

黃酸알루미늄의 極性效果로 因한 合板用 페놀 樹脂 塗布量의 減少에 關한 研究 *1

李 鍾 信 *2 · 李 華 珩 *2

The Study of Polar Effects of Aluminium Sulfate on the Reduction of Phenolic Resin Spreading Content for the Manufacture of Plywood *1

Joung Sin Lee *2 · Hwa Hyoung Lee *2

Summary

This study was carried out to examine the effect of aluminium sulfate addition to the alkali-acid catalyst phenolic resin for the manufacture of the kapur (*Dryobalanops* spp.) plywood on the reduction of phenolic resin spreading.

On the manufacture of plywood, Adhesive Contents such as 50g/m², 75g/m² and 150g/m² were treated.

The spreading adhesive content of 50g/m² and 75g/m² had been controlled to about 150g/m² added with the water in order to get sufficient spreading and controlled to pH 4.5 with aluminium sulfate [Al₂(SO₄)₃].

The results are summarized as follows:

1. Specific gravities of air dried plywood manufactured from each adhesive ranged from 0.77 to 0.86 and their moisture contents met the KS requirements.
2. In dry and wet shear strengths, 150 P_{Al·Ac} adhesive showed the highest and 75 P_{Al·Ac·Am} adhesive indicated higher value than 150 P_{Al·Ac} adhesive.
3. In case of glue shear strength after boiling test, 150 P_{Al·Ac} adhesive was the best and adding of aluminium sulfate was not effective on reinforcement of boiling water resistance of phenolic resin, but met KS requirements.
4. 75 P_{Al·Ac·Am} adhesive showed the good shear strength and met KS requirements.

Therefore, adding of aluminium sulfate was very efficient for economical plywood manufacture.

Key words: aluminium sulfate, reduction of phenolic resin spreading content.

1. 緒 言

韓國의 合板工業이 시작된 것은 확실치 않으나 1936年頃에 이루어 졌다고 생각되며, 國內 合板需要는 1953年 休戰後 廢墟화된 國內 시설복구에 힘입어 急増하였다.

그리고 飛躍的 경제발전을 거듭하던 日本의 合板産業이 인건비 상승과 노동력의 부족으로 對美 輸出

與件이 악화되어 점차 斜陽化의 기미를 보이는 시점에서 1959年 우리나라 合板은 처음으로 對美 輸出을 시작하였다. 따라서 이것을 시초로 그동안 政府의 강력한 수출주도형 성장정책과 함께 國內 建築 경기 상승 등 國內外的인 好條件에 따라 1971년에는 世界 第5位의 合板 生産國이며 第1位의 輸出國이 되는 영광을 누리기까지 하였다.

그러나 이러한 발전과정에서 1973年度 末頃의 석

*1. 接受 3月29日 Received March 29, 1986.

*2. 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 300-31, Korea.

유파동으로 인한 世界的인 경기침체로 市場購買力이 약화되어 一時的인 어려운 國面도 있었으나 1975年度부터는 다시 경기가 회복되기 시작, 1976년에 이르러 合板輸出은 선진제국의 건축경기 회복과 새로운 中東市場 개척등에 힘입어 活氣를 되찾은 듯 하였다.

그런데 1978年 下半期에 접어들면서부터 國內 主要 原木 供給地였던 東南亞의 原木 保有國들이 自國內 木재 자원 보존정책과 아울러 木재 자원을 경제 전략품목으로 活用함과 동시에 木材工業 진흥정책을 구체화하여 合板 生産施設을 급격히 증설하고 自國의 값싼 노동력을 바탕으로 世界 合板市場에 뛰어들음으로서 제품경쟁이 시작되었다.

따라서 木材需要의 80%를 매년 수입에 依存하고 있던 우리나라로서는 큰 타격을 받아 輸出이 점차 둔화되어지고 급기야 현재에 이르러서는 下向 産業으로까지 전락하고 말았다.

以上 열거한 여러 악조건하에 부딪친 韓國의 合板 産業은 어려운 국면을 맞이하게 되었으며 政府와 業界에서는 이러한 난국을 타개하고 활로개척을 위하여 原木 導入先의 다변화, 南洋材의 低位利用 樹種과 北洋材 地域 침입수 用材의 利用技術 개발, 普通 合板 中心의 生産體系에서 탈피하여 外貨 稼得率과 부가가치가 높은 2~3次 加工 合板의 生産, 國內 市場의 일정 供給體系의 재정립, 生産性 向上과 원가절감 및 산업구조의 合理化 等 여러 개선대책을 제시하여 왔다.

그러나 이들 대부분은 短期間內에 좋은 成果를 기대하기 보다는 오히려 長期的인 안목에서 國內 合板 業界 活性化 對策이라 할 수 있겠다.

따라서 學界에서는 短期間內에 좋은 成果를 기대할 수 있는 合板製造原價 절감을 위한 방안으로 合板 製造時 使用되는 증량재료의 利用에만 관심이 높아져 外國에서는 Lin (1969)⁹⁾, Guiher (1970)⁴⁾, Rangaraju (1972)¹⁶⁾, Chow (1977)¹⁾, George (1978)³⁾, 等이, 國內에서는 李 (1973)¹⁰⁾, 金 (1978)⁶⁾, 金 (1979)⁸⁾, 李 (1980)¹¹⁾ 等에 의해 研究가 報告된 바 있다.

그러나 목질관상 제품 製造時 必須 工程中에 하나인 接着劑 塗布 工程에서 기존 使用되어 온 塗布 量을 대폭 減少시키고 동시에 同一한 品質을 유지하여 製造原價를 절감하기 위한 研究는 李 (1984)¹⁴⁾가 家具 및 특수용도를 위한 PB와 Fiber Mat의

composite board 製造에 關한 研究(第 1報)에서 接着劑 塗布量이 20 g/m²이라도 塗布量이 충분하도록 (200 g/m²) 물을 添加하고 황산알루미늄을 使用 pH 4.5로 조정된 接着劑 液으로 製造된 composite board는 우수한 곡강도를 보여줄 뿐만 아니라 接着劑만의 塗布量이 200 g/m²일 경우와 동일한 전단접착강도를 보여줌으로서 경제적으로 우수한 composite board를 製造할 수 있었다는 報文과 역시 李 (1985)¹⁵⁾가 合板用 尿素樹脂 塗布量의 減少에 關한 황산알루미늄의 添加效果에서 황산알루미늄을 添加한 接着劑의 경우 정상塗布量의 1/2 만으로도 우수한 合板을 제조할 수 있었다는 報文 以外에는 없다.

따라서 本 研究는 添加劑로 지금까지 製紙工業에서 종이의 흡습성 개선을 위한 사이징처리(內部사이징法)에 주로 使用되어 온 황산알루미늄 <Al₂(SO₄)₃>과 接着劑로서 페놀樹脂를 利用하여 기존 合板製造法 (150~200 g/m²) 과는 달리 接着劑 塗布量을 대폭 줄이는 方法에 역점을 두어 Kapur 合板을 製造하였으며 동시에 이에 關連된 製造方法과 製品의 性質 특히 接着強度를 調査 研究하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試材料

2.1.1 木質材料

比重 平均 0.74인 kapur (*Dryobalanops* spp.) 單板을 使用하였으며 表板(face) 두께는 1.1 mm, 中板(core) 두께는 2.2 mm로서 單板 含水率은 5% 미만으로 조정 하였다.

2.1.2 接着劑

合板製造를 위하여 페놀樹脂를 實驗室에서 製造하여 使用하였다.

2.1.3 增量劑

밀가루 增量劑로 使用하였다.

2.1.4 添加劑

添加劑는 황산알루미늄 <Al₂(SO₄)₃>을 使用하였다.

2.2 實驗方法

2.2.1 接着劑 製造

接着劑 製造는 工業用 페놀 및 포르마린(포름알데

히드 함량 37%)의 물비를 1 : 1.6으로 하고 반응촉매로 NaOH와 H₃PO₄를 사용하여 알카리 촉매법과 알카리·산촉매 양자검용법(李, 1983)¹³⁾으로製造하였다.

① 알카리 촉매법

페놀 94g·포르마린(37%) 132g·NaOH 14.5g·물 14.5g의 혼합액을 90℃에서 1시간정도 반응시킨 후 급냉하였다.

② 알카리·산촉매 양자검용법

페놀 100g·포르마린(37%) 129g·NaOH 2.1g의 혼합액을 환류 냉각기가 붙어있는 裝置內에서 60℃로 3.5시간(pH 9) 반응시킨 후 H₃PO₄(85%) 2.1g을 添加하고(pH 7.5) 50℃에서 감압, 탈수하였다.

2.2.2 接着劑의 塗布

合板 製造時 一般의인 페놀수지 接着劑 塗布量은 150~200g/m²(李, 1981)이나 本 研究에서는 알카리 촉매법의 페놀樹脂는 150g/m², 알카리·산촉매 양자검용법의 경우는 50g/m², 75g/m², 150g/m²의 水準으로 처리 하였으며 적은 量의 接着劑(50g/m², 75g/m²)일 경우는 이를 고르게 塗布하기 위하여 정상적인 塗布(150g/m²)가 可能하도록 물로 增量하고 황산알루미늄을 添加 pH를 4.5로 調整한 다음 이 接着劑 液을 中板(core)의 양쪽에 一面塗布하였다. 그리고 增量劑의 添加量은 接着劑 塗布量에 對하여 各各 10%를 增量하였다.

2.2.3 合板製造

含水率 5% 미만으로 乾燥된 單板을 크기 가로 25cm×세로 15cm로 절단하여 各 水準의 塗布量을 一面塗布한 다음 熱壓工程으로 3枚 合板을 製造하였다.

3枚合板 製造條件으로서 單位壓力는 12kg/cm², 溫度 및 加壓時間은 160℃에서 5分을 주어 最大의 硬化를 얻도록 하였다.

2.2.4 合板의 性質

合板의 比重은 氣乾比重으로, 含水率은 全乾法에 의한 氣乾含水率을 測定하였으며, 接着力 試驗은 B型 試驗片(KS F 3101, 1982)⁷⁾을 製造하여 常態와 準耐水 및 耐水 引張剪斷接着力 試驗을 行하였다. 準耐水 試驗은 供試體를 60±3℃ 물 속에서 3時間 처리後 常溫의 물속에 담그어 냉각시킨 後 젖은 채로 接着力 試驗을 行하고 耐水接着力 試驗은 供試

體를 물 속에서 4時間 삶은 다음 60±3℃ 溫度에서 20時間 乾燥시킨 後 2次로 4時間 삶은 後 常溫의 물 속에 담그어 식힌 後 젖은 狀態로 接着力 試驗을 行하였다.

이와 아울러 목부 파단율도 目測에 依하여 10% 單位로 測定하였다.

2.2.5 接着劑의 性質

실험실에서 製造한 接着劑의 比重은 比重瓶, pH는 pH메타, 점도는 B型 Rotor 점도계로 測定하였으며, 不揮發分(N.V.C.)은 試料 約 1.5g을 채취하여 溫度 135±1.5℃의 건조기內에서 1時間 乾燥시킨 後 測定하였다.

2.2.6 測定方法 및 資料分析

合板製造는 3 반복 試驗을 行하고 통계처리로서 分散分析을 한 後 그룹間的 유의차 검정은 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 合板의 比重

合板의 比重은 合板을 構成하는 單板의 比重을 平均한 값의 近似值라 할 수 있으나 工程中에 일어나는 單板의 壓縮, 接着劑의 添加 등에 따라 單板의 平均 比重보다 약간 커지게 된다.

따라서 本 實驗에서 各 接着劑 別로 製造된 合板의 比重 역시 表 1에서 보는바와 같이 0.77~0.86을 보여줌으로서 단판의 平均 比重인 0.71보다 다소 높은 경향을 보여주고 있다.

Table 1. Specific gravities and moisture contents of plywood manufactured from each adhesive

Adhesive		S _p .G _r		M.C.(%)	
		Mean	SD	Mean	SD
Phenolic resin	150 P _{Al} ·Ac	0.81	0.02	8.6	0.41
	75 P _{Al} ·Ac·Am	0.86	0.01	8.8	0.40
	50 P _{Al} ·Ac·Am	0.83	0.03	9.0	0.38
	150 P _{Al}	0.77	0.02	9.9	0.43
F		0.58		7.62**	

3.2 合板의 氣乾 含水率

各 接着劑 別로 製造된 合板의 氣乾 含水率은 表 1에서 보는 바와 같이 모두 KS規格 (13%이하)을 만족시켜 주고 있다.

3.3 合板의 剪斷接着力

各 接着劑 別로 製造한 合板의 B型 試驗片으로 試驗한 常態 및 準耐水 接着力과 耐水 接着力 結果는 表 2와 Fig.1, Fig.2, Fig.3과 같다.

3.3.1 常態 接着力

3類(非耐水性)合板은 보통의 乾濕狀態가 변화하더라도 接着性이 유지되어야 하는데 常態接着力이 7.5 kg/cm² 以上됨을 KS規格으로 定하고 있다.

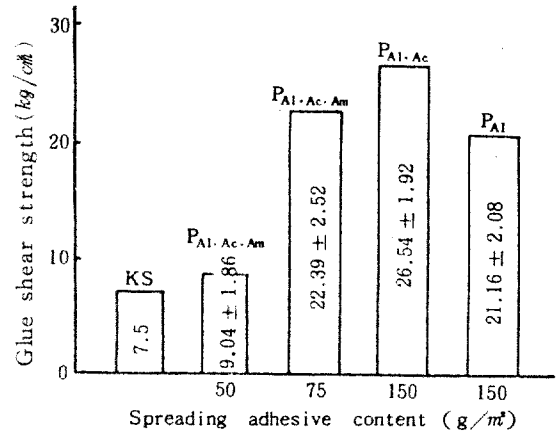


Fig.1. Glue shear strength of dry test.

Table 2. Dry, wet and boiling shear strength of plywood manufactured from each adhesive

Adhesive		Dry shear strength (kg/cm ²)				Wet shear strength (kg/cm ²)				Boiling shear strength (kg/cm ²)			
		Mean	SD	Wood failure (%)	Duncan test	Mean	SD	Wood failure (%)	Duncan test	Mean	SD	Wood failure (%)	Duncan test
Phenolic resin	150 P _{Al·Ac}	26.54	1.92	80	a	25.88	1.84	60	a	19.87	2.73	30	a
	75 P _{Al·Ac·Am}	22.39	2.52	70	b	22.32	2.43	40	b	11.21	3.44	10	b
	50 P _{Al·Ac·Am}	9.04	1.86	50	c	0	0	0	c	0	0	0	c
	150 P _{Al}	21.16	2.08	60	b	20.62	1.72	10	b	17.27	1.52	10	a
F		98.43**				829.72**				117.44**			

表 2 및 圖 1에서 처럼 모든 常態 接着力은 KS 規格을 만족시켜 주고 있으며 첫째로 페놀樹脂 製法에 따른 接着力의 차이를 보면 150 P_{Al·Ac} 페놀樹脂(塗布量 150 g/m², 알카리·산촉매 양자검용법으로 製造한 樹脂:이하 같은 方法으로 서술됨)가 一般的으로 使用되는 150 P_{Al} 페놀樹脂(塗布量 150 g/m², 알카리 촉매법으로 製造한 樹脂)보다 높은 接着強度를 보였다.

따라서 위의 結果는 kapur 樹種으로 合板을 製造할 때 田村(1982)¹⁸가 報告한 대로 kapur 추출성분이 接着을 저해하며 특히 알카리게 페놀樹脂에 對하여 억제작용을 한다는 것과 一致하고 또한 李(1983)¹³가 報告한 알카리·산촉매 양자검용법이 알카리 촉매법과 田村가 권장한 산 촉매法보다 높은 接着力을 보여준다는 報文과도 一致한다.

둘째로 알카리·산촉매 양자검용法으로 製造한 페놀樹脂의 경우 塗布量 減少에 따른 황산알루미늄 添加效果를 보면 50 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂(塗布量 50 g/m²,

m², 알카리·산촉매법으로 製造한 황산알루미늄 添加樹脂)와 75 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂(塗布量 75 g/m², 알카리·산촉매법으로 製造한 황산알루미늄 添加樹脂)의 接着力이 150 P_{Al·Ac} 페놀樹脂에 比하여 다소 떨어지는 傾向이 있으나 모두 KS 規格보다 높았다.

세째로, 75 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂는 接着劑 塗布量을 1/2로 줄였음에도 불구하고 충분한 塗布量을 준 150 P_{Al} 페놀樹脂보다 높은 接着力을 보여줌으로서 경제적으로 매우 우수한 合板을 製造할 수 있었다.

따라서 이와같은 結果는 첫째로 알카리 촉매법의 경우 촉매로 使用한 NaOH로 因해 合板製造時 單板 表面으로부터의 알카리 抽出物이 接着力의 低下現象을 초래하였으며 둘째로 木材接着의 경우 接着劑의 성능을 충분히 발휘시켜 良好한 接着을 얻기 위한 세 1 단계는 接着劑를 均一하게 塗布하여 均一한 接着層을 形成시키는 것이다.

接着劑의 塗布量은 一般的으로 接着劑의 性質(粘度·流動性), 被着體의 狀態(材面이 粗惡하거나 두

게가 不均一하면 調整해야 된다) 및 도포장치 등에 依하여 결정되는데 塗布量이 너무 過多하면 接着層의 水分過多로 좋은 結果를 기대하기 어렵고 또한, 너무 過少하면 缺膠現象이 발생한다. 따라서 粘着性이 발생하지 않는 범위내에서 가능한한 接着劑의 量을 적게 하여 接着劑의 薄膜을 形成시키는 것이 바람직하다.

本 實驗에서 各 처리별로 製造한 kapur 合板의 接着層의 두께는 表3과 같다.

Table 3. Thicknesses of glue line of plywood manufacturd from each adhesive

Adhesive		Thickness (mm)	
		Mean	SD
Phenolic resin	150 P _{Al·Ac·Am}	0.42	0.03
	75 P _{Al·Ac·Am}	0.30	0.03
	150 P _{Al}	0.48	0.04
F		4.92*	

表3에서 볼 수 있듯이 75 P_{Al·Ac·Am} 페놀수지의 경우 황산알루미늄을 처리하고 接着劑 塗布量을 1/2로 줄였으므로 당연히 接着劑의 塗布膜은 얇을 수밖에 없다. 그런데 도포막의 두께가 얇아졌음에도 불구하고 150 P_{Al} 보다 接着力이 높아졌는데 이것은 습윤성이 좋아져 均一하고 얇은 接着劑 塗布膜이 형성되었다는 것을 알 수 있다. 따라서 接着劑 塗布量을 반으로 줄이는 대신 添加한 황산알루미늄이 木材의 表面에너지를 높여줌으로서 極性에 關여 한다고 볼 수 있으며 이 기구는 로진사이즈 발현기구중 현재 가장 타당한 理論으로 받아들여 지고 있는 配位說 (最新紙パルプ技術, 1980)¹⁹로서 說明이 가능하다. 이 說에 따르면 황산알루미늄이 水溶性 페놀樹脂와 結合하는 과정에서 水分子를 配位하고 水酸基(-OH)를 사이에 두고 水素結合을 하여 소위 수산화알루미늄의 olate 구조를 만들게 됨에 따라 接着劑나 木材의 表面에 나와있는 水酸基가 이 olate에 작용하여 남아있는 황산알루미늄이 cation성을 유지하므로 전체적으로 接着力을 상승시킨 것으로 추정할 수 있어 앞으로 황산알루미늄 기작에 對한 보다 깊은 研究가 계속되어야 하리라 사료된다.

3.3.2 準耐水 接着力

普通耐水性 合板(2類合板)은 普通의 外氣 및 濕

潤狀態에 노출시켜도 接着性이 유지될 수 있는 準耐水 接着力을 要求하므로 溫冷水 浸漬試驗에 통과 하여야 한다.

各 처리별로 熱壓 製造된 合板의 準耐水 接着力 結果는 表2 및 圖2와 같다.

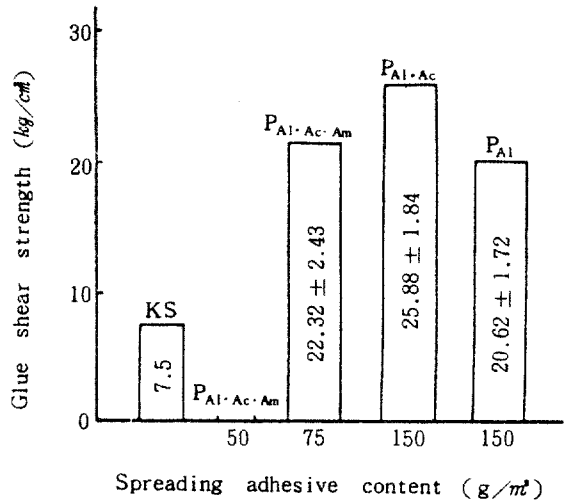


Fig.2. Glue shear strength of hot and cold water soaking test.

準耐水 接着力은 50 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂를 제외하고 모두 KS規格(7.5kg/cm²)을 만족시켜 주고 있으며 150 P_{Al·Ac} 페놀樹脂가 가장 높고 150 P_{Al} 페놀樹脂는 상태 接着力과 마찬가지로 75 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂보다 낮은 接着力을 나타냈다. 반면에 50 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂는 常態 接着力과는 달리 전혀 準耐水 接着力이 없었다.

따라서 이와 같은 結果는 塗布量을 적정량(75g/m²)까지 감소시키고 황산알루미늄을 添加하면 準耐水 接着力도 常態 接着力과 같이 크게 영향을 받지 않으며 제조원가 절감면에서 경제적으로 우수함을 알 수 있다.

3.3.3 耐水 接着力

完全耐水性 合板(1類合板)은 外氣 및 濕潤狀態에 장시간 노출시켜도 接着性이 유지되는 完全耐水 接着力을 必要로 한다.

表2 및 圖3에서 보는 바와 같이 50 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂는 準耐水 接着力에서와 마찬가지로 전혀 耐水 接着力을 나타내지 못하였으나 나머지의 耐水 接着力은 150 P_{Al·Ac} 페놀樹脂가 가장 높고 150 P_{Al} 페놀樹脂가 중간, 75 P_{Al·Ac·Am}이 常態 및 準耐水

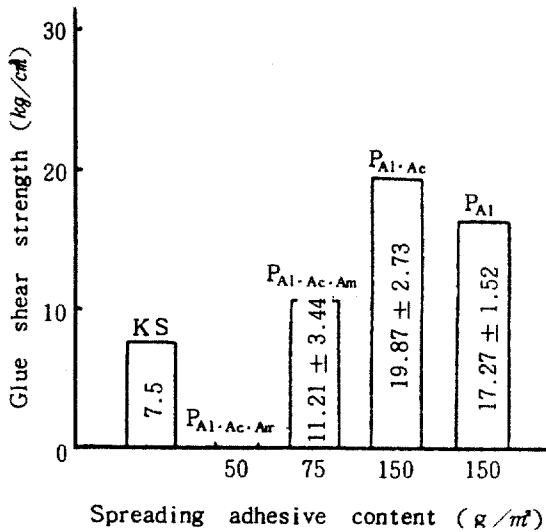


Fig.3. Glue shear strength of boiling test.

와는 달리 가장 낮은 접착력을 나타냈다. 그러나 공히 KS規格을 만족시켜 주었다.

따라서 위와 같은 結果에 依하면 황산알루미늄 添加效果는 耐水力 증강에 있어 接着劑 塗布量보다는 有效하지 못함을 알 수 있다.

3.4 接着劑의 性質

實驗室에서 製造한 接着劑의 性質을 조사한 結果는 表 4와 같으며 接着劑의 性質은 接着劑 製造時 反應물比와 축매, 反應溫度 및 時間에 따라 影響을 받게 되는데 表 4와 같은 結果는 단지 間接적인 方法에 불과하다.

앞으로 被着劑와 接着劑 間의 接着現象, 樹脂分子間의 架橋密度나 結合方法의 기구, 木材單板의 構造 및 比重과 含水率과의 상호관계가 명확히 밝혀져야 理論적으로 究明될 것이나 現在까지는 明確히 알 수가 없다.

Table 4. Properties of the adhesives

Adhesive		Sp·Gr	pH	Viscosity (poise)	N.V.C. (%)
Phenolic resin	P _{Al·Ac}	1.18	7.5	71.3	53
	P _{Al}	1.23	12.0	27.6	57

4. 結 論

各各 축매를 달리하여 製造한 高溫 硬化型 水溶性 페놀樹脂의 性質과 接着強度를 kapur(*Dryobalanops* spp.) 合板 製造를 통하여 究明한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 各 接着劑로 熱壓하여 製造된 合板의 比重은 0.77~0.86 까지를 보였으며 合板의 氣乾 含水率은 KS規格을 만족시켰다.
2. 常態 및 準耐水 接着力の 경우 150 P_{Al·Ac} 페놀樹脂가 가장 높았고 75 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂는 接着劑 塗布量을 1/2로 줄였음에도 불구하고 塗布量을 충분히 준 150 P_{Al} 페놀樹脂보다 좋은 接着力을 나타냈다.
3. 耐水 接着力の 경우에도 역시 150 P_{Al·Ac} 페놀樹脂가 가장 좋았으며 황산알루미늄 添加는 耐水力 增強에 큰 效果를 가져오지 못하였으나 KS規格은 만족시켜 주었다.
4. 75 P_{Al·Ac·Am} 페놀樹脂는 좋은 接着力을 나타냄과 동시에 KS規格을 만족시켜 줌으로서 황산알루미늄 添加가 合板 製造時 제조원가 절감에 크게 有效하였다.

引 用 文 獻

1. Chow, S. 1977. Foliage as adhesive extender, A progress report, 11th Wash. State Univ. Symp. on Particleboard, Pullmann Wash : 89-98.
2. Franz, F. P. Kollmann. 1974. Principles of Wood Science and Technology Vol. (II) : 56-80.
3. George, A. M. 1978. Committee on Wood-based Panel Products, FAO. W/L 8101.
4. Guiher, J. K. 1970. M-ether-phenol, formaldehyde resin as an adhesive for wood, Forest Prod. Jour. 25(5) : 21-23.
5. 韓國木材工學會. 1982. 合板製造技術, 木材工業(특집호) 10(5) : 38-40.
6. 金容宰, 金殷燮, 李弼宇. 1978. 尿素樹脂合板의 增量에 關한 研究. 林産加工 2 : 33-37.
7. KS F. 3101. 1982. 韓國工業規格, p.3.
8. 金鍾萬, 朴鍾烈, 李弼宇. 1979. 落葉木粉을 利用한 合板用 接着劑의 增量에 關한 研究, 韓國

- 林學會誌 42:83-100.
9. Lin, C. Y. 1969. Study on wood gluing. The durability of urea resin glue, Bull. Taiwan For. Res. Inst., No. 186:10.
 10. 李弼宇, 李華珩. 1973. 고구마, 감자 및 돼지감자 粉末을 利用한 合板用 尿素樹脂의 增量에 關한 研究. 목재공업 1(2):1-15.
 11. 李弼宇, 權震憲. 1980. 合板用 尿素, 메라민 共縮合 및 水溶性 石炭酸樹脂 接着의 增量에 關한 研究. 韓國林學會誌 48:40-50.
 12. 李弼宇, 李華珩 外. 1981. 木材工學, 鄉文社, p.151-179, p.354.
 13. 李華珩. 1983. 合板用 高溫硬化型 水溶性 尿性·페놀共縮合樹脂의 性質과 그 接着強度. 韓國林學會誌 60:51-57.
 14. 李華珩. 1984. 家具 및 특수용도를 위한 PB와 fiber mat의 composite board 製造에 關한 研究(第一報). 목재공학 12(6):34-38.
 15. 李華珩. 1985. 合板用 尿素樹脂 塗布量의 減少에 關한 황산알루미늄의 添加效果. 목재공학 13(5):16-19.
 16. Rangaraju, T. S., Zoolaqud, S. S., and R. N. Kumar. 1972. Deoiled sal-meal as an extenders for UF resin adhesives for plywood, IPIRI Journal 2(2):49-53.
 17. 辛東詒, 李華珩 外. 1983. 林産化學, 鄉文社, p.82-101.
 18. 田村靖夫. 1982. 抽出成分と接着性. 木材工業 37(10):508-509.
 19. 最新紙パルプ技術. 1980.