 長時間을 處理하게 되면 藥液의 吸收量이 上昇하게 되는데 吸收量이 增加한 藥液處理 合板은 水分處理 合板에 比較하여 乾燥시키기가 어렵다는 것을 알 수 있다.

乾燥速度로 乾燥效果를 表示한 報告로는 最近에 Mackay, J. F. G(1978)가 處理合板의 人工乾燥에서 그리고 Turkia, K와 J. G. Haygreen(1968)이 포푸라 耐火材의 熱板 乾燥에서 取扱하였으며 李弼宇(1980)는

美松과 포푸라 耐火處理 構造合板의 熱板乾燥에서 各各 乾燥速度를 取扱하고 其 單位를 時間當 含水率(M. C/hr.)과 分當 含水率(M. C./min.)로 表示하였다. 이들 研究는 各其 取扱된 材料의 두께에 따른 乾燥速度 單位가 다르기 때문에 直接 比較할 수 없고 또 本 研究와 같이 對照區로서 水分處理와 比較하지 않았기 때문에 直接 比較할 수가 없으나 다만 李弼宇(1980)의 研究結果에 依하면 乾燥速度가 높아질수록 水分處理 合板의 乾燥速度가 藥液處理合板보다 높은 傾向을 뚜렷하게 하였다.

熱板溫度에 따른 乾燥速度를 考察하여 보면 Mackay, J. F. G. (1978)가 處理合板의 熱氣乾燥를 實施함에 있어서 乾燥溫度를 63, 74, 85 및 96°C에서 乾燥를 進行하였는데 各各의 乾燥溫度에서 얻은 乾燥速度는 1.26, 1.90, 2.39 및 2.58%/hr.의 値를 얻어서 乾燥溫度가 上昇함에 따라 乾燥速度가 上昇함을 報告하였고, 最近의 李弼宇(1980)의 研究에 依하면 處理合板의 熱板乾燥에서 熱板溫度를 121.1°C (250°F), 148.8°C (300°F) 및 176.6°C (350°F)에서 乾燥를 實施하였는데 各各에서 얻은 乾燥速度는 水分處理 美松合板에서 36.6%/hr., 70.1%/hr., 및 123.7%/hr.로서 急激히 上昇함을 보여주었고 水分處理 포푸라 合板의 境遇에서 亦是 34.9%/hr., 93.9%/hr. 및 140.2%/hr.로서 똑같이 熱板溫度가 높아짐에 따라 뚜렷하게 乾燥溫度가 上昇함을 보여 주었다. 本 研究에서도 두께 3.5mm 合板의 境遇, 熱板溫度 90, 120 및 150°C에서 各各 나타낸 乾燥速度는 1.23%/min., 6.54%/min. 및 25.75%/min.였고, 두께 5.0mm의 合板의 境遇는 亦是 같은 溫度條件에서 各各 乾燥速度가 0.55%/min., 2.49%/min. 및 8.19%/min.를 나타내고 있어서 熱板溫度가 높으면 乾燥速度가 크게 上昇함을 알 수가 있고 위의 研究結果와 一致하고 있다.

Hittmeier, M. E(1968) 등에 依하면 熱板乾燥에 있어서 熱板溫度 173.9°C (345°F)와 熱板壓力 3.52 kg/cm² (50 psi)를 適用하였을때 두께 1.27cm (1/2 inch)材는 樹種과 初期 含水率에 따라 다르나 含水率 4~6% 까지 말리는데 25~75분이 걸리고 두께 2.54cm (1 inch) 板材는 100~200분의 時間이 所要된다고 하였다. 또 李弼宇(1980)의 報告에 依하면 1.59cm (5/8 inch) 두께의 美松 및 포푸라 耐火處理 合板을 乾燥시키는데 있어서 含水率 10~12%까지 到達시키는데 藥劑에 따라 약간의 乾燥時間의 差를 나타내었으나 가장 느리게 乾燥하는 藥液와 연크롬산염 處理合板을 除外하고 熱板溫度 121.1°C

(250°F)의 境遇 150~610分, 148.8°C (300°F)에서는 80~150分, 그리고 176.6°C (350°F)에서는 60~95分이 所要된다고 하였다.

本 研究에서 9時間 耐火處理로 부터 얻은 乾燥速度를 利用하여 計算한 乾燥時間을 考察하여 보면 初期含水率을 70%로 하고 含水率 10%까지 乾燥시키는데 必要한 時間은 熱板溫度가 낮은 90°C에서 두께 3.5mm 耐火處理合板에서는 48.94分과 두께 5.0mm 耐火處理合板에서는 109.09分이 所要되었고 120°C에서는 3.5mm 耐火處理合板에서 7.36分과 두께 5.0mm 耐火處理合板에서 21.95分이 必要하였으며 높은 溫度인 150°C에서는 두께 3.5mm 耐火處理合板에서 不過 2.33分과 두께 5.0mm 耐火處理合板에서 7.33分이 各各 所要되었다. 따라서 本 研究의 結果 上述한 Hittmeier, M. E. (1968) 등과 李弼宇 (1980)의 結果와 같은 熱板溫度에서 比較할 때 乾燥時間에 큰 差異가 있음을 알 수가 있는데, 이와 같이 本 研究에서 얻은 乾燥時間이 위의 結果들 보다 짧게 나타난 것은 試驗用處理合板이 上述한 研究에서 利用한 合板의 두께보다 훨씬 얇기 때문에 나타난 것이다. 結局 얇은 處理合板은 두꺼운 處理合板보다 빨리 乾燥되고 熱板의 溫度가 높아질수록 그만큼 빨리 乾燥한다는 것을 實驗적으로 뒷받침 하고 있다.

그리고 處理合板에 있어서 水分處理合板과 藥劑處理合板 사이에 나타나는 乾燥曲線은 乾燥溫度別로 比較하기 爲하여 含水率과 乾燥時間의 資料를 利用한 曲線 回歸式을 求하였는데 그림 20 및 21과 같다. 이들 回歸式에 따라 그린 曲線들을 考察한다면 두께 3.5mm와 5.0mm의 合板에서 모두 熱板溫度가 높은 150°C의 境遇에 가장 빨리 乾燥하고, 그 다음은 120°C이고 가장 늦게 乾燥하는 것은 90°C의 熱板溫度에서

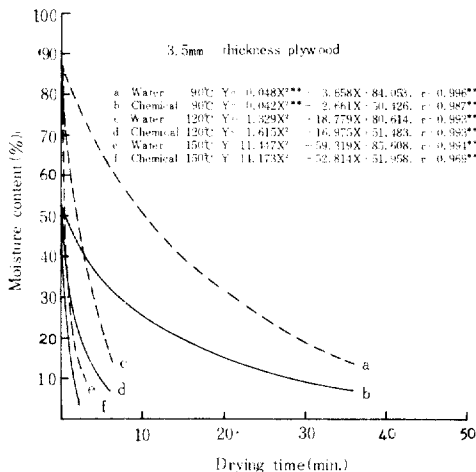


Fig. 20. Drying curves of water & chemical treated plywood related platen temperature.

이루어짐을 明白히 알 수 있다. 또 水分處理合板과 藥劑處理合板의 乾燥曲線을 比較하면 모든 處理別 乾燥溫度에서 藥劑處理보다 水分處理合板의 乾燥曲線의 傾斜가 더 急하였으며 같은 條件으로 耐火處理를 하였을 때 藥劑處理合板은 初期含水率이 낮기 때문에 乾燥時間이 짧게 나타났다. 따라서 藥劑處理와 水分處理를 同一時間으로 하고 乾燥速度를 比較하면 藥劑處理合板은 水分處理合板보다 水分吸收量이 뚜렷하게 적기 때문에 그만큼 乾燥時間이 짧은 것으로 믿어진다.

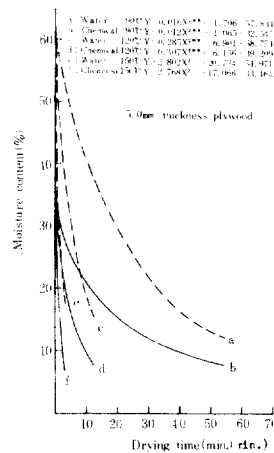


Fig. 21. Drying curves of water & chemical treated plywood related platen temperature.

本 研究에서 9時間을 處理한 合板의 藥劑間 乾燥速度를 90, 120 및 150°C의 熱板溫度에서 얻은 乾燥速度로부터 判斷한다면 水分處理合板은 두께에 關係없이 가장 빨랐고 藥劑處理合板中에서는 두께 3.5mm 合板의 境遇 第1 磷酸암모늄, 第2 磷酸암모늄, 黃酸암모늄, 硼砂-硼酸과 미나리스 處理의 順으로 乾燥速度를 나타내었다. 또 두께 5.0mm의 藥劑處理合板에서는 人體로 第2 磷酸암모늄, 黃酸암모늄, 第1 磷酸암모늄, 硼砂-硼酸과 미나리스 處理合板의 順으로 乾燥速度를 나타내었다고 判斷된다.

3. 乾燥合板의 耐火度

耐火處理合板의 耐火度는 水分處理나 無處理合板이 藥劑處理合板 보다 뚜렷하게 不良하다는 것은 試驗結果에서 記述한 바 있다. 다만 重量減少率에서 特記할 만한 事實은 3時間 以上の 藥劑處理에서는 重量減少率의 差가 뚜렷하지 않았으나 處理藥劑 사이에는 多少의 差異를 보여 주었는데 두께 3.5mm 合板보다 두께 5.0mm의 合板에서 더 큰 差異를 나타냈

다. 이와 같이 두께 3.5mm 합板上에서 重量減少率에 있어서 差異가 작은 것은 얇은 합板은 그만큼 쉽게 燃燒되기 때문에 燃燒時間을 1分으로 하여 炎이 닿는 表面에만 比較的 같은 量으로 燃燒된 데 原因이 있는 것으로 여겨진다. 이와 같은 結果는 6時間과 9時間의 處理에서 炎의 長과 裏面의 炭化面積의 差가 거의 없이 無炭 無炭化를 나타낸 것으로도 뒷받침 된다고 생각한다. 그러나 두께 5.0mm 합板에서는 上述한 바와 같이 重量 減少率에 있어서 많은 差異를 보여 주었는데, 燃燒時間을 3分間으로 하였기 때문에 板의 表面으로부터 浸透되는 燃燒의 힘으로 裏面까지도 部分的이지만 炭化를 일으킨데 原因이 있다고 생각한다. 따라서 炎의 길이와 炭化面積의 値가 多樣하게 測定되었을 것으로 여겨진다. 重量減少率이 가장 낮은 藥劑는 第2磷酸암모늄이었고, 다음은 第1磷酸암모늄, 黃酸암모늄, 硼砂-硼酸과 미나리스의 順으로 높아졌다.

耐火度의 測定結果를 藥劑間에 比較한 研究는 Eickner, H. W. 및 E. L. Schaffer (1967)가 報告한 바 있는데, 이들은 염화나트륨, 크롬산나트륨, 硼酸, 黃酸암모늄, 硼酸鹽, 염화아연 및 第1磷酸암모늄 등의 順序로 불꽃擴張의 效果가 줄어드는 現象을 曲線으로 報告하였다. 即, 위의 研究에서 암모늄系의 藥劑가 優秀한 結果를 나타낸 것과 같이 암모늄系인 第1磷酸암모늄이 불꽃擴張指數 (Flame-spread index)에 있어 가장 耐火效果를 나타내는 약제로 報告하였다.

또 Toshimi Hirata 等(1981)은 第2磷酸암모늄, 臭化암모늄, 술포민酸암모늄, 술포민酸구와니딘, 第4硼酸나트륨, 硼酸, 塩化나트륨 等으로 木材에 耐火處理를 實施하여 耐火度를 測定 調査하였는데 重量減少率에 있어서 第2磷酸암모늄이 가장 작은 値를 나타내어 優秀하였으며 술포민酸암모늄 等도 좋은 結果를 얻은바 있고 殘炭時間에 있어서는 第2磷酸암모늄을 包含한 암모늄系 藥劑가 뚜렷하게 優秀하다는 報告을 하였다. 또 이들의 研究에서 單一藥劑로는 第2磷酸암모늄이 가장 優秀하다는 것을 報告하였다. 따라서 本 研究에서 使用한 藥劑와 꼭 같지 않기 때문에 直接 比較할 수 없으나 試驗結果에 나타난 成績을 考察하였을 때 第2磷酸암모늄, 第1磷酸암모늄, 黃酸암모늄의 順序로 耐火效果에 있어서 암모늄系 藥劑가 뚜렷하게 優秀함을 本 研究의 實驗에서도 確認할 수 있었다. 그러나 다른 系統의 藥劑와 混合한 硼砂-硼酸과 미나리스는 期待한 만큼 耐火效果가 좋지 않았다.

結 論

以上과 같이 耐火處理合板의 藥液吸收量, 乾燥曲線, 乾燥速度 및 耐火度의 試驗結果를 記述하고 考察하여 보았는데 本 研究에서 뚜렷하게 認定할 수 있는 重要な 結論을 지으면 다음과 같다.

1) 溫冷浴法으로 9時間의 耐火處理를 實施하므로써 얻은 두께 3.5mm 합板의 藥劑保留量은 第1磷酸암모늄 1.353kg/(30cm)³, 第2磷酸암모늄 1.331kg/(30cm)³, 黃酸암모늄 1.263/(30cm)³, 硼砂-硼酸 1.226kg/(30cm)³으로 最低保留量에 到達하였으나 미나리스는 0.906kg/(30cm)³로 未達되었다.

두께 5.0mm 합板의 藥劑保留量은 黃酸암모늄 1.356kg/(30cm)³, 第2磷酸암모늄 1.166kg/(30cm)³로서 最低保留量에 到達하였으나 第1磷酸암모늄, 硼砂-硼酸과 미나리스는 未達이었다.

2) 3.5mm와 5.0mm 합板의 乾燥曲線은 6時間과 9時間의 耐火處理에서 藥液處理 合板이 水分處理合板보다 乾燥曲線의 傾斜가 더 적었다. 그리고 두께에 따른 乾燥速度는 3.5mm 합板의 境遇 5.0mm 합板의 乾燥速度보다 約 3倍 以上 더 빨랐다.

3) 藥劑別 乾燥速度는 熱板溫度 120℃로 乾燥하였을때 두께 3.5mm의 合板에서 第2磷酸암모늄이 가장 높은 傾向을 나타내었고 두께 5.0mm의 合板에서도 第2磷酸암모늄이 가장 높은 傾向을 나타내었다. 그러나 處理時間 6時間 以上에서 水分處理 合板의 乾燥速度가 더욱 높았다.

4) 熱板溫度에 따른 乾燥速度는 熱板溫度가 上昇함에 따라 뚜렷하게 上昇하였으며 두께 3.5mm 合板의 境遇 熱板溫度 90, 120 및 150℃에서 各各 1.23%/min., 6.54%/min., 25.75%/min.였고 두께 5.0mm의 合板에서는 各各 0.55%/min., 2.49%/min., 8.19%/min.를 나타내었다.

5) 耐火處理合板의 耐火度에 있어서 藥劑사이의 重量減少率은 두께 3.5mm와 5.0mm 合板에서 第2磷酸암모늄이 가장 적었고 다음은 第1磷酸 암모늄이었으며 그 다음은 黃酸암모늄, 미나리스 및 硼砂-硼酸의 順序로 增加하였다. 着火時間, 殘炭時間, 裏面의 炭火面積에 있어서는 第2磷酸암모늄이 가장 優秀하였고 다음은 第1磷酸암모늄, 黃酸암모늄, 硼砂-硼酸, 미나리스順으로 效果를 나타냈다.

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. AWWA. 1974. Plywood-fire retardant treatment by pressure process. Standard C. 27-74, AWWA, Washington, D.C.
 3. Black, J.M. 1958. The effect of fire-retardant chemicals on glues used in plywood manufacture. U.S.D.A., Forest Serv. Forest Prod. Lab. Rpt. 1427:7p.
 4. Blew, J.O. and W.Z. Olson. 1950. The durability of birch plywood treated with wood preservatives and fire-retarding chemicals. AWWA, annual meeting of April 25, 26, 27, 1950, Rice Hotel, Texas:16pp.
 5. Brenden, J.J. 1973. How fourteen coating systems affected smoke yield from Douglas-fir plywood U.S. Forest Service, Research Paper FPL-214:14pp.
 6. Brenden, J.J. 1974. Rate of heat release from woodbase building materials exposed to fire. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-230: 17pp.
 7. Brenden, J.J. 1975. Wood base building materials; rate of heat release. *Jour. of Fire & Flammability* 6:274-293.
 8. Brenden, J.J. 1975. How nine inorganic salts affected smoke yield from Douglas-fir plywood. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-249: 13pp.
 9. Brenden, J.J. 1977. Measurements of heat release rates on wood products and an assembly. U.S. Forest Service, Research Paper FPL-281:12pp.
 10. Chen, C.M. 1975. Gluing study of pyresote-treated fire-retardant plywood. Part I, *Forest Prod. Jour.* 25(2):33-39
 11. Chen, Peter, Y.S. 1978. Press-drying black walnut wood: Continuous drying vs. step drying. *Forest Prod. Jour.* 28(1):23-25.
 12. Chen, Peter, Y.S. and F.E. Biltonen. 1979. Effect of prefreezing of press drying of black walnut heartwood. *Forest Prod. Jour.* 29(2): 48-51.
 13. 鄭希錫. 1978. 板材와 單材의 熱板乾燥에 關한 研究. 서울대 博士學位論文. 65pp.
 14. Dolenko, A.J. and M.R. Clarke. 1973. Fire retardant prefinished plywood. *Forest Prod. Jour.* 23(10):22-27.
 15. Eicker, H.W. and E.L. Schaffer. 1967. Fire retardant effects of individual chemicals on Douglas-fir plywood. *Fire Technol.* 3(2):90-104p.
 16. Gerhards, C.C. 1970. Effect of fire retardant treatment on bending strength of wood. U.S.D.A. Forest Service, Res. Pap. FPL-145.
 17. Groah, W.J. 1973. A study of certain operating and material variables on the 25-foot tunnel flamespread test. *Forest Prod. Jour.* 23(12):39-45.
 18. Haygreen, J.G. and K. Turkia. 1968. Technical and economic considerations in the platen drying of Aspen sapwood and paper birch cutstock. *Forest Prod. Jour.* 18(8):43-50.
 19. Heebink, B.G. and K.C. Compton. 1966. Paneling and flooring from low-grade hardwood logs. U.S. Forest Service, Res. Note FPL-0122: 23pp.
 20. Hittmeier, M.E., G.L. Comstock and R.A. Hann. 1968. Press drying nine species of wood. *Forest Prod. Jour.* 18(9):91-96.
 21. 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):72-77.
 22. Jessome, A.P. 1962. Strength properties of wood treated with fire-retardants. *Forest Prod. Res. Branch, Canada Dept. of Forestry Rpt.* 193:12.
 23. Johnson, J.W. 1975. Lateral bearing strength of Douglas-fir lumber-plywood joints treated with fire retardants. *Forest Prod. Jour.* 25(11): 38-40.
 24. Johnson, J.W. 1976. Lateral bearing strength of fastness in lumber-plywood joints treated with fire retardants. Oregon State Univ., Forest Res. Lab., Res. Pap. 28:28pp.
 25. Johnson, J.W. 1979. Tests of fire-retardant treated and untreated lumber-plywood nailed and stapled joints. *Forest Prod. Jour.* 29(4):23-30.
 26. Juneja, S.C. 1972. Stable and leach-resistant fire retardants for wood. *Forest Prod. Jour.*,

- 22(6):17-23.
27. Juneja, S.C. and L.R. Richardson. 1974. Versatile fire retardants from amino-resins. *Forest Prod. Jour.* 24(5):19-23.
 28. Juneja, S.C. and L.R. Richardson. 1977. Soak treatments for fire retardance. Canadian Eastern Forest Products Lab., OPX-185E.
 29. 金鍾萬, 李弼宇. 1978. 尿素樹脂 合板의 耐火處理에 關한 研究. 서울대 農學研究 3(1):49-61.
 30. King, E.G., Jr. and D.A. Matteson, Jr. 1961. Effect of fire-retardant treatment on the mechanical properties of Douglas-fir plywood. Douglas-fir plywood Association, Tech. Dept., Lab. Rpt. 90:9.
 31. Koch, P. 1964. Techniques for drying thick southern pine veneer, *Forest Prod. Jour.* 14(9):382-386.
 32. Koch, P. 1972. Utilization of Southern Pines. Part II, p. 1111-1128, *Agriculture Hbk.*, No. 420, USGPO, Washington, D.C.
 33. 李弼宇. 1980. 美松 및 코푸라 耐火處理 合板의 熱板乾燥에 關한 研究. 서울대 農學研究 5(2):51-64.
 34. 李弼宇, 鄭希錫, 1980. 木材와 合板의 耐火處理에 關한 研究, 서울대 演習林 報告 16:17-46.
 35. Lutz, J.F. 1974. Drying veneer to a controlled final moisture content by hot pressing and steaming. USDA Forest Service, Res. Pap. FPL-227:8pp.
 36. Lutz, J.F., H. Habermann and H.R. Panzer. 1974. Press drying green, flatsliced walnut veneer to reduce buckling and end wavyness. *Forest Prod. Jour.* 24(5):29-34.
 37. Mackay, J.F.G. 1978. Kiln drying treated plywood. *Forest Prod. Jour.* 28(3):19-21.
 38. 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.* 15(12):463-467.
 39. Mungall, C. 1975. Diffusion's method promises cheaper fire-retardant plywood. *Canadian Forest Industries* 95(2):40-42.
 40. Nearn, W.T. and R.A. Megraw. 1972. Discontinuous treatment for flame-spread control. *Forest Prod. Jour.* 22(7):47-52. 8:14-16.
 41. Numomura, A., Ito, H., Kasai, A., Komazawa, K., Yamagishi, K. 1975. Surface flammability of fire-retardant plywood in 8 foot tunnel furnace (3). *Journal of the Hokkaido Forest Prod. Res. Institute* 8:14-16.
 42. Percival, D.H. and S.K. Suddarth. 1971. An investigation of the mechanical characteristics of truss plates on fire-retardant treated wood. *Forest Prod. Jour.* 21(1):17-22.
 43. Shen, K.C. and D.P.C. Fung. 1975. New method for improving fire retardancy of plywood. *Forest prod. Jour.* 25(4):36-38.
 44. Toshimi Hirata, Yasuo Fukui, Saburo Uesugi, and Hiroshi Abe. 1981. Combustion properties of wood treated with chemicals I.: Surface flammability and smoke evolution. *Mokuzai Gakkaishi* 27(4):318-330.
 45. Toshimi Hirata, Yasuo Fukui, Saburo Uesugi, and Hiroshi Abe. 1981. Combustion properties of wood treated with chemicals II.: Changes in the concentration of some with chemicals II.: Changes in the concentration of some gases and the relationships among combustion factors. *Mokuzai Gakkaishi* 27(5):419-427.
 46. Turkia, K. and J.G. Haygreen. 1968. Platen drying of Aspen sapwood. *Forest Prod. Jour.* 18(6):43-48.
 47. U.S. Forest Products Laboratory. 1974. Wood handbook: U.S. Government printing office. *Agriculture Handbook* 72.
 48. Yamagishi, K., Ito, H., Kasai, A., Komazawa, K., Munomura, A. 1976. Surface flammability of fire-retardant plywood in 8 foot tunnel furnace (4). The properties of weather-proofing fire retardants. *Journal of the Hokkaido Forest Prod. Res. Institute* 3:1-4.