

利用熱塑性膠膜結合玻璃纖維補強木質板材之研究 Study on using the thermoplastics film bonded fiberglass cloth to reinforce the wooden based panel

陳合進* 楊博智** 吳志鴻*** 陳永龍**** 陳載永*****

*樹德科技大學生活產品設計系助理教授

**樹德科技大學應用設計研究所碩士生

***國立中興大學森林系助理教授

****國立中興大學森林研究所碩士生

中文摘要

以無甲醛的熱塑性膠膜取代既有的尿素膠，並加入玻璃纖維層以補強層積材(laminated veneer lumber)之力學性質，增加其挺性、韌性及撓曲性。研究中採試驗計劃法來進行，以熱塑性膠膜為試驗組，尿素膠為對照組來進行比對。以合板工業最為常用之柳桉與放射松，加上玻璃纖維氈為試驗之變項因子；以加壓時間、熱壓溫度為控制因子，加壓壓力與佈膠量為固定因子來進行試驗。熱塑性膠膜由低密度聚乙烯(LDPE)、乙烯-醋酸乙烯(EVA)、聚氨脂(TPU)來做第一階段膠合性能試驗；第二階段則以最佳化製備條件為目標，以量產化為考量依據進行試驗。試驗依據中國國家標準 CNS 1349 普通合板與 CNS 11671 結構用合板，進行含水率、密度、膠合剪力與靜曲剪力等試驗。試驗結果皆通過常態三類之標準。試驗結果顯示有正向的助益，對於改善材料膠合性質與加強合板性質皆有莫大的幫助，層積材料時若改變木質單板之交疊紋理方向，便可做成具高度撓曲或挺性兩種複合層積材。

關鍵詞：游離甲醛、合板、層積材、熱塑性膠膜、玻璃纖維

Abstract

The purpose of the study is to exploit the methods of manufacture of a new complex laminated veneer lumber, which replaces the present UF (Urea Formaldehyde Resin) with non-formaldehyde thermoplastic film. To reinforce the mechanical properties of the veneer lumber, fiberglass veneer is also added to increase its rigidity, ductility and flexibility. The study focuses on comparing thermoplastic film (Experiment Group) with UF (Control Group) by using D.O.E (Design of Experiments) method. During this experiment, the commonly utilized Lauan and Monterey pine in plywood industry, added with fiberglass felt, are taken as coefficients, in the meanwhile, total stress time and hot-press temperature as control factors, pressure and glue spreading amount as fixed factors. The first phase of the agglutination performance test is to test LDPE (Low-Density Polyethylene), EVA (Ethylene-Vinyl Acetate) and TPU (Thermoplastic Polyurethane) for thermoplastic film. The second phase is to meet the targets

of optimizing conditions of preparations and take high productivity into consideration. Meeting the requirements specified in CNS 1349 and 11671, the experiment is performed to test moisture expansion, glue formulation and bending formulation, and the result of which is in accordance with the standard of "Type III". The outcome of this experiment has shown that it can benefit from ameliorating the materials of veneer characteristics and reinforcing traits of plywood. Moreover, changing overlap regions and orientation of textures of wooden veneer while laminated veneer lumber, we can make complex laminated veneer lumber have two strong characters, rigidity and flexibility, at the same time.

Keywords: Formaldehyde, Plywood, Laminated veneer lumber, Hot Melt Adhesive Film, Fiberglass.

一、前言

木質材料具有溫和的觸感、優雅的紋理及清香的氣味等優點，是其他材料所難以取代的；雖其具有一些天然材料的劣勢，如氣孔瑕疵、耐水與耐候性不佳，及材料收縮變形等疑慮外，基本上還算是易於使用及加工的素材，所以人們不斷開發一些後續加工處理的技術，亦或是運用複合的方式來補強其材料的缺陷，使木材的特性更爲完美無缺，更可使其運用的範圍及耐久性也能隨之提升，但現在常用的人造合板膠合劑多採用甲醛系統的膠合劑，從諸多研究結果顯示，逸散在空氣中的游離甲醛具有致癌和促癌作用，對健康的影

響主要在嗅覺異常、刺激、過敏、肺功能異常、肝功能異常和免疫功能異常等方面；如果其空氣中濃度達到 $0.06-0.07\text{mg}/\text{m}^3$ 時，兒童就會發生輕微氣喘；當室內空氣中甲醛含量爲 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 時，就有異味和不適感、達到 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 時，會刺激眼睛而引起流淚，達到 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 將引起咽喉不適或疼痛；單位濃度更高時，更會引起噁心嘔吐、咳嗽胸悶、氣喘甚至肺水腫；當濃度達到 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 時便會使人立即死亡。但如果長期接觸低劑量的游離甲醛所造成的危害將更大，可能會引起慢性呼吸道疾病或鼻咽癌、結腸癌、腦瘤、月經紊亂及細胞核的基因突變，其會造成 DNA 單鏈內交連和 DNA 與蛋白質交連及抑制 DNA 損傷的修復、妊娠綜合症、引起新生兒染色體異常、白血病等病症，甚至會引起青少年記憶力和智力下降。所有接觸者中，兒童和孕婦及老人對甲醛尤爲敏感，危害也就更大(陳勤仁，1996)。現在常用的木質材料如裝修材料及家具中的合板、木芯板、纖維板、粒片板受熱或濕度增加時，游離甲醛就會釋放出來，抑或是複合地板、木工膠合劑或是牆面的塗料等等，如果在室內裝潢、傢俱傢俬、木質地板等使用範疇運用這類材料，將會對室內的空氣品質造成莫大的影響，也將會是導致現代人文明病徵的主要反應源。目前產學業界積極開發更高性能的複合材料同時，也將會更重視環保、無害、親生命性的創新材料。

本研究之主要目的係開發一種新的加工技術運用於木質合板的製造，並以生物學家威爾森(E.O. Wilson)提出的「親生命性」(Biophilia)爲宗旨來發展出對人體友善的材料，以無甲醛的熱塑性塑膠薄膜取代最爲常用的尿素甲醛樹脂(俗稱尿素膠)，針對此複合材料的基本性質與性能做試驗

與檢測，並從試驗中嘗試找出最佳化的製備條件與成型方法。

二、試驗材料與方法

(一)材料

研究中所使用的材料約略可分為三種，包括木材、膠合材料與補強材料，每一項目都保留變換材料的可能性；研究中依據合板製造上最常被使用的材料來進行試驗，木質單板採用柳桉木與放射松的旋切單板；膠合材料則是以取代尿素甲醛樹脂為目的，從各種熱塑性樹脂膠膜中去尋找最合適、性能最佳的膠合材料，並加以深入試驗以找出製備此複合材料的最佳化條件與方法；從材料的遴選到製備條件的設定，都需要長時間的反覆試驗與檢測，才得以為此新複合材料找到最佳化的製備條件。

1.木質單板

本試驗選取闊葉材及針葉材各一樣樹種的旋切單板來做測試，分別為柳桉木及放射松。其穩定的產量及便宜的價格也是為產業界用途最廣泛材料的原因之一。

(1) 闊葉材：柳桉(*Shorea spp.* ; Lauan) 單板，選購自合板製造之工廠，板材厚度為 1.0mm(面底板)及 2.0mm(中板)之旋切單板，單板經乾燥後含水率達 5%以下，其後置入密封塑膠袋中備存使用。

(2) 針葉材：放射松(*Pinus radinte* ; Monterey pine) 單板，選購自合板製造之工廠，板材厚度為 1.5mm(面底板)及 3.0mm(中板)之旋切單板，單板經乾燥後含水率達 5%以下，其後置入密封塑膠袋中備存使用。

2.膠合材料

(1) 尿素甲醛樹脂 (Urea Formaldehyde resin, UF)

固型份 60%，使用時添加 10%麵粉做為填充劑，單層佈膠量為 180g/m²。

(2) 聚胺基甲酸酯熱熔膠膜 (Thermoplastic Polyurethane, TPU)

TPU 膠膜是一種高抗張強度且具有柔軟特性的彈性體膠膜，貼合性極佳耐磨耐低溫不龜裂，不易由被接著(貼合)物表面脫落，並具有防水特性，此外更具有生物分解性。膠膜厚度 0.07 mm，密度 0.85 g/cm³，以熱示差掃描卡量儀(Differential scanning calorimetry ; DSC)分析其融熔溫度 53.5°C。

(3) 乙烯-醋酸乙烯熱熔膠膜 (Ethylene-Vinyl acetate Copolymer, EVA)

EVA 薄膜具有透明度高、抗衝擊韌性好、熱穩定性佳，且有無毒、透氣性、低溫下收縮率低等優點。膠膜厚度 0.14 mm，密度 0.97 g/cm³，以 DSC 分析其融熔溫度 70°C。

(4) PE 熱可塑性膠膜

聚乙烯(polyethylene, PE)是工業、生活上應用最廣的塑膠，目前市面上所見到的塑膠袋及各種半透明或不透明的塑膠瓶幾乎都是 PE 所製造。膠膜厚度 0.09 mm，密度 0.99 g/cm³，以 DSC 分析其融熔溫度 105°C。

3.補強材料

試驗中之補強材料為市售之玻璃纖維切股氈，其基重為 300 g/m²，但因預備試驗結果顯示玻璃纖維氈因層積製程導致可輕易撕成兩層，使融熔之膠合材料無法確實滲透所有纖維層，而造成膠合效果不佳而開裂或脫膠的情形；所以試驗於製備材料階段便將其撕開為 150 g/m²之玻璃纖維氈來使用，確保膠合材料得以平均滲透纖

維補強層。

(二)試驗方法

1.試驗設計

試驗將以試驗計畫法來進行，第一階段以遴選最佳表現之膠合劑為目的，由聚胺脂熱熔膠膜(TPU)、乙烯-醋酸乙烯熱熔膠膜(EVA)、低密度聚乙烯膠膜(LDPE)為試驗組，尿素甲醛樹脂(UF)為對照組，並加入玻璃纖維氈在測試其對於各類膠合劑對於補強纖維的膠合情形。第二階段再以加熱溫度與成型時間為試驗之變項因子，以 LDPE 為試驗組、UF 為對照組來進行，固定變項為加壓壓力、木質單板等，以設定製造之最佳化條件為目標來進行。試驗之條件及編碼代號如表 1 所示。

表 1 試驗之條件及編碼代號

試片代碼	木質單板	膠合材料	補強材料	熱壓溫度(°C)	熱壓時間 min
LLH2	柳桉	LDPE	-	190	2
LLH3	柳桉	LDPE	-	190	3
LLH5	柳桉	LDPE	-	190	5
LLH10	柳桉	LDPE	-	190	10
LLM2	柳桉	LDPE	-	150	2
LLM3	柳桉	LDPE	-	150	3
LLM5	柳桉	LDPE	-	150	5
LLM10	柳桉	LDPE	-	150	10
LLFH5	柳桉	LDPE	玻纖	190	5
LLFH10	柳桉	LDPE	玻纖	190	10
LLFM5	柳桉	LDPE	玻纖	150	5
LLFM10	柳桉	LDPE	玻纖	150	10
LEM5	柳桉	EVA	-	150	5
LEFM5	柳桉	EVA	玻纖	150	5
LTM5	柳桉	TPU	-	150	5
LTFM5	柳桉	TPU	玻纖	150	5
LUL5	柳桉	UF	-	130	5
LUFL5	柳桉	UF	玻纖	130	5
LUFL10	柳桉	UF	玻纖	130	10
PLH2	放射松	LDPE	-	190	2
PLH3	放射松	LDPE	-	190	3
PLH5	放射松	LDPE	-	190	5
PLH10	放射松	LDPE	-	190	10

PLM2	放射松	LDPE	-	150	2
PLM3	放射松	LDPE	-	150	3
PLM5	放射松	LDPE	-	150	5
PLM10	放射松	LDPE	-	150	10
PLFH5	放射松	LDPE	玻纖	190	5
PLHF10	放射松	LDPE	玻纖	190	10
PLM5	放射松	LDPE	玻纖	190	5
PLFM10	放射松	LDPE	玻纖	190	10
PEM5	放射松	EVA	-	190	5
PEFM5	放射松	EVA	玻纖	190	5
PTM5	放射松	TPU	-	190	5
PTFM5	放射松	TPU	玻纖	190	5
PUL5	放射松	UF	-	130	5
PUFL5	放射松	UF	玻纖	130	5
PUFL10	放射松	UF	玻纖	130	10

2.試驗步驟

研究中之複合層積材是以層積方式堆疊成預組合體，再經熱壓機以高溫高壓成型後再使用冷壓機台加壓冷卻後成型。熱塑性塑膠薄膜於常溫下維持固態形體，只需依序與木質單板堆疊成預組合體便完成製備。尿素甲醛樹脂則必須以 $180\text{g}/\text{m}^2$ 均勻塗佈於木質單板上，再行層積製備。執行試驗所採用之成型方法如下：

(1)材料製備

製備材料時須先將木質單板、膠合材料、補強材料都裁切為適當大小，再將其依序層積為預組合體。製備層積過程中需注意木質單板的木質紋理軸向，以木質單板層呈垂直交叉堆疊以製得高度挺性之複合材料，如圖 1。

(2)熱壓融熔

使用熱油加溫式熱壓機(Hot Press)來作為成型機台，其溫度分為 130°C 、 150°C 、 190°C 等三種，將膠合材料加至融熔的工作溫度，並予以用 $12\text{kgf}/\text{cm}^2$ 之壓力來使膠合材料能浸滲到木材纖維與玻璃纖維之中，以達到平均之膠合強度。第一階段之熱壓時間固定為 5min，於第二階段之熱

壓時間與溫度為試驗之變項因子，以求得最佳化之製備條件。

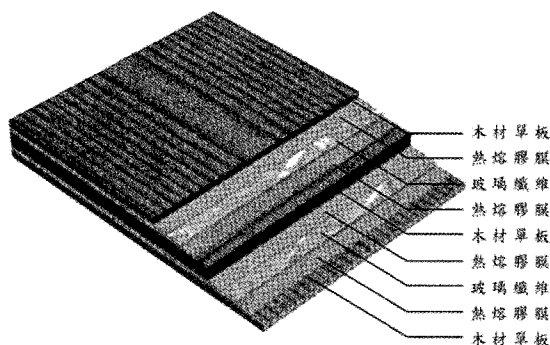


圖 1 預組合體示意圖(三層單板+兩層玻璃纖維)

(3)冷壓成型

高溫成型後將成品移至冷壓機(Cold Press)來快速降溫及定型，利用壓縮機冷卻循環水，並以 12kgf/cm^2 之壓力加壓定型，以縮短降溫的工時及減少成品變形的機率，提升工作效率及良品率。

3.性質檢測

以中國國家標準(CNS)為試驗標準。試驗之第一階段從聚胺脂熱熔膠膜(TPU)、乙烯-醋酸乙烯熱熔膠膜(EVA)、低密度聚乙烯膠膜(LDPE)為試驗組，尿素甲醛樹脂(UF)為對照組來做試驗與測試，並加入玻璃纖維補強之試驗結果來遴選，以性能、量產、成本來做考量依據，由三種熱塑性膠膜遴選出最合適於取代尿素膠與補強纖維的膠合材料。第二階段則壓力為固定因子，以加壓時間(2min, 3min, 5min, 10min)、溫度(150°C , 190°C)、木質單板(柳桉木、放射松)、玻璃纖維氈(150g/cm^2)為試驗之變項因子來進行，目的是試驗出最佳的成型條件。

檢測項目包括含水率、密度、浸水剝離、膠合剪力及甲醛釋出量之試驗。以 CNS 11671 結構用合板(Structural Plywood)

之靜曲強度(MOR)與靜曲彈性係數(MOE)試驗，結構用合板之含水率、密度與膠合剪力皆同於 CNS 1349 之標準。由 CNS 1349 標準中規定，游離甲醛釋出量之合格標準 F1 為 $< 0.5\text{mg/L(ppm)}$ ，F2 為 $< 5\text{mg/L(ppm)}$ ，F3 為 $< 10\text{mg/L(ppm)}$ ；因研究中所使用之膠合材料非甲醛系統，故無游離甲醛釋出的問題，因此將不再針對此部分進行檢測。密度、含水率、浸水剝離、膠合剪力與靜曲剪力試驗及施作方法如 CNS (中國國家標準, 1998、2000) 之規範所述。

(1)靜曲試驗方法

(A)試片製作

從各試樣合板裁切試片，與面板主紋理方向成直角，在平行方向為標示厚度之 50 倍長度之長方形試片，及與面板主紋理方向成平行，在直角方向為標示厚度之 50 倍長度之長方形試片各一片；但如試樣合板之尺度不足以製作試片時，則儘可能製作成最大尺度之試片。

(B)檢測

試片長度未滿厚度 50 倍時，從支點至載重點之距離及載重點之間的距離為厚度 15 倍以可能之範圍減少到最大尺度，就跨距方向與試片面板之主木理方向成平行者，測定與比例限度範圍之上限載重及下限載重，相對應之撓曲及最大載重，再求出靜曲強度 (MOR) 及靜曲彈性係數 (MOE)。此時，其平均載重速度為每分鐘 150kgf 以下。依下式計算靜曲強度 (MOR) 及靜曲彈性係數 (MOE)。

$$\text{MOR}(\text{kgf/cm}^2)=3P1/2bh^2$$

$$\text{MOE}(\text{kgf/cm}^2)=1^3\Delta P/4bh^3\Delta y$$

P：最大之載重(kgf)

l：跨距 (cm)

b：試片寬度 (cm)

h：試片厚度 (cm)

ΔP ：比例例限度域之上限載重與下限載重
 之差(kgf)

Δy ：與 ΔP 相對應之跨距中央撓曲(cm)

三、結果與討論

第一階段試驗結果如表 2 所示，此階段之固定變項因子為木質單板、成型溫度與加壓時間，以 12 kgf/cm² 之壓力熱壓後冷壓定型，兩階段之加壓時間相同以製成試驗試片。變項因子(控制因子)為膠合材料，並以尿素甲醛樹脂(UF)為對照組。結果含水率小於 CNS 標準規範的 8~16%，TPU 與 EVA 之含水率相較於 UF 膠與 LDPE 還低。膠合剪力強度試驗以 CNS 1349 普通合板之第三類(Type III)常態為依據，因所有熱塑性膠膜皆在溫水中產生脫膠或剝離的狀況，所以此階段性試驗皆以第三類常態為評估標準。此試驗之固定變項因子所使用之木質單板為柳桉單板，故其膠合剪力需達到 7 kgf/cm² 以上方合格，木破率則不設限制。膠合剪力強度試驗結果如圖 2 所示，未補強之層積材料尚可通過膠合剪力之標準，但加入玻璃纖維補強層後，膠合性能變差，初步判定之原因是使用的一般玻璃纖維氈為 300 g/m²，其原料狀態即可輕易剝離為兩層之情形，是故影響膠合後的性能表現；在第二階段試驗中盡量排除此內部雜音，在層積補強材料時先行將玻璃纖維氈剝離成 150 g/m² 之厚度，再進行層積為預組合體。試驗中膠合剪力強度性能最佳的條件為柳桉單板使用 LDPE 膠膜並加入玻璃纖維補強之試片 LLFM5，為 13.3 kgf/cm²；其次為未加入玻璃纖維之 LLM5，其膠合剪力強度為

11.7 kgf/cm²。

表 2 第一階段試驗結果表

性質代號	密度 g/cm ³	含水率%	膠合剪力 kgf/cm ²	木破率%
LTM5	0.59	6.5	7.5	0
LTFM5	0.64	5.3	2.6	0
LEM5	0.58	6.1	9.1	71.4
LEFM5	0.67	4.6	4.3	0
LLM5	0.57	8.9	11.7	0.5
LLFM5	0.51	4.9	13.3	19.5
LUL5	0.53	8.7	2.7	96.0
LUFL5	0.68	6.5	2.9	80.7

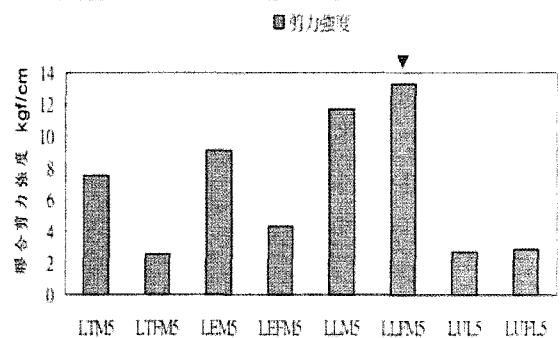


圖 2 不同膠膜之膠合剪力試驗結果

第二階段試驗之主要目的在製備複合層積材的最佳化條件，由第一階段試驗結果中分析與遴選，以日後量產為考量基準，遴選出價格低廉、性能穩定之熱塑性膠膜—LDPE 膠膜來作為主要膠合材料，以取代 UF 膠為目的進行試驗與測試，以 CNS 1349 普通合板為評估標準。此試驗之固定變項因子，所使用之木質單板為柳桉與放射松單板，熱壓壓力也維持於 12 kgf/cm² 的標準，以成型溫度、成型時間及玻璃纖維補強層為控制變項因子。為消除第一階段試驗所發現之內部雜音，遂先行將二層的玻璃纖維氈剝離成單層基重為 150 g/m² 的材料，以利融膠得以平均分佈

與滲透於纖維層中。表 3 顯示其試驗結果，其中試材的含水率皆於 CNS 標準之 14% 含水率上限之內。膠合剪力強度由圖 3 之試驗結果顯示，低密度聚乙烯膠膜之膠合剪力性能皆大於標準之上，以柳桉單板使用 LDPE 膠膜並加入玻璃纖維補強以 150°C 熱壓 10min 之試片性能表現最佳，但試驗結果較為平均穩定之條件則為 190°C 熱壓 10min 之試片。

靜曲強度與靜曲彈性係數之試驗數據如下表 4。

以低密度聚乙烯加入玻璃纖維氈補強之試片較未補強之試片等級相當或略高，尤其以放射松單板成型之複合層積材表現最佳，甚至超出最高等級標準甚多；對照組使用尿素膠於柳桉單板之試驗結果也不錯，但以放射松單板成型之試片則反之，並未達結構合板之最低標準。

表 3 最佳化製備條件試驗結果表

代號	性質	密度 g/cm ³	含水率 %	膠合 剪力 kgf/cm ²	木破率 %
LLM2		0.43	9.70	12.0	23.0
LLM3		0.38	9.70	14.0	13.5
LLM5M		0.57	8.90	11.7	0.5
LLM10		0.47	10.26	11.8	24
LLFM10		0.51	4.90	13.3	19.5
PLM2		0.44	10.20	11.6	0
PLM3		0.38	10.80	11.7	0
PLM5		0.42	9.60	8.9	0
PLM10		0.42	10.98	10.5	0
PLFM10		0.54	6.50	11.4	14.5
LLH2		0.58	9.40	9.6	2.5
LLH3		0.42	9.50	13.4	20.5
LLH5		0.53	10.0	11.8	4.5
LLH10		0.66	1.50	10.8	68.5
LLFH10		0.58	8.02	12.0	58.0
PLH2		0.72	10.00	12.0	1.5
PLH3		0.42	10.90	11.3	35.0
PLH5		0.42	10.50	12.2	3.0
PLH10		0.48	2.60	11.6	0
PLFH10		0.49	9.02	12.4	70.0
LUL10		0.53	6.60	17.8	70.0
LUFL10		0.56	7.07	8.5	60.2
PUL10		0.50	7.75	2.4	87.2
PUFL10		0.53	6.80	2.9	80.7

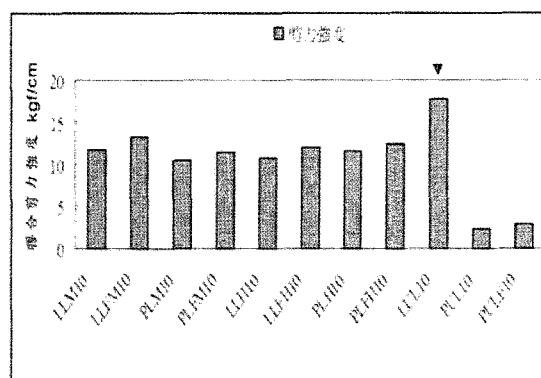


圖 3 不同溫度對膠合剪力之影響

表 4 靜曲強度(MOR)與靜曲彈性係數(MOE)試驗結果表

代號	性質	MOR kgf/cm ²	MOE 10 ³ kgf/cm ²
LLH10		231.8	103.1
LLFH10		245.9	105.8
PLH10		603.6	87.0
PLFH10		603.6	86.8
LUL10		339.2	101.6
LUFL10		233.5	75.82
PUL10		307.9	30.4
PUFL10		362.0	30.0

第一階段與第二階段之試驗數據皆是以一個標準具 10 個重覆之平均值求得而來；數據中之缺項部分為此複合層積材成型後，尚未進行測試便有破損、開裂或膠合不佳之情形，是故無試驗數據呈現。此研究中之主要目的為最佳化之複合材料製程，包括最佳成型條件與最適膠合材料等，如為求完整之試驗則需另待將來研究此複合材料時，以單一條件更多數量之試材、更多試驗水準的擬定，以及更多種類之膠合材料與補強材料來導入試驗，以求得更高信度或更佳生產條件的試驗結果。

試驗結果顯示，運用熱塑性膠膜取代尿素甲醛樹脂可以確實解決游離甲醛的釋出的問題，且就成型板材的厚度也有些微

的降低，並具有更高的密度及較低的含水率，由此可見相對也降低了合板的變形與翹曲的機率。於膠合剪力方面，試驗結果中 TPU、EVA、LDPE 的膠合強度皆通過中國國家標準 CNS 1349 普通合板的常態三類(Type III)之檢測標準，但依據試驗結果之性能差距與量產成本考量等因素，遂遴選出低密度聚乙烯(LDPE)膠膜為此複合層積材之最適膠合材料。並於第二階段之最佳化試驗結果中，以最佳性能表現為參考依據，初步試驗結果之建議製備條件為：以 190°C 之溫度與 12 kgf/cm² 之壓力熱壓已層積之一預組合體 10min，再行冷壓其預組合體 10min 加速成型，以此條件為一最佳製備條件。試驗之結果確認此一木質複合板材之開發，得以通過中國國家標準 CNS 1349 普通合板第三類常態(Type III)與 CNS 11671 結構用合板之密度、含水率、游離甲醛釋出、膠合剪力與靜曲強度的標準，也為未來量產上市之可行性作最佳的背書。本研究中利用層積木質單板之木理方向的改變，成功製造出兩種互相迥異特性之複合材料；如層積木質單板之方向成平行時，所造之材料特性為高撓曲性與高彈性；反之，將奇數層單板木理與偶數層單板木理成垂直時，所造之材料特性為具高挺性與高韌性。

四、結論與建議

(一) 結論

有鑑於環保意識的抬頭，人們對於永續、環保、綠建築、綠色產品或生態保育的議題逐漸重視；對於環保議題的省思不單只是被動的減少污染及破壞，更需要主動思考如何為生態的平衡加分，人類文明的發展也必須建立在這樣的宗旨上。生活

中常用的木質材料經由人工林培育與計畫性開採，也儼然成為未來發展中重要的再生性資源。但目前的合板加工仍舊以尿素甲醛樹脂為主要的膠合材料；使用這類膠合劑將會有游離甲醛釋出的問題，它將會對人體的呼吸系統、免疫系統、去醣核酸造成影響與病變，相對此安全性的法規及限制也會日益嚴謹。由上述之試驗成果表示，研究中的木質複合板材確實通過中國國家標準之普通合板及結構用合板試驗，對於日後量產的可行性做了最佳的映證；利用熱塑性膠膜來取代尿素甲醛樹脂有效改善游離甲醛釋出的問題，以此研究成果也可作為參考的依據；不但是為未來日益嚴謹的法規做準備，也為更安全無慮的「親生命性」產品，開發出更環保的木質材料，對於日後的木質材料應用也有莫大的助益，如使用於室內裝修、家具傢俬、木製產品等等，也可以有效避免游離甲醛對人體的危害；在環保意識抬頭的時代，人們對於環境保護、環境安全、生態保護等議題必然會更加重視，人們對於選購或使用產品及材料時，會更加注重與小心，為此產業也可增加其產品的附加價值或環保訴求，這對保護環境或維持生態平衡都具莫大的助益。利用玻璃纖維補強木質板材性能的試驗也展現其成效，針對此補強部份於未來所能進行之各項性能試驗，應有更突顯此步驟之成效的試驗方法；經由補強後的木質板材，不但可以增加其物理性的強度，對於成型後的抗變型率與耐用性都有所助益，相對成品的精確度與良品率應也可隨之增加。總而言之，研究中陳述之試驗流程與成果，皆可為此木質複合板材之製造方法作最佳的參考，並為此發明專利的申請作背書，以利未來的研究發展或量產製造。開發此複合材料之主要成果為一新製程與一新複合材料，未來對於利

用此材料的特殊性能來做更創新的產品開發，亦或是開創全新的應用領域，應都是急待發展或研究的重要目標。

研究成果如下：

1. 開發無游離甲醛釋出之膠合材料。
2. 試驗結果通過 CNS 1349 普通合板與 11671 結構用合板之第三類常態試驗之標準。
3. 單板木理成同向堆疊時，可製成高撓曲度、高彈性之複合板材。
4. 單板木理成垂直堆疊時，可製成高挺性、高韌性之複合材料。
5. 此製程可配合高溫模具做出高曲率或多曲面的產品。
6. 爲此材料之未來發展及應用領域做初步探索。

(二) 建議

對於未來此木質複合板材之研究依試驗結果，提出幾項可行之目標參考，對於膠合材料方面，應可協同化工背景之產業或學術領域來共同開發，能於木質材料之黏合或補強纖維的最佳黏著性能爲目標，爲此開發出無游離甲醛釋出，且具耐更高溫、更具耐水性或更低材料成本、更低製造成本等優勢的膠合材料。補強材料方面，也可嘗試使用玻璃纖維製的網狀材或玻璃纖維織布來補強，亦或是由其他類纖維織品如碳纖維、功夫龍織布等高強度的高分子複合材料來試驗，以求性能更佳或具特殊用途的複合材料，如特殊鋪面、特殊尺寸、軍事防彈或輕量化的航太用途等。成型製造方面，可依各類熱壓模具之條件而隨之調整；亦或事先製備膠合補強層，將熱塑性膠膜與玻璃纖維先行熱壓成型爲一膠合補強材，再行利用於合板、層積材或其他材料，用以補強其複合層積材

之性質。

參考文獻

1. Burall, Paul, 1995, Green-ness Is Good for You, *The Journal of Product Innovation Management* Volume: 12, Issue: 4, September, pp. 354.
2. Davalos, J.F.; Barbero, E.J.; Kim, Y., 1997, Delamination buckling of FRP layer in laminated wood beams, *Composite Structures* / Volume: 37, Issue: 3-4, pp. 311~320.
3. Eichner, Thomas; Pethig, Rüdiger, 2001, Product Design and Efficient Management of Recycling and Waste Treatment, *Journal of Environmental Economics and Management* Volume: 41, Issue: 1, pp. 109~134.
4. Jerrold E. Winandy; H. Michael Barnes Robert H. Falk, 2002, Summer temperatures of roof assemblies using western redcedar, wood-thermoplastic composite, or fiberglass shingles, *Forest Product Journal* / Volume: 54, No. 11.
5. Karabinis, A.I.; Rousakis, T.C., 2002, Concrete confined by FRP material: a plasticity approach, *Engineering Structures* Volume: 24, Issue: 7, pp. 923~932.
6. Saafi, Mohamed, 2002, Effect of fire on FRP reinforced concrete members, *Composite Structures* Volume: 58, Issue: 1, pp. 11~20.
7. Tierney, Robert J., 2002, Green by Design: Factor Ten Goals at Pratt & Whitney, *Corporate Environmental Strategy* Volume: 9, Issue: 1, pp. 52~61.

8. Micelli, Francesco; Nanni, Antonio, 2004, Durability of FRP rods for concrete structures , *Construction and Building Materials* Volume: 18, Issue: 7, pp. 491~503.
9. Benjamin Herzog, B.G., R.L., D. J.G., 2005, Durability of fiber-reinforced polymer (FRP) composite-wood hybrid products fabricated using the composites pressure resin infusion system (ComPRIS), *Forest Products Journal /* Volume 55, No.11;ABI/INFORM Global pp.54.
10. Chen, Chung-Chiang, 2005, Incorporating green purchasing into the frame of ISO 14000, *Journal of Cleaner Production* Volume: 13, Issue: 9, July, 2005, pp. 927~933.
11. Franks, S.J., 2005, A mathematical model for the absorption and metabolism of formaldehyde vapour by humans, *Toxicology and Applied Pharmacology* Volume: 206, Issue: 3, pp. 309~320.
12. Wang, Xiaodong; Luo, Xin; Wang, Xinfeng, 2005, Study on blends of thermoplastic polyurethane and aliphatic polyester: morphology, rheology, and properties as moisture vapor permeable films, *Polymer Testing* Volume: 24, Issue: 1, pp. 18~24.
13. 經濟部中央標準局，1998，普通合板，中國國家標準 CNS 1349。
14. 經濟部中央標準局，2000，結構用合板，中國國家標準 CNS 11671。
15. 蘇麗卿，1994，木質板類游離甲醛釋出之研究，國立中興大學，碩士論文。
16. 陳勤仁，1996，合板游離甲醛之研究，台北醫藥學院，碩士論文。
17. 陳盈全，2000，尿素-樹皮萃取物-甲醛共聚合樹脂之合成及其性質，國立中興大學，碩士論文。
18. 陳載永、宋洪丁、陳合進、徐俊雄，2006，合板，木工家具雜誌，pp.15~21。