

利用木材表層加熱進行杉木生 材集成膠合之研究

黃國雄 唐讓雷

摘 要

以四種木材工業用膠合劑 (UF、MF、PRF、RF)，利用不同之熱壓時間將杉木生材單面表層加熱，經佈膠後再以冷壓方式作成二片膠合；之後，採用氣乾與低溫爐乾，將膠合好之生材乾燥處理，並依各膠合劑之性質進行常態、耐水、耐熱水、耐沸水等膠合強度試驗，另外又以UF、PRF進行集成材之試作與測試。

試驗之結果歸結如下：

1. 杉木生材膠合及其經乾燥後，各膠合劑之膠合強度受表層加熱熱壓時間之影響並不明顯。
2. 生材膠合後，經氣乾乾燥或低溫爐乾乾燥，兩者之間無明顯差異。
3. 與杉木氣乾材之膠合性能相比較，PRF、RF進行杉木生材膠合，可獲得較佳之結果，而UF、MF則否。
4. 生材集成材經乾燥後之剝離率超過10%，效果不彰，須進一步檢討與改善。

關鍵詞：杉木、生材、膠合、集成、木材表層加熱。

黃國雄 唐讓雷 1988 利用木材表層加熱進行杉木集成膠合之研究，林業試驗所研究報告季刊，3(3):173—182.

Study on Gluing and Laminating of China Fir Green Wood Using Hot-press for Surface Heating

Gwo-Shyong Hwang, Jung-Lei Tang

[Summary]

Four kinds of adhesives (UF, MF, PRF, RF) were used in gluing and laminating of green wood from China fir. Firstly, one of the green wood surface was heated by 150 °C hot pressing at 1, 3, 5 or 10 min interval. Immediately following the hot pressing the adhesives was applied on the heated surface and then glued by 5 min of cold pressing. Glued green wood samples were further air-dried or dried under 45 °C in an oven. The normal, water-resistance, hot-water-resistance, and boiling-water-resistance bonding strength tests were carried out for evaluating the quality of the gluing technique. In this study, the lamination of the green wood using UF and PRF glues was also made.

Results obtained are as follows:

1. According to the tests, the bonding strength is not affected by the hot pressing time, regardless of the type of glue used.
2. The bonding strength results give no significant difference between air-drying and 45 °C oven-drying treatment after green wood gluing.
3. In comparison with the bonding properties of glued air-dried China fir wood, a more satis-

1988年7月送審

1988年8月通過

主審委員：張上鎮
翟思湧

factory result can be obtained in green wood gluing by using PRF and RF glues, but not for UF and MF glues.

4. The delamination rate of green wood laminates after air-drying is more than 10%. Further study will be required for improving the quality.

Key words: China fir, gluing, lamination, green wood gluing, green wood lamination, wood surface heating.

G. S. Hwang, J. L. Tang, 1988. Study on gluing and laminating of China fir green wood using hot-press for surface heating. *Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series*, 3(3):173-182.

一、緒 言：

杉木為本省主要之造林樹種，多屬中小徑木，節多且材性尚未穩定，乾燥時易發生缺點，且由於徑小，致使加工過程較為煩瑣，若以未經乾燥之生材先行膠合，再予以加工利用，或許可減少加工之煩瑣與乾燥之缺點。然一般常用於高含水率木材之膠合劑（黃國雄，1985；劉正字等，1986），如環氧樹脂、聚脲脂因屬非水溶性，在工廠作業恐有不便，又如間苯二酚樹脂雖為水溶性，但由於木材表層含水率太高時，易發生欠膠而造成膠合不良，因此在生材膠合時，為了減少水溶性膠合劑受木材中之水分稀釋而滲入木材組織內或流失於外，故在膠合前將生材表層加熱，使表層含水率降低後再予膠合（劉正字等，1986；藤木登留等，1985；Murphy, W.K.等，1971）。本研究計畫以熱壓方式將

生材表層含水率降低後，採用木材工業常用之水溶性膠合劑UF、MF、PRF、RF等，並藉木材表層之餘熱，以短時間冷壓達到生材膠合之目的。

二、試驗材料：

(一) 試 材

試驗所用之杉木係採自蓮花池分所，胸高直徑為20~25cm，裁成長度140cm後運回本所，鋸製成1.5cm(T)×8~12cm(W)×30cm(L)及1.0cm×15cm×65cm之板材，供集成膠合用，其含水率為50~120%。

(二) 膠合劑

供試膠合劑為木材工業常用之水溶性膠合劑，其中UF、MF、PRF，由廠商提供，而RF則購自市面。各膠合劑之性質與配合比如表1所示。

表1 供 試 膠 合 劑
Table 1. Adhesives for test

商 品 名 Trade name	膠 合 劑 Adhesive	固 體 含 量 Solid content(%)	黏 度 Viscosity	pH	配 合 比 Preparation ratio(g)		
					樹 脂 Resin	麵 粉 Flour	硬 化 劑 Hardener
UF-100	尿 素 樹 脂 Urea resin	47±2	50~100cps	6.6~7.2	100	15	0.5
MF-50	三 聚 氰 氨 樹 脂 Melamine resin	above 50	100~400cps	7.4~8.6	100	20	0.5
S-199	酚-間苯二酚樹脂 Phenol-resorcinol resin	51.5±1.5	450±50mPa.s	7.8~8.2	100	—	20
MD-3003	間 苯 二 酚 樹 脂 Resorcinol resin	52±2	150±50cps	7.8±0.3	100	—	15

三、試驗方法與內容

(一) 膠合方法與條件

將厚度1.5cm之杉木生材，以熱壓機作單面加熱，熱板溫度為150°C，加壓壓力為3kg/cm²，加壓時間分別為1、3、5或10min，經加熱後之生材，以手動式滾輪雙面佈膠，佈膠量約為250g/m²，佈膠後立即作成兩片膠合，並以冷壓方式加壓，壓力為6kg/cm²，加壓時間為5min，在以上條件皆符合之情況下重複三次，同時為了比較，將1.5cm×10cm×30cm之杉木氣乾材（含水率11~14%，比重0.36~0.46），分別以各種膠合劑作成二片膠合，採冷壓方式，加壓壓力為10kg/cm²，加壓時間為6hr。

(二) 生材內部溫度與含水率之測定

於厚度1.5cm供作膠合用杉木生材之側面鑽取直徑2mm，深4cm之小孔，小孔中心距加熱表層分別為2、4、6、8mm，每一試片只鑽取一小孔，將試片以150°C，壓力3kg/cm²之熱板加壓10min，並以攜帶型電子式數字溫度指示計（DFT-500）之感溫棒插入小孔，讀取溫度，每一小孔中心距表層不同之距離，均重複測定3次，並求其平均值。

含水率之測定乃將厚度1.5cm之杉木生材，以溫度150°C、壓力3kg/cm²之熱板分別熱壓1、3、5、10min後，立即將加熱後之生材表層以手鉋鉋取厚度0.2mm、寬度2cm之薄片兩片，之後以電動手鉋機鉋去1mm厚度後，再以相同之方法鉋取薄片，將所鉋取之薄片立刻置入稱量瓶中並以爐乾法測其含水率，每一條件下亦重複3次並求其平均值。

(三) 膠合強度之測定

膠合強度之測定採用壓縮剪斷強度試驗，將二片膠合之生材解壓，4小時後，製取膠合強度測定用之試片，測定其膠合強度，所剩之膠合試材縱切成兩組，一組採爐乾乾燥，將試片置於45°C之烘箱，經過3天，使其含水率降至氣乾含水率；另一組採氣乾乾燥，將試材置於試驗工廠內通風之處，經3週後其含水率可降至氣乾含水率。之後，再製取膠合強度測定用之試片，測其常態膠合強度，並

依膠合劑之性質分別進行耐水（30°C，3hr），耐熱水（60°C，3hr），耐沸水（100°C，4hr wet→60°C，20hr dry→100°C，4hr wet）等試驗，每一條件下之試片均為6個。同時亦將膠合完成供作比較用之杉木氣乾材，進行各項膠合強度試驗。

(四) 集成材之試作與測試

以1cm(T)×15cm(W)×65cm(L)之杉木生材製造3層集成材，所使用之膠合劑為UF與PRF，膠合條件與(一)項中所述者同，惟熱板加熱時間只有3min一個條件後。集成材試作完成之後，置於實驗工廠內約經2個月氣乾，製成3cm×3cm×48cm及3cm×14cm×7.5cm之試片，分別進行抗彎試驗與剝離試驗，而剝離試驗中UF採浸漬剝離試驗，PRF採煮沸剝離試驗（劉正字，1983）。

四、結果與討論

(一) 生材內部溫度與含水率之變化

圖1為生材（M.C. 80~120%）熱壓時內部溫度變化之測試結果，由圖1得知在加熱初期生材內部之溫度，隨距加熱表層距離之增加，差異非常明顯，亦即愈接近熱板之部分其溫度上昇愈迅速，然而當溫度上升至100°C左右時，則呈停滯狀態，溫度上升非常緩慢，此乃因為木材中之水分吸收大量熱能而蒸發之故。又如圖所示，距離加熱表層愈遠之部分，其溫度上升愈緩慢，在熱壓10min時，在距離加熱表層6mm與8mm之處，其溫度均未能達到100°C。

生材（M.C. 50~75%）經不同時間熱壓後，其內部含水率變化之測定結果如圖2所示，其中加熱表層之含水率雖受熱壓時間之影響，但差異不大，均在15%以下，而能符合一般木材工業用膠合劑對木材含水率之要求。在距加熱表層1~3mm處之含水率，受熱壓時間之影響非常顯著，此結果可由圖1得知，在距加熱表層2mm處，經熱壓1min後，其溫度上升至100°C以上，此時木材中之水分開始蒸發，熱壓時間愈長，其水分蒸發愈多，故含水率愈低。而距加熱表層3mm以上時，在10min之熱壓時間內，其含水率均無明顯之變化。

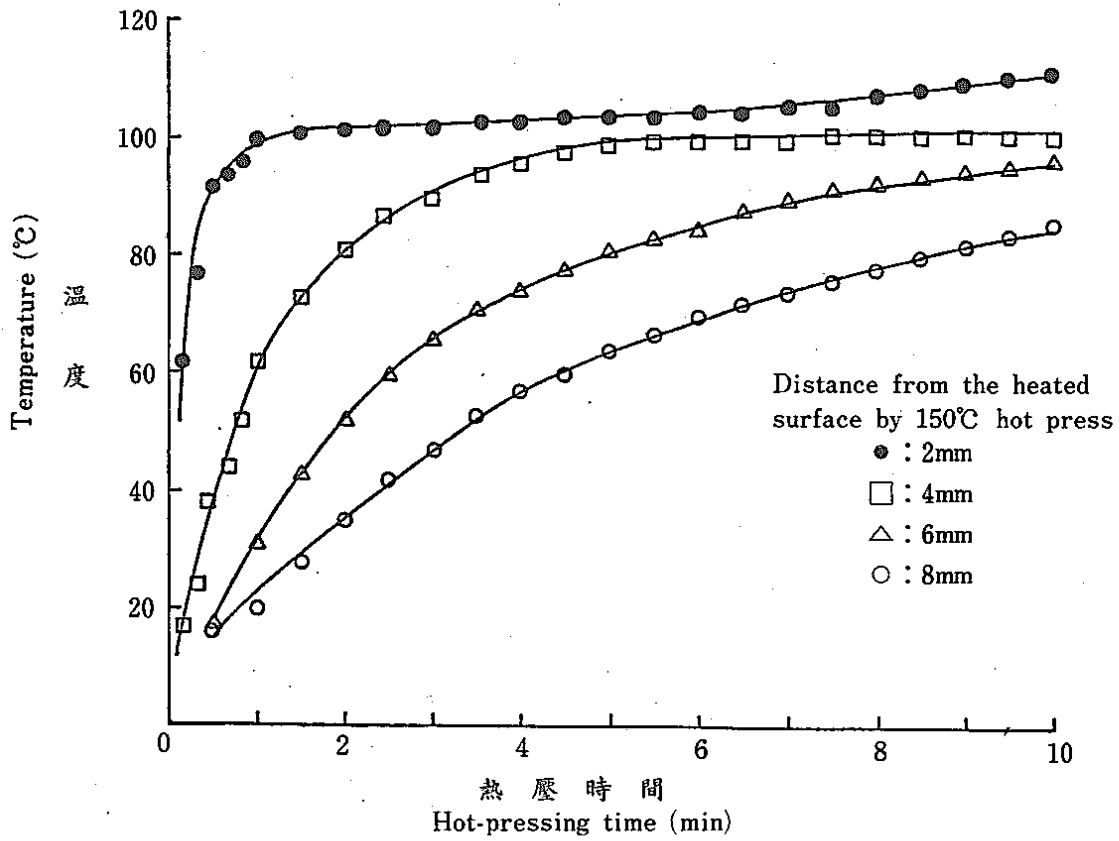


圖1. 生材內部溫度變化與熱壓時間之關係
Fig. 1. The relationship between temperature change in green wood and hot-pressing time

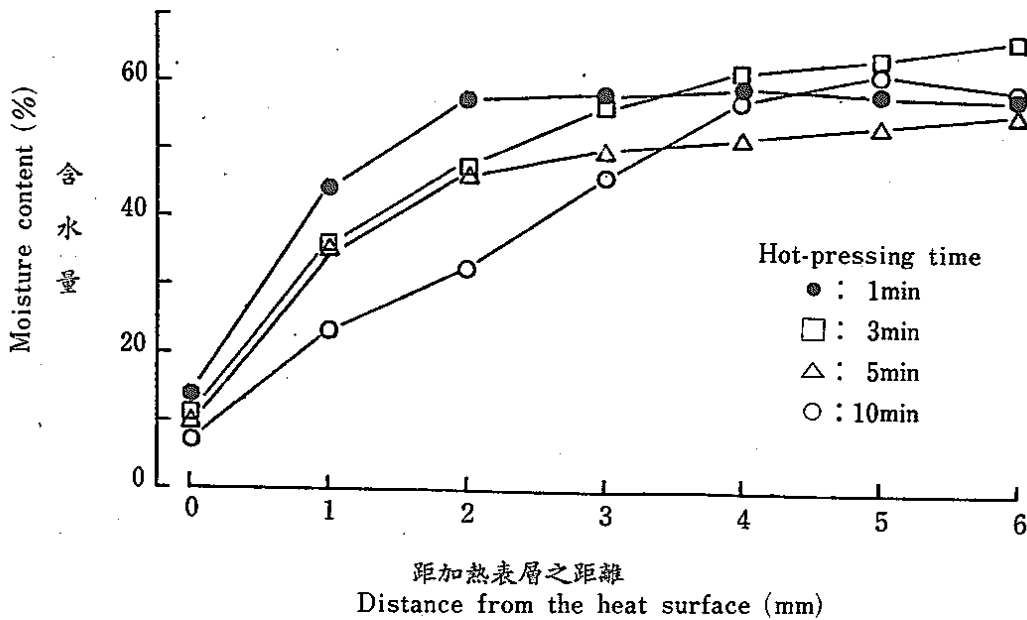


圖2. 不同熱壓時間下生材內部含水率之變化
Fig. 2. The change of M. C. in green wood with different hot-pressing time

(二)膠合強度之測試結果

表 2 為供試膠合劑進行杉木氣乾材膠合強度試驗之結果, 由表 2 顯示四種膠合劑均具良好之常態

膠合強度, UF、MF 具有良好之耐熱水性能, PRF、RF 亦具有良好之耐沸水性能, 而 MF 之耐沸水性能較 PRF、RF 為差。

表 2 杉木氣乾材之膠合強度試驗結果

Table 2. The results of bonding strength tests of China fir air-dry wood

膠合劑 Adhesives	膠合強度 (Bonding strength kg/cm ²)			
	常態試驗 Normal test	耐水試驗 Water-resistance test (30°C,3hr)	耐熱水試驗 Hot-water-resistance test (60°C,3hr)	耐沸水試驗 Boiling water test (100°C,4hr wet →60°C,20hr dry→100°C,4hr wet)
尿素膠 UF	97.3±21.9 (100)	72.2±16.7 (90)	67.7±15.2 (90)	—————
三聚氰氨膠 MF	90.3±20.3 (80)	—————	77.1±12.9 (90)	47.7±16.1 (55)
酚-間苯二酚膠 PRF	96.4±21.7 (75)	—————	—————	52.3±6.3 (75)
間苯二酚膠 RF	92.8±27.1 (100)	—————	—————	60.6±9.6 (75)

括號內之數字為木破率 (%)

Value in parenthesis represents wood failure (%)

生材表層經不同時間熱壓後, 隨即塗膠並以冷壓 5min 作成二片膠合, 4 小時後進行常態膠合強度試驗, 試驗結果如圖 3 所示。由圖 3 得知生材表層經 1min 熱壓加後, 其膠合強度以 UF 為最大, 且有 30% 之木破率, 顯示其膠合層已有相當程度之硬化, RF、PRF 之膠合強度次之, 且其木破率接近零或為零, 而 MF 之膠合強度為零, 因冷壓 5min 後行解壓時, 其膠合層仍無法達到某種程度之硬化而致使二片生材產生滑動, 故全無膠合強度可言。由上可知, 在熱壓 1min 時木材表層之餘熱無法使 MF 膠合層產生相當程度之硬化, 此乃因為 MF 膠合劑在硬化過程中, 對溫度、時間之要求比另外三種膠合劑較高、較長之故, 此亦可由圖 4 明顯得知, 圖 4 為將供試之膠合劑倒入試管約 15g 後, 置於不同溫度之水浴中, 並以玻璃棒均勻攪拌, 測定膠化時

間之試驗結果, 在各種溫度下, 以 MF 之膠化時間最長。又生材表層加熱經 3min 熱壓時, UF、PRF、RF 之膠合強度, 均較熱壓 1min 者明顯升高, 且亦有較大之木破發生。由此得知, 其膠合層之硬化程度較熱壓 1min 者為高, 亦顯示出利用加熱表層之餘熱對膠合之效果, 在相同熱壓 3min 之條件下, 仍以 MF 之膠合強度為最低。生材表層經熱壓 5min 加熱後, 四種膠合劑之膠合強度非常接近, 但與表 2 氣乾材之膠合強度相比較, 仍屬偏低, 此乃因為膠合層附近之木材含水率較高之故。由圖 2 得知在表層加熱熱壓 5min 時, 距加熱表層 1mm 之處, 其含水率仍維持在 30% 以上, 再根據膠合強度受木材含水率之增加而降低之影響, 可證明其膠合強度低於氣乾材者之原因。表層加熱經熱壓 10min 之膠合強度與木破率, 和熱壓 5min 者相近。

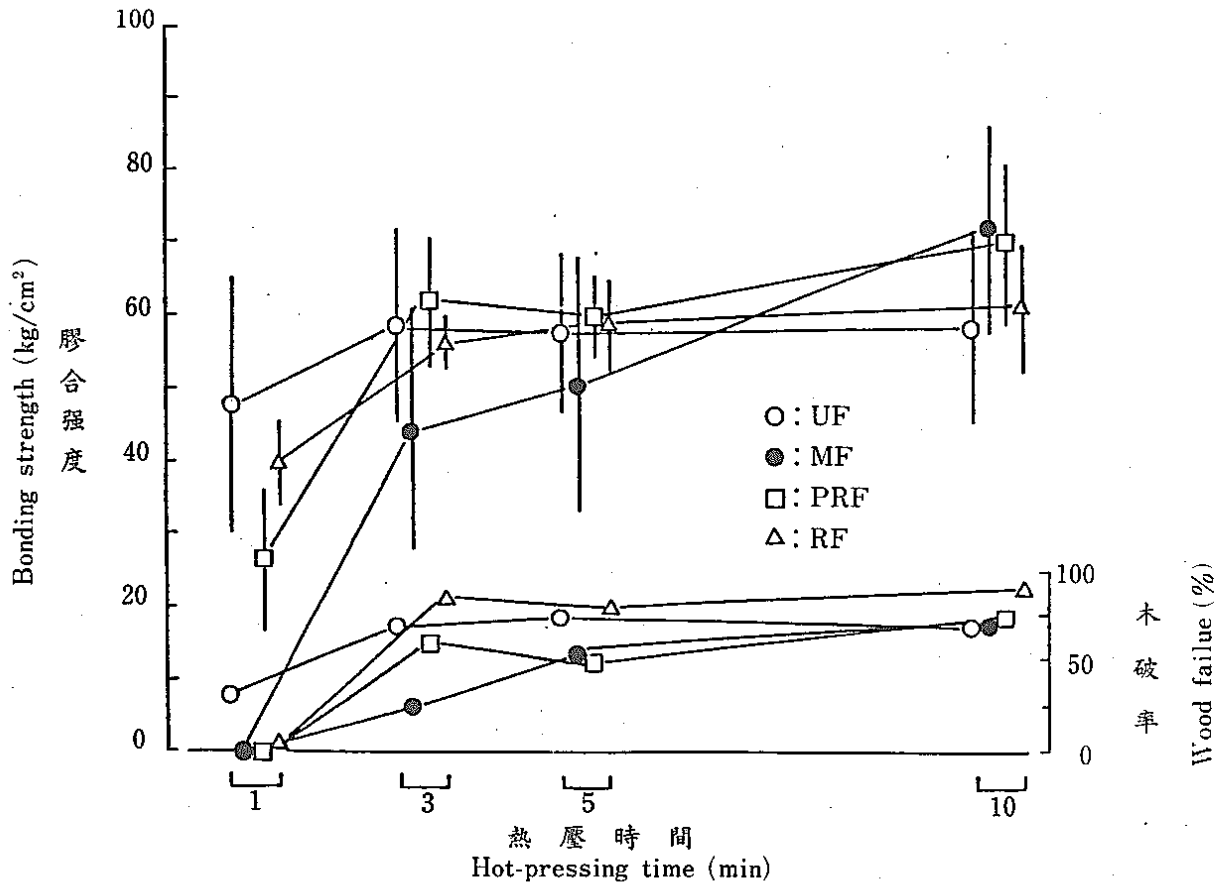


圖3.膠合前生材表層熱壓時間對常態膠合強度之影響(膠合後4小時)
 Fig. 3. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on normal bonding strength. (in four hours after gluing)

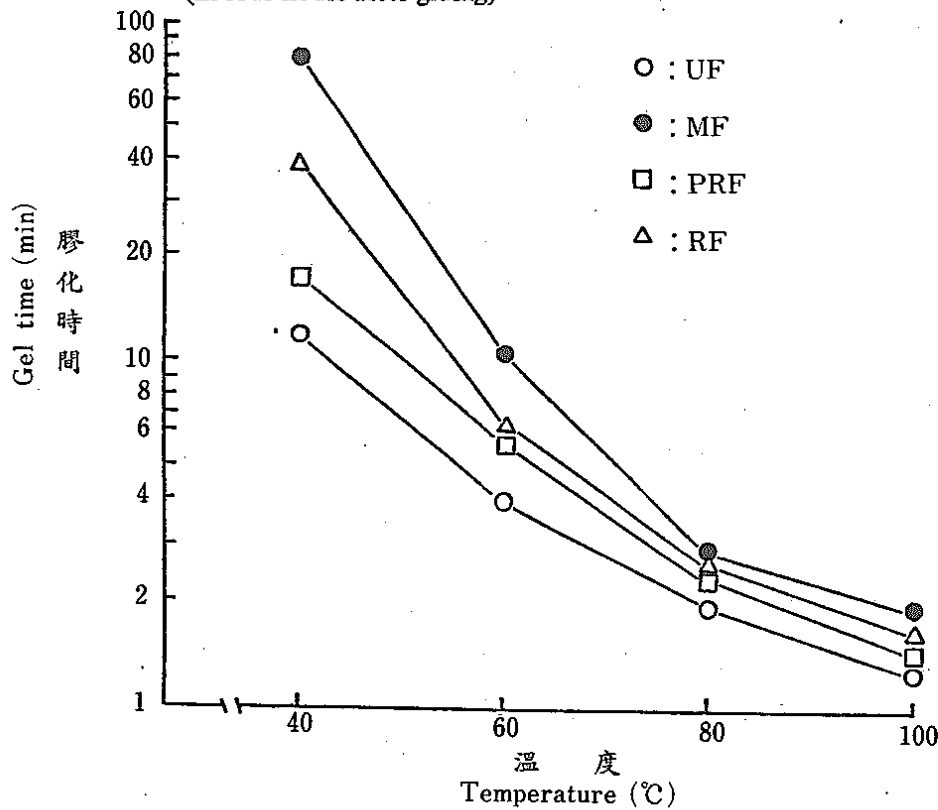


圖4.膠化時間與溫度之關係
 Fig. 4. Relationship between gel time and temperature

圖5為生材膠合經氣乾後之常態膠合強度試驗結果, 其中各膠合劑之膠合強度受熱壓時間之影響甚明顯, 同時大部份均有相當程度之木破現象, 顯示採用水溶性膠合劑, 利用表層加熱進行生材膠合

之可行。

生材膠合經 45°C 低溫爐乾燥之常態膠合強度試驗結果, 如圖6所示, 並與圖5 經氣乾之試驗結果非常相近, 受熱壓時間之影響亦不明顯。

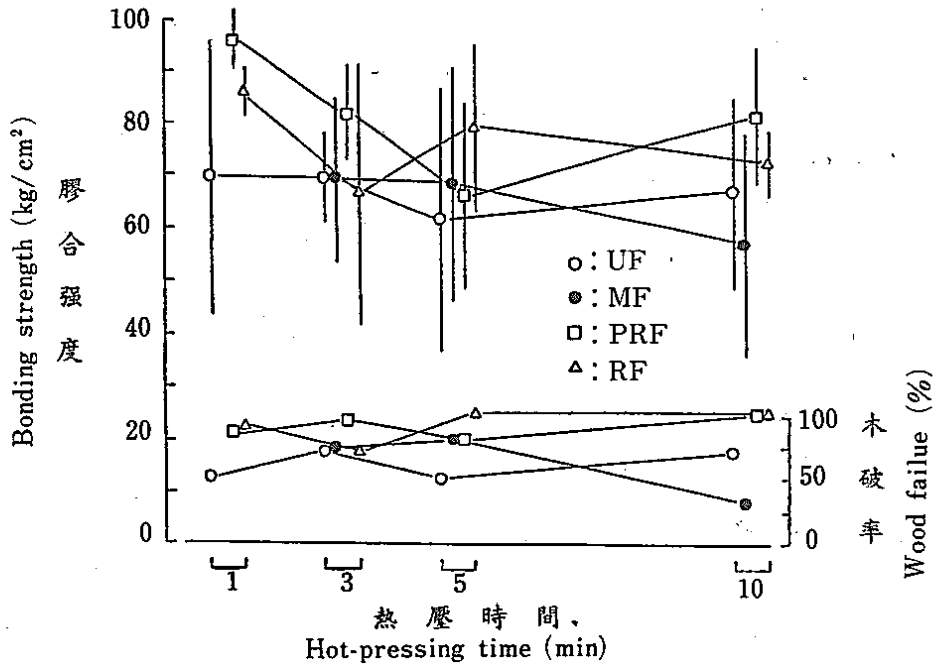


圖5. 膠合前生材表層熱壓時間對常態膠合強度之影響 (膠合後經氣乾乾燥)

Fig. 5. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on normal bonding strength. (air-dried after gluing)

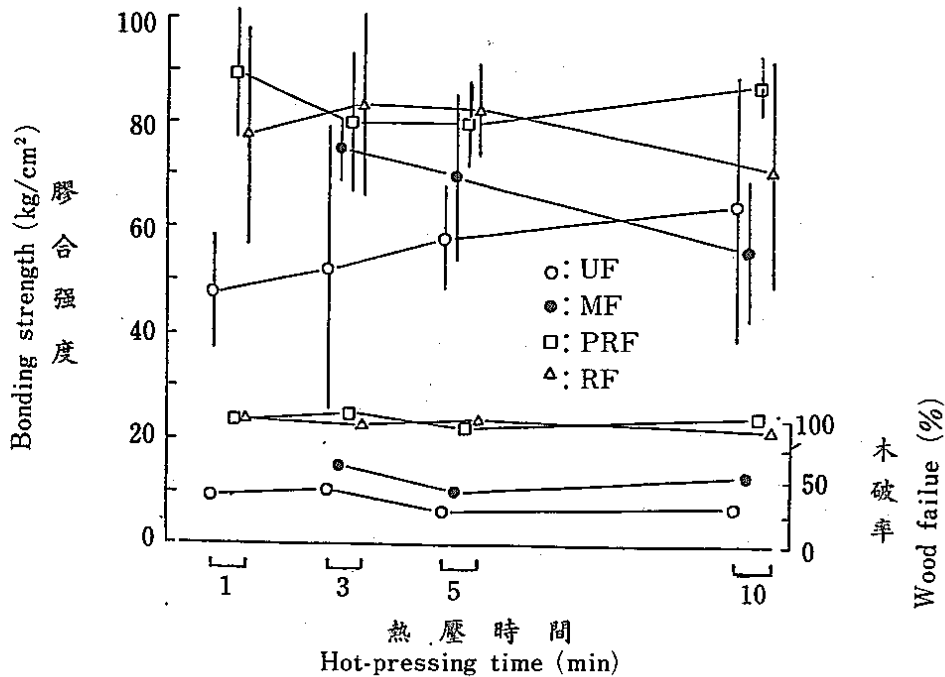


圖6. 膠合前生材表層熱壓時間對常態膠合強度之影響 (膠合後經45°C 爐乾乾燥)

Fig. 6. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on normal bonding strength. (45°C oven-dried after gluing)

綜合圖 5，圖 6 之常態膠合強度，並與表 2 氣乾材之常態試驗結果相比較，其中 PRF、RF 之膠合強度及木破率，與氣乾材者之差異較小，顯示較佳之結果，而 UF、MF 則否。

生材膠合經氣乾後之耐水及耐熱水試驗之結果，如圖 7 所示，其膠合強度不受熱壓時間之影響。在 UF 之試驗結果中，耐熱水 (60°C, 3hr) 之膠合強度較耐水 (30°C, 3hr) 者明顯降低，但是在表 2 氣乾材之試驗結果中，UF 在耐水及耐熱水之膠合強度卻非常接近，且兩者之木破率均較生材膠

合者為高，因此推測生材膠合後耐熱水膠合強度較耐水者降低之原因，可能是由於生材膠合後，有殘留應力存於膠合層之故。在耐水 60°C 之試驗結果中，MF 之膠合強度較 UF 大，且有較大之木破率。

圖 8 為生材膠合並經 45°C 爐乾乾燥後之耐水、耐熱水之試驗結果，與圖 7 經氣乾乾燥者之試驗結果相近而無明顯差異。

生材膠合經氣乾後之耐沸水試驗結果，如圖 8 所示，其中 PRF 與 RF 之試驗結果中，其膠合強度

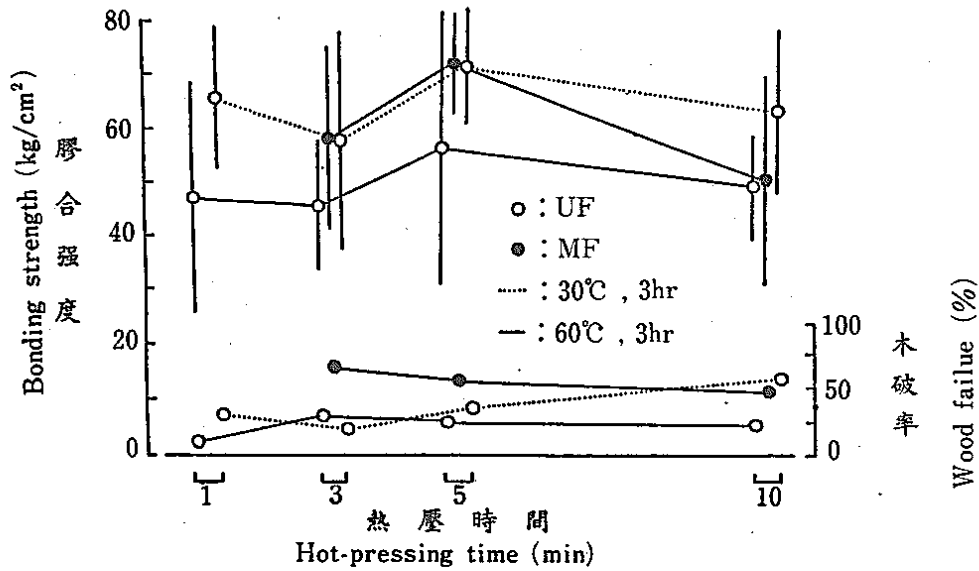


圖 7. 膠合前生材表層熱壓時間對耐水與耐熱水膠合強度之影響 (膠合後經氣乾乾燥)

Fig. 7. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on water-resistance and hot-water-resistance bonding strength. (air-dried after gluing)

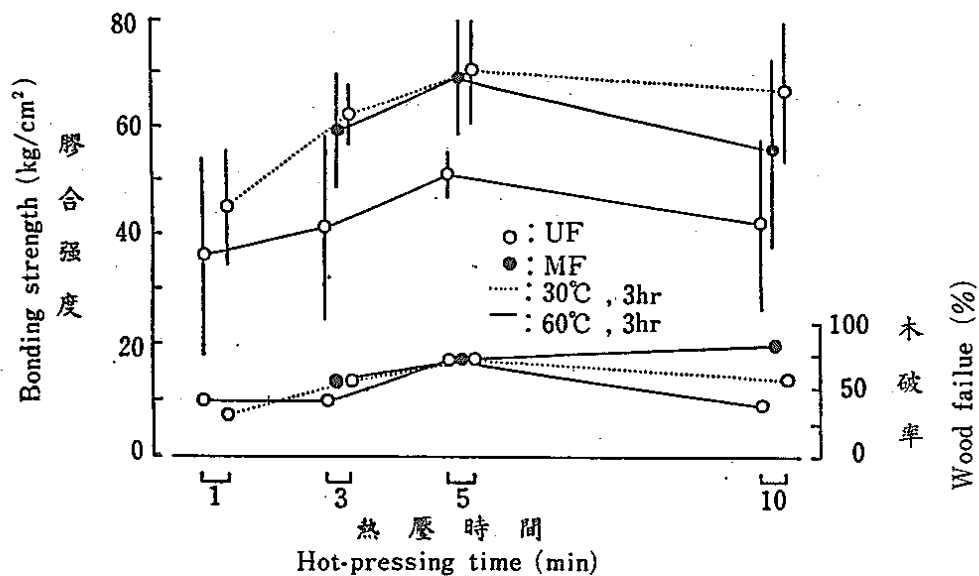


圖 8. 膠合前生材表層熱壓時間對耐水與耐熱水膠合強度之影響 (膠合後經 45°C 爐乾乾燥)

Fig. 8. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on water-resistance and hot-water-resistance bonding strength. (45°C oven-dried after gluing)

受熱壓時間之影響不明顯, 且兩膠合劑之膠合強度與表 2 氣乾材之試驗結果相比較, 非常相近, 顯示其具有良好之膠合性能。MF 膠合劑之試驗結果中, 其膠合強度較 PRF、RF 者為弱。且熱壓 3min 之膠合強度較熱壓 5min 與 10min 者顯著降低, 而熱壓 5min 與 10min 之膠合強度與氣乾材者非常相近。

以 MF、PRF、RF 進行生材膠合並經 45°C 爐乾乾燥後之耐沸水試驗結果, 如圖 10 所示, 與圖 9 經氣乾者非常接近。

集成材之測試

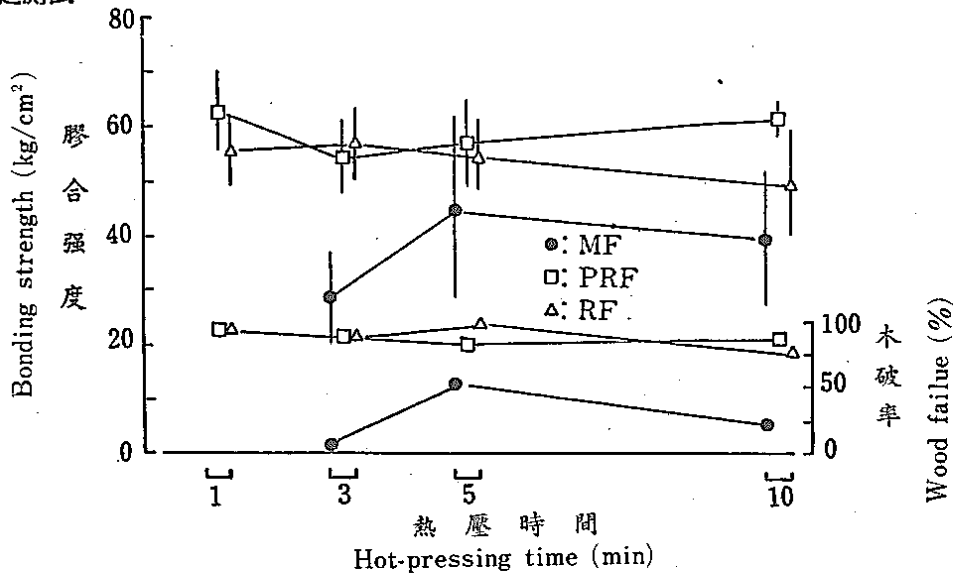


圖 9. 膠合前生材表層熱壓時間對耐沸水膠合強度之影響 (膠合後經氣乾乾燥)

Fig. 9. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on boiling-water- resistance bonding strength. (air-dried after gluing)

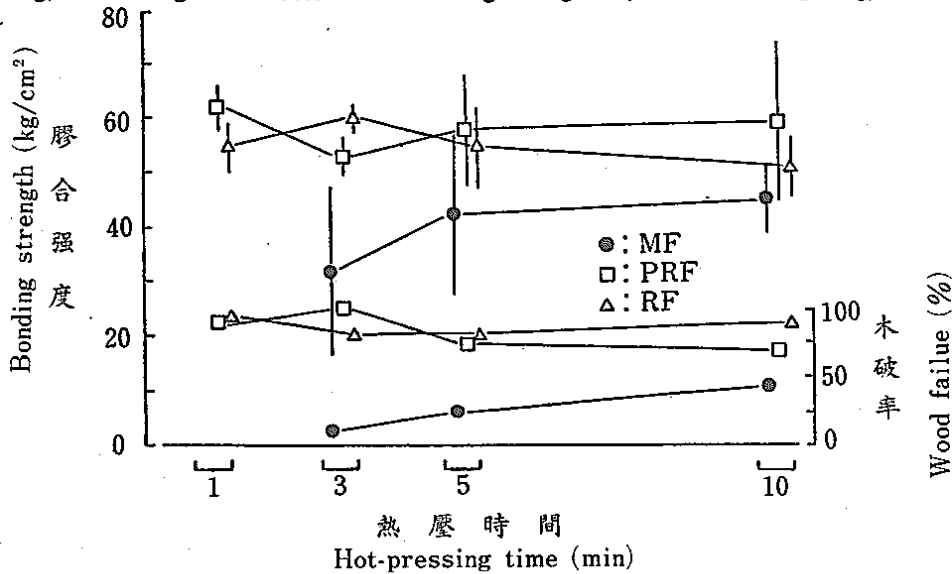


圖 10. 膠合前生材表層熱壓時間對耐沸水膠合強度之影響 (膠合後經 45°C 爐乾乾燥)

Fig. 10. Effect of hot-pressing time, for 15mm thick green wood hot-pressed at 150°C prior to gluing, on boiling-water- resistance bonding strength. (45°C oven-dried after gluing)

試作之杉木生材集成材經氣乾後之測試結果, 如表 3 所示, 其破壞係數 (MOR) 不受膠合劑之種類及荷重方向影響。對 PRF 而言, 其 MOR 可達到 CNS11031 構造用集成材中針葉樹 B 類一級標準之最小值 350kg/cm²。但在剝離試驗之結果中, UF 之浸漬剝離率為 11.92%, PRF 之煮沸剝離率為 10.25%, 兩者均分別超過 CNS11029 裝修用集成材及 CNS11031 構造集成材中所規定之 10% 剝離率, 其原因是否受生材膠合後膠合層之殘留應力影響所致, 目前尚不得而知, 有待更進一步之檢討與改善。

表 3 杉木生材三層集成材抗彎試驗與剝離試驗之結果 (膠合後經氣乾乾燥)
 Table 3. The results of bending test and delamination test of 3-layered green wood lamination of China fir (air dried after gluing)

膠合劑種類 Kind of adhesive	抗彎試驗 Bending test*1				剝離試驗 Delamination test*2(%)
	垂直膠合層 Perpendicular to glue line		平行膠合層 Parallel to glue line		
	比重 Sp.gr(wa/va)	破壞係數 MOR(Kg/cm ²)	比重 Sp.gr(wa/va)	破壞係數 MOR(Kg/cm ²)	
尿素膠 UF	0.44±0.02	596±79	0.44±0.01	562±43	11.92 ^{†3}
酚—間苯二酚膠 PRF	0.45±0.02	593±64	0.45±0.02	644±74	10.25*4

*1 試片尺寸為 3cm×3cm×48cm The dimension of specimen is 3cm×3cm×48cm

*2 試片尺寸為 3cm×14cm×7.5cm The dimension of specimen is 3cm×14cm×7.5cm

*3 浸漬剝離試驗 Delamination test by soaked in cold water

*4 煮沸剝離試驗 Delamination test by soaked in boiling water

五、結論與建議

由本研究試驗之結果得知，將生材表層加熱使其表層乾燥，並藉其餘熱，以水溶性膠合劑進行生材膠合，繼而乾燥後，可獲得相當程度之膠合強度與木破率，此研究結果顯示水溶性膠合劑作生材膠合之可行。惟在膠合作業上應注意佈膠後應立刻予以加壓，以避免膠合層受材面之餘熱而產生早期硬化而造成膠合不良。另外生材集成加工後，對其耐久性能，尤其是剝離之問題，應更進一步檢討與改善。

參考文獻

黃國雄，1985. 高含水率木材之膠合試驗，林業試驗所研究報告第447號，10P。

劉正宇，1983. 速生小徑木製造集成材之研究，林產工業，2(4)：16~29。

劉正宇，李文昭1986. 高含水率木材用膠合劑之製造及其膠合方法之研究—(3)聚脲酯膠合劑及環氧樹脂膠合劑在高含水率木材膠合之利用，中興大學實驗林研究報告，第7號，71~87。

劉正宇，李文昭1986. 高含水率木材用膠合劑之製造及其膠合方法之研究—(二)間苯二酚膠合劑在高含水率木材膠合之利用，中興大學農林學報34(2)35(1)：11~24。

藤本登留、又木義博1985. 予備加熱による生材接着 (第1報) 熱壓によるドライドスキン，余熱利用法について，木材學會雜，31(7)：557~565。

Murphey, W.K. 1971. Feasibility Studies on gluing of red oak at elevated moisture content. F.P.J. 21 (8)：56~59。