

研究報告

苯甲基化木材熱融自膠合製造粒片板 (II) -成板比重及混合未處理粒片對板性質之影響

李文昭¹ 劉正字² 賴明志³

【摘要】苯甲基化之木材粒片可藉由熱融自膠合而成板，本研究乃探討苯甲基化麻六甲合歡粒片應用熱融自膠合製造粒片板時，成板比重對其粒片板性質之影響，並探討利用苯甲基化木材粒片混合未處理木材粒片製造粒片板之可行性。由試驗結果得知，苯甲基化麻六甲合歡粒片應用於粒片板製造時，成板比重 0.9 者具備優異之內聚強度及浸水時之尺寸安定性，成板比重 0.7 者之內聚強度則明顯較低，然仍優於 UF 膠及 PF 膠所製造之傳統粒片板。苯甲基化粒片板浸水時之吸水率及厚度膨脹率均隨成板比重增加而降低，且均明顯低於 UF 膠及 PF 膠所製造之傳統粒片板。將苯甲基化粒片與未處理粒片混合熱壓製造粒片板時，隨未處理粒片比例增加，其板材性能降低，粒片混合比 8/2 者，浸水時之吸水率低於傳統粒片板，厚度膨脹率則介於 PF 膠粒片板與 UF 膠粒片板之間。

【關鍵詞】自膠合、苯甲基化木材、化學改質、粒片板、熱可塑性

Research paper

Thermally Auto-adhered Particleboards Made from Benzylated Wood Particles (II) -Effects of Various Board Specific Gravity and Blending Untreated Particles on the Properties of Particleboards

Wen-Jau Lee¹ Cheng-Tzu Liu² Ming-Chih Lai³

【Abstract】Benzylated wood particles could be thermally melted and used in the manufacturing of wood-based board by auto-adhesion. In this study, the effect of board specific gravity on the properties of benzylated malacca albizzia (*Albizia falcataria*) particleboards made with thermally auto-adhesion and the feasibility of blending benzylated with untreated particles to manufacture the particleboards were investigated. The results showed that benzylated malacca albizzia particleboard with specific gravity of 0.9 had excellent internal bonding strength and dimensional stability after water soaking,

1. 國立中興大學森林學系教授，通訊作者

Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. Corresponding Author.

2. 國立中興大學森林學系教授

Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University.

3. 國立中興大學森林學系碩士

Master, Department of Forestry, National Chung Hsing University.

but the internal bonding strength descended significantly if the specific gravity lowered to 0.7, but still better than traditional particleboards made by UF and PF adhesives with the specific gravity of 0.9. The water adsorption and thickness swelling of benzylated particleboards decreased as the specific gravity of board increased. All the benzylated particleboards had lower water adsorption and thickness swelling than particleboards made by UF and PF. As the particleboard was made by blending benzylated wood particles with untreated wood particles, the properties of auto-adhered particleboard decreased as the ratio of untreated wood particles increased. Particleboard with the blending ratio of 8/2 had lower water adsorption than traditional particleboard and had the thickness swelling between PF and UF particleboard.

【Key words】 Auto-adhesion, Benzylated wood, Chemical modification, Particleboard, Thermoplasticity.

一、前言

木材主要由纖維素、半纖維素及木質素等三大組成分所構成，其結構中含有許多羥基，此親水性之羥基造成木材之吸脫濕特性，使木材具備尺寸不安定性而影響其應用性能。然羥基亦為一具備反應性之官能基，木材化學改質主要即利用化學藥劑與木材羥基產生作用而改變木材之特性，木材化學改質主要有酯化反應及醚化反應兩大類。經此化學改質之木材將使其親水性之羥基轉化成其他疏水性構造而增加其尺寸安定性，而羥基的轉化亦使存在於纖維間的氫鍵減少或消除，酯化或醚化並會在木材組成物之分子鏈導入分子較大的側鏈構造，此可有效的推開分子鏈間的距離，並賦予木材熱軟化熔融之特性。Shiraishi (1986) 即指出藉由化學改質可賦予木材熱流動特性；Kiguchi (1990a) 亦指出將木材氰乙基化 (Cyanoethylation)、苯甲基化 (benzylation)、丙烯基化 (allylation) 等醚化處理後可使其表面具備熱熔融特性；筆者等人 (李文昭等, 2005a; 2005c) 亦曾利用溴丙烯及苯甲氯進行木材化學改質，經改質處理後之木材具備熱熔融特性。

木材膠合乃藉由膠合劑將兩被膠合材結合在一起，傳統木質板材即藉由此方式製造，若能將木材經化學改質使具備熱軟化熔融之特性，則可望在不使用膠合劑之情況下藉由木材表面熱熔融而使相鄰木材結合在一起。

Kiguchi (1990b) 曾將苯甲基化的木材粒片藉由加熱自膠合製造粒片板，所得板材之性能優於傳統粒片板，且具備優異之抗水性及尺寸安定性；Ogawa 及 Ohkoshi (1997) 曾利用丙烯基化的木材纖維製造中密度纖維板，其板材之內聚強度優於傳統的 PF 纖維板；Ohkoshi (1990) 利用溴丙烯對木材進行化學改質，結果亦發現丙烯化木材之表面具熱可塑性，可在不添加膠合劑之情形下藉由熱壓進行熱融自膠合，並有良好的常態膠合強度；Yamawaki 等人 (1991) 則認為氰乙基化的木材纖維可熱壓自膠合製造中密度纖維板；而 Wei 等人 (2004; 2005) 則將木材苯甲基化，並利用二價酸酯 (Dibasic ester) 為溶劑使其溶解，再與 TDI (Toluene diisocyanate) 反應做為 PU 樹脂。本研究前報 (李文昭等, 2005b) 曾探討苯甲基化粒片板製造時，熱壓溫度、時間及壓力等對其成板性質之影響，由其結果得知苯甲基化粒片板之內聚強度及尺寸安定性優於傳統的 PF 膠及 UF 膠粒片板，本研究乃進一步探討成板比重對其板材性質之影響。然木材的苯甲基化化學改質須增加額外之處理程序及處理成本，為更有效的利用苯甲基化木材，本研究另嘗試將苯甲基化粒片與未處理粒片混合，探討藉由苯甲基化粒片之熱熔融特性結合未處理粒片而製造混合粒片板之可行性。

二、材料與方法

(一) 試驗材料

1. 木材：麻六甲合歡 (*Albizia falcataria*, malacca albizzia)。
2. 藥品：苯甲氯 (Benzyl chloride)、氫氧化鈉 (Sodium hydroxide)。
3. 膠合劑：

尿素膠 (UF 膠)：市售，固形分 67.8%，應用於對照組粒片板製造用。

酚膠 (PF 膠)：實驗室自行合成，合成時酚/甲醛莫耳比 1/1.8，酚/NaOH 莫耳比 1/0.4，固形分 47.0%，應用於對照組粒片板製造用。

(二) 試驗方法

1. 苯甲基化粒片製備：將麻六甲合歡木材以帶鋸機裁切成適當尺寸，隨後以搗切機搗切成木片，再經磨切機磨切成粒片，並將粒片置於 105°C 烘箱中脫水乾燥。將乾燥粒片以 40% NaOH_(aq) 常溫浸漬 1 hr，取出後瀝去多餘鹼液，將經鹼處理之濕粒片置入 3000 mL 反應瓶中，加入適量之苯甲氯，並於 100°C 加熱 1.5 hr 使進行粒片之苯甲基化反應。隨後將苯甲基化粒片過濾，並以水濾洗 48 hr，再浸於體積比 1/1 之水-甲醇混合溶液 24 hr，取出後先氣乾 48 hr，再以 40°C 真空乾燥 48 hr。
2. 苯甲基化粒片板製造：以苯甲基化粒片為原料，在不使用膠合劑條件下直接利用加熱、加壓製作粒片板。成板尺寸 15×15×0.5 cm³，熱壓溫度 150°C，熱壓時間 10 min，熱壓壓力 25 kgf/cm²，設定成板比重為 0.7、0.9、1.1。成板置於溫度 20±2°C，相對濕度 65±5% 恆溫恆濕箱中調濕使達恆重後進行性質試驗。
3. 傳統粒片板製造：以未經苯甲基化改質處理之麻六甲合歡粒片為原料，以 UF 及 PF 為膠合劑，粒片板尺寸 15×15×0.5 cm³，設定比重 0.9，用膠量為 10%，利用鼓式上膠機以噴槍進行噴霧上膠，上膠後粒片以人工撒佈成板坯，以平板式油壓熱壓機加熱及加壓，UF 膠及 PF 膠粒片板之熱壓溫度分別為 130°C 及

150°C，熱壓壓力 25 kgf/cm²，熱壓時間 10 min，成板後置於溫度 20±2°C，相對濕度 65±5% 恆溫恆濕箱中調濕使達恆重後進行性質試驗。

4. 混合粒片板製造：苯甲基化粒片/未處理粒片之重量混合比為 8/2、6/4、4/6、2/8，取設定量之苯甲基化粒片與未處理粒片混合均勻，在不使用膠合劑之條件下製作粒片板。粒片板尺寸 15×15×0.5 cm³，設定比重 0.9，熱壓溫度 150°C，熱壓時間 10 min，熱壓壓力 25 kgf/cm²。成板置於溫度 20±2°C，相對濕度 65±5% 恆溫恆濕箱中調濕使達恆重後進行性質試驗。

5. 粒片板性質測定

- (1) 內聚強度：將規格 2×2×0.5 cm³ 之試片以環氧樹脂膠粘著於內聚強度試驗用之鋁製砧板。利用強度試驗機 (Shimazu UEH-10 型) 於板面垂直方向以 2.5 mm/min 之載重速度施加引張載重，測定破壞時之最大載重，並依下式計算其內聚強度。試片重複數 5 個。

$$\text{內聚強度 (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{P}{A \times b}$$

P：破壞時之最大載重 (kgf)

a：試片寬度 (cm)

b：試片長度 (cm)

- (2) 尺寸安定性：依照 CNS 2215 號標準進行試驗，取規格為 2×2×0.5 cm³ 之試片稱重，並測量尺寸，將試片浸入 20±2°C 水中，並在 0.5、1、1.5、2、3、4、12 及 24 hr 時取出稱重，並測量尺寸，分別計算其吸水率及吸水厚度膨脹率。試片重複數 5 個。

$$\text{吸水率 (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

W₁：試片浸水前重量 (g)

W₂：試片浸水後重量 (g)

$$\text{吸水厚度膨脹率 (\%)} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100$$

T₁：試片浸水前厚度 (cm)

T₂：試片浸水後厚度 (cm)

6. 粒片板 SEM 觀察

將試片置於 60°C 真空烘箱中乾燥 24 hr，利用濺鍍儀 (Polaron 之 SC 502; Sputter coater) 進行試材表面鍍膜，使用之金屬為 Au，鍍膜時間 45 sec，再利用掃描式電子顯微鏡 (Topcon ABT-150S Scanning electron microscope; SEM) 觀察。

三、結果與討論

(一) 成板比重對粒片板性質之影響

本研究前報 (李文昭等, 2005b) 曾探討苯甲基化粒片應用於熱融自膠合製造粒片板時，熱壓溫度、時間及壓力等對其成板性質之影響，由於苯甲基化粒片板乃藉由苯甲基化之木材粒片在熱壓過程，其木材粒片之表面受熱熔融，相鄰粒片之木材組織藉熱流動交織，冷卻

後固化成板，故相鄰粒片之緊密接觸為達此目的之必要條件，本研究乃進一步探討成板設定比重對其板材性質之影響。圖 1 為比重 0.7、0.9 及 1.1 之苯甲基化粒片板，及比重 0.9 之 UF 膠及 PF 膠粒片板之內聚強度，其中比重 0.9 之苯甲基化粒片板之內聚強度可達 19.0 kgf/cm²，將比重提高至 1.1 時，其內聚強度雖可進一步增加至 20.4 kgf/cm²，但與比重 0.9 者差異不大，然比重 0.7 者之內聚強度則明顯較低，此顯示苯甲基化粒片利用加熱自膠合時，其板材須有適當之比重，使苯甲基化粒片之表面能緊密接觸以獲得較佳的膠合效果。然與 UF 膠及 PF 膠粒片板比較，比重 0.7 之苯甲基化粒片板之內聚強度仍大於比重 0.9 之傳統膠合劑所製造之粒片板。

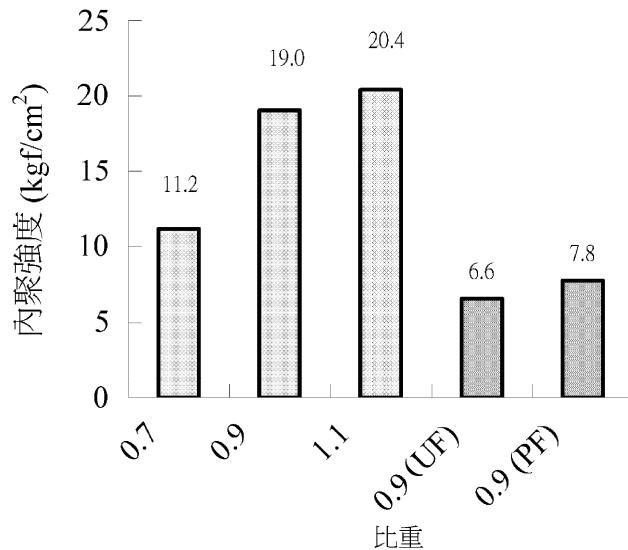


圖 1. 不同比重苯甲基化粒片板之內聚強度

Fig. 1. Internal bonding strength of benzylated particleboards with various specific gravity.

表 1 為苯甲基化粒片板及傳統 UF 膠及 PF 膠粒片板之吸水率經時變化，由表可知苯甲基化粒片板隨成板比重增加，浸水時之吸水率降低，其中比重 0.9 及 1.1 之苯甲基化粒片板之吸水率差異不大，而比重 0.7 者之吸水率則較

大。若進一步以比重 0.7 及 0.9 之苯甲基化粒片板之吸水率經時變化進行比較，在浸水 0.5 hr 時，此兩者之吸水率分別為 9.6% 及 3.8%，相差 5.8%，隨浸水時間延長，此二者之吸水率均逐漸上升，然至浸水 4 hr 時兩者之差異僅增

加至 6.5%，浸水 12 hr 時兩者之差異逐漸增加至 8%，浸水 24 hr 時則增加至 13.2%；分析此現象可推斷其浸水初期之吸水率增加主要乃水分進入板材粒片間之孔隙所致，比重較低之板材有較多的粒片間孔隙，因此在兩者間產生較大的浸水初期之吸水率差異，隨後水分逐漸進入細胞腔及細胞壁，並造成吸水率逐漸增加，而由於兩種比重苯甲基粒片板所採用之粒片相同，故此階段未產生明顯的吸水率差異，然隨

浸水時間再延長，部分粒片間之結合被破壞至吸水率大幅增加，此現象對比重 0.7 者較嚴重，故浸水 24 hr 時其吸水率之差異加大。以 UF 膠及 PF 膠所製造之傳統粒片板則在浸水 0.5 hr 之初期吸水率即分別高達 60.7% 及 86.3%，顯示其水分進入板材內部之機制與苯甲基化粒片板不同，傳統型粒片板浸水時，水分除迅速進入粒片間之孔隙外，並破壞粒片間之膠合構造致大量吸收水分。

表 1. 不同比重苯甲基化粒片板之吸水率

Table 1. Water absorptions of benzylated particleboards with various specific gravity

比 重	浸水時間 (hr)								
	0.5	1	1.5	2	3	4	12	24	
0.7	9.6	11.3	12.5	13.6	15.0	16.3	24.6	36.8	
0.9	3.8	5.2	6.5	7.1	8.7	9.8	16.6	23.6	
1.1	3.7	4.3	5.1	5.9	7.0	8.1	13.0	20.8	
0.9 (PF)	60.7	62.2	64.1	65.5	66.7	67.3	72.6	79.4	
0.9 (UF)	86.3	86.9	89.3	91.3	93.4	95.1	101.6	116.1	

*吸水率單位%

表 2 為不同比重苯甲基化粒片板及比重 0.9 之 UF 膠及 PF 膠粒片板浸水之厚度膨脹率經時變化，以 UF 膠及 PF 膠所製造之傳統粒片板在浸水初期即產生大量的厚度膨脹，而比重為 0.7、0.9 及 1.1 之苯甲基化粒片板在浸水 0.5 hr 時之吸水厚度膨脹率僅分別為 0.7、0.6 及

0.4%，浸水 2 hr 時分別為 2.4、2.8 及 1.6%，浸水 24 hr 後則分別為 15.3、13.3 及 11.1%。粒片板製造時須設定一較大的壓縮比以使粒片間能緊密接觸，然此高的壓縮比會使成板內部存在有厚度回彈之壓縮應力，此內部應力隨壓縮比提高而增加，因此影響粒片板厚度膨脹率

表 2. 不同比重苯甲基化粒片板之吸水厚度膨脹率

Table 2. Thickness swelling of benzylated particleboards with various specific gravity

比 重	浸水時間 (hr)								
	0.5	1	1.5	2	3	4	12	24	
0.7	0.7	1.3	2.1	2.4	3.5	4.5	9.1	15.3	
0.9	0.6	1.0	1.5	2.8	3.4	4.1	8.8	13.3	
1.1	0.4	1.1	1.2	1.6	2.2	2.5	6.8	11.1	
0.9 (PF)	18.4	20.9	21.8	22.2	23.6	24.5	26.8	29.3	
0.9 (UF)	30.4	33.6	35.1	36.0	37.5	38.7	45.6	51.2	

* 厚度膨脹率單位%

之因子除粒片間之結合外力外，壓縮比亦為重要的影響因子。一般而言，粒片板製造時設定之壓縮比愈大，或比重愈高，其厚度回彈之應力愈大。然表 2 中三種比重苯甲基化粒片板之吸水厚度膨脹率卻有隨比重增加而減小之趨勢，此乃因苯甲基化之木材粒片具備熱塑性，因此在熱壓成板之壓縮過程中產生之應力較小，而較高比重之粒片板其組成粒片間有較緊密之接

觸，使粒片間之結合效果較佳，故使其厚度膨脹較低。

圖 2 之 A、B、C 圖分別為比重 0.7、0.9 及 1.1 之苯甲基化粒片板之 SEM 顯微構造圖，由圖可見其相鄰細胞之細胞壁均被熔融成一體之構造，細胞間並無明顯之界線存在，由 C 圖顯示比重 1.1 者其細胞腔因較大壓縮比而減小。

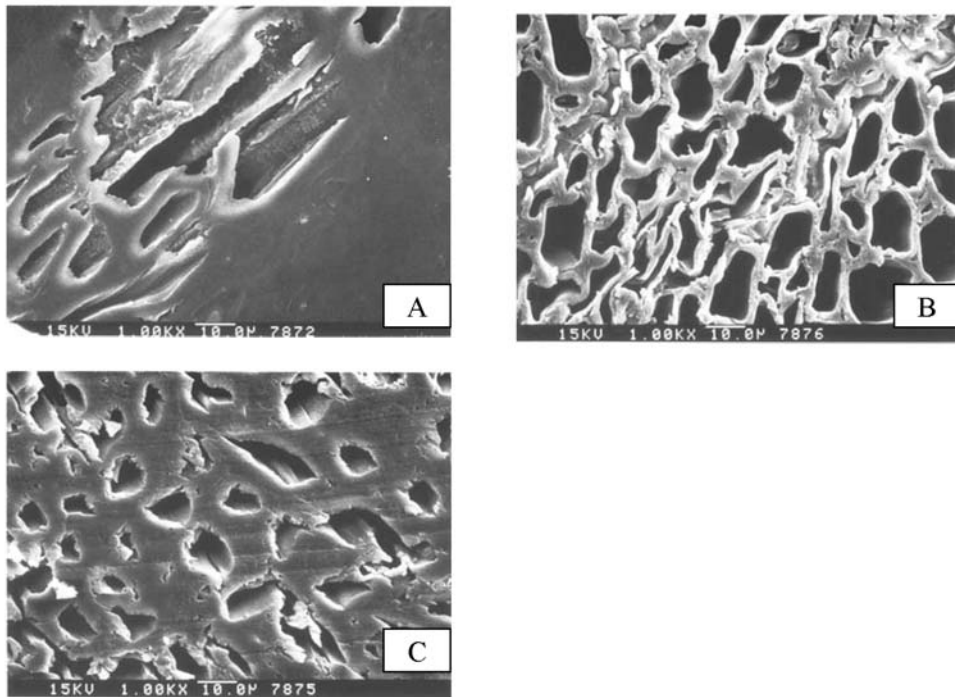


圖 2. 苯甲基化粒片板之 SEM 圖 (比重：A：0.7；B：0.9；C：1.1)

Fig. 2. SEM photograph of the benzylated particleboards. (Specific gravity: A: 0.7; B: 0.9; C: 1.1)

(二) 混合粒片之板性質

由本研究第一部分之結果得知，苯甲基化粒片不但可利用熱融自膠合製造粒片板，且苯甲基化粒片板之內聚強度遠優於傳統利用膠合劑所製造之粒片板。為減少苯甲基化粒片之使用量，本研究第二部分乃進一步將苯甲基化粒片與未處理粒片混合，並在不使用膠合劑之情況下將其熱壓製造粒片板，探討以苯甲基化粒片扮演粒片間結合劑之可行性。

圖 3 為不同比例混合粒片板之內聚強度，由圖可知，當苯甲基化粒片與未處理粒片混合比 8/2 時，粒片板之內聚強度即大幅降低，且隨未處理粒片比例增加其內聚強度下降。完全以苯甲基化粒片所壓製之粒片板，其內聚強度為 19 kgf/cm^2 ，混合比例 8/2 之混合粒片板，其內聚強度僅 4.2 kgf/cm^2 ，但仍符合 CNS 合格範圍 (3.1 kgf/cm^2)，而混合比例 4/6 及 2/8 之混合粒片板，已無內聚強度。顯示隨未處理粒

片比例上升，苯甲基化粒片所佔比例相對下降，無法提供粒片間足夠之結合，致內聚強度下降。

表 3 為不同苯甲基化粒片/未處理粒片混合比例粒片板之吸水率經時變化。未添加未處理粒片者 (10/0) 浸水 0.5 hr 之吸水率為 3.8%，隨未處理粒片之添加比例提高，其吸水率則大

幅增加，此乃由於做為結合劑用的苯甲基化粒片相對減少，粒片間的結合強度降低，浸水後水分易進入粒片間，且未改質粒片比例提高，則粒片板中疏水性之苯甲基減少，而親水性之羥基則增加，使得板材與水之親和力提高有助於水分進入板材內部。由表混合比 8/2、6/4、4/6 及 2/8 者，其混合粒片板浸水 0.5 hr 後之吸

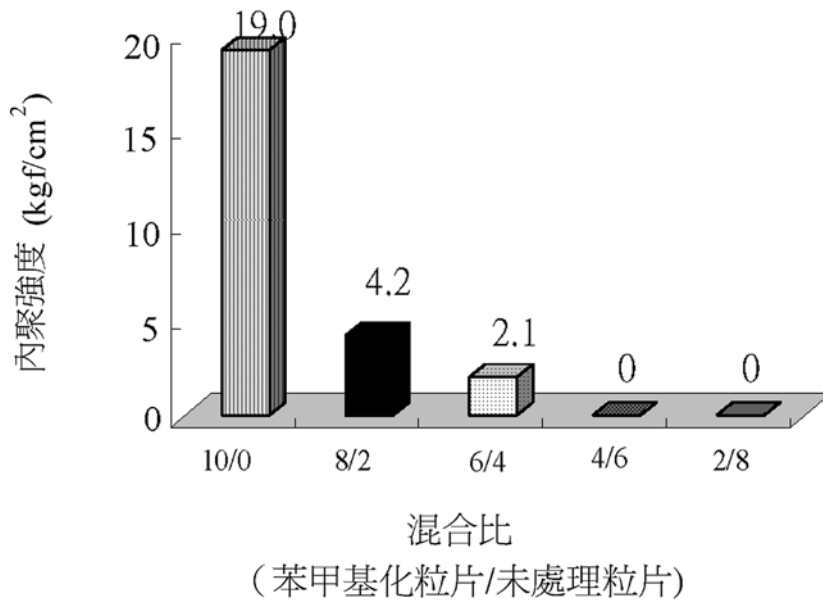


圖 3. 不同混合比例粒片板之內聚強度

Fig. 3. Internal bonding strength of particleboards made with various mixing ratio.

表 3. 不同混合比例粒片板之吸水率*1

Table 3. Water absorptions of particleboards made with various mixing rate

混合比*2 (w/w)	浸水時間 (hr)							
	0.5	1	1.5	2	3	4	12	24
10/0	3.8	5.2	6.5	7.1	8.7	9.8	16.6	23.6
8/2	19.7	23.3	26.2	27.0	29.9	31.2	42.7	56.5
6/4	41.9	48.2	53.4	57.5	62.9	67.4	81.1	96.7
4/6	116.3	109.7	117.7	116.3	122.4	125.2	131.8	138.4
2/8	178.9	169.1	171.1	173.3	174.1	174.9	176.7	168.2

*1. 吸水率單位 %

*2. 苯甲基化粒片/未處理粒片

水率分別為 19.7、41.9、116.3 及 178.9%。進一步比較各混合比例粒片板之吸水率經時變化，混合比 8/2 者在浸水過程之吸水率雖較未添加未處理粒片者為高，然其吸水率仍較表 1 中以 UF 膠及 PF 膠所製造之傳統粒片板為低，此現象在浸水初期尤為明顯。混合比 6/4 者浸水 24 hr 之吸水率大於 PF 膠粒片板，但低於 UF 膠粒片板，然浸水 4 hr 內之吸水率仍低於 PF 膠粒片板，顯示其具備較慢的水份吸收速度。混合比 4/6 及 2/8 者，浸水 0.5 hr 之吸水率即大於 UF 膠及 PF 膠所製造之粒片板，其中混合比 2/8 者之吸水率更高達 178.9%，此後吸水率未再增加，顯示其粒片間之結合力偏低，故其結構在短時間即受到破壞，並使水分大量進入板材內部。

表 4 則為不同苯甲基化粒片/未處理粒片混合比例粒片板浸水時之吸水厚度膨脹率。隨未

處理粒片添加比例增加，其浸水初期及浸水 24 hr 之厚度膨脹率均明顯增加。混合比 8/2 者之吸水厚度膨脹率低於 UF 膠粒片板，然與 PF 膠粒片板比較，在浸水 4 hr 內混合粒片板有較低的吸水厚度膨脹率，但浸水時間 12 hr 後則有較大的吸水厚度膨脹率，混合比 6/4、4/6 及 2/8 者之吸水厚度膨脹率則均大於 UF 膠及 PF 膠粒片板，其中混合比 4/6 及 2/8 者在浸水 0.5 hr 之吸水厚度膨脹率已分別達 110% 及 147.4%，浸水 24 hr 時更高達 160.2% 及 177.0%。此乃由於混合粒片板製造時未使用膠合劑，而做為結合劑用之苯甲基化粒片不足時將無法提供粒片間足夠之結合強度，且由於未改質粒片不具備熱塑性，於製板時被壓縮而有較大之內部應力存在，粒片板浸水時此應力被釋出，此因素與高的吸水率相互作用而使產生嚴重之吸水厚度膨脹。

表 4. 不同混合比例粒片板之吸水厚度膨脹率*¹

Table 4. Thickness swelling of particleboards made with various mixing rate

混合比* ² (w/w)	浸水時間 (hr)							
	0.5	1	1.5	2	3	4	12	24
10/0	0.6	1.0	1.5	2.8	3.4	4.1	8.8	13.3
8/2	13.8	14.4	16.2	17.2	19.7	22.0	27.4	33.4
6/4	41.1	44.9	48.8	49.8	52.1	54.9	70.7	86.7
4/6	110.0	118.2	123.7	125.1	127.1	130.1	150.2	160.2
2/8	147.4	152.0	155.2	155.0	158.8	161.7	168.9	177.0

*1. 吸水率單位 %

*2. 苯甲基化粒片/未處理粒片

四、結論

苯甲基化之木材粒片可藉由熱融自膠合而成板，應用苯甲基化麻六甲合歡粒片製造粒片板時，成板比重設定為 0.9 者，其粒片板之內聚強度可達 19.0 kgf/cm²，而成板比重設定為 0.7 者，其內聚強度則明顯較低，然仍優於 UF 膠及 PF 膠所製造比重 0.9 之傳統粒片板。成板比重設定為 0.7、0.9 及 1.1 之苯甲基化粒片板浸水時之吸水率及厚度膨脹率均隨成板比重增

加而降低，且均明顯低於 UF 膠及 PF 膠所製造之傳統粒片板。苯甲基化粒片板與傳統粒片板浸水時之水分吸收機制不同，傳統型粒片板浸水短時間內水分即迅速大量的進入板材內部，並造成嚴重的尺寸變化，而苯甲基化粒片板浸水後水分進入緩慢，隨其浸水延長而逐漸緩慢增加。將苯甲基化粒片與未處理粒片混合熱壓製造粒片板時，粒片混合比 8/2 者，其粒片板之內聚強度大幅降低，但浸水時之吸水率低於

傳統粒片板，厚度膨脹率則介於 PF 膠粒片板與 UF 膠粒片板之間，然隨未處理粒片比例增加，其板材性能降低，混合比例 4/6 及 2/8 者已無內聚強度存在。

五、參考文獻

李文昭、劉正字、賴明志 (2005a) 麻六甲合歡及杉木木材之苯甲氯化學改質處理。中華林學季刊 38(2) : 217-225。

李文昭、劉正字、賴明志 (2005b) 苯甲基化木材粒片熱融自膠合製造粒片板(1)-製板條件對粒片板性質之影響。林產工業 24(2) : 161-170。

李文昭、劉正字、羅紹宏 (2005c) 木材溴丙烯化學改質及其自膠合性。林業研究季刊 27(1) : 43-52。

Kiguchi, M. (1990a) Chemical modification of wood surfaces by etherification I . Manufacture of surface hot-melted wood by etherification. *Mokuzai Gakkaishi* 36(8):651-658.

Kiguchi, M. (1990b) Chemical modification of wood surfaces by etherification II . Weathering ability of hot-melted wood surfaces and manufacture of self hot-melt bonded particleboard. *Mokuzai Gakkaishi* 36(10):

867-875.

Ogawa, T. and M. Ohkoshi (1997) Properties of medium density fiberboards produced from thermoplasticized wood fibers by allylation without adhesives. *Mokuzai Gakkaishi* 43(1):61-67.

Ohkoshi, M. (1990) Bonding of wood by thermoplasticizing the surfaces I . Effects of allylation and hot-press conditions. *Mokuzai Gakkaishi* 36(1): 57-63.

Shiraishi, N. (1986) Plasticization of wood. *Mokuzai Gakkaishi* 32(10):755-762.

Yamawaki, T., M. Morita and I. Sakata (1991) Production of thermally auto-adhered medium density fiberboard from cyanoethylated wood fiber. *Mokuzai Gakkaishi* 37(5):449-455.

Wei, Y., F. Cheng, H. Li and J. Yu (2004) Synthesis and properties of polyurethane resins based on liquefied wood. *J. Appl. Polym. Sci.* 92:351-356.

Wei, Y., F. Cheng, H. Li and J. Yu (2005) Properties and microstructure of polyurethane resins from liquefied wood. *J. Appl. Polym. Sci.* 95:1175-1180.

