

合板代用 薄板狀 複合材 製造에 關한 研究 (I) *1

- 複合材 製造의 最適條件에 關하여 -

李 弼 宇*2

Studies on Manufacture of Thin Composite Panel for Substitute Use of Plywood (I) *1

- On the Optimum Manufacturing Condition of Composites -

Phil-Woo Lee*2

ABSTRACT

The primary objective of this research was to investigate optimum manufacturing condition of thin composite panels composed of sawdust, polyethylene film and polypropylene net. At the study the experiment was designed to make thin board in which sawdust offers effectiveness as core composing material, polyethylene as adhesive with added urea resin, and polypropylene as stiffness and flexibility in the composition panel. 100 types of thin composite panels were manufactured according to press-lam and mat-forming process of various hot pressing conditions (pressure, temperature and time). They were tested and compared with control boards on bending properties (MOR, MOE, SPL, WML), internal bond strength, thickness swelling, linear expansion and water absorption. At the same time the visual inspections of each types of panels were accomplished. The physical and mechanical properties of composite types passed by visual inspection were analyzed by Tukey's studentized range test. From the statistical analysis, the optimum manufacturing condition of thin composite panels were selected. Compared with two manufacturing processes, mat-forming process performed better than press-lam process in all tested properties. The optimum manufacturing conditions resulted from the experiment and statistical analysis were able to determine as following : the press temperature was shown the most good result at 130°C in mat forming process and 140°C press lam process, the press time 4 min in both processes, but the press pressure was 25-10kg/cm² in mat forming and 15k/cm² press lam process.

Keywords : Polyethylene film, polypropylene net, composite panel, press-lam process, mat-forming process, sawdust, physical and mechanical properties.

*1 접수 1995년 1월 10일 Recieved January 10, 1995

본 연구는 한국과학재단 핵심전문연구비(과제번호 931-0800-005-2)에 의해 수행되었음.

*2 서울대학교 농업생명과학대학, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

1. 緒 論

薄板狀 파티클보드나 톱밥보드는 약한 휨強度的 性質과 불량한 치수안정성으로 인하여 상품적 제품생산을 회피하여 왔다. 각종 가공용 薄板狀 보드는 합板이나 MDF가 이들의 주류를 이루고 있으나 합판의 경우 大徑原木資源의 枯渴로 인하여 價格의 上昇과 함께 品貴現狀 마저 있어서 대체 재료의 개발이 시급한 실정이다. 또한 MDF의 경우에도 강도적 성질과 치수안정성이 합판에 비해 부족하여 사용상 많은 제한을 받고 있는 것이 사실이며, 치수안정성의 향상을 위해서는 새로운 接着劑의 開發이 이루어져야 하는데 이와 같은 점은 最終商品의 價格 上昇과 맞물려 경제성이 확보되어야 할 것이다.

최근 박판상 재료와 관련된 木質과 非木質 複合材의 개발은 미국을 중심으로 전 세계적 관심의 대상이 되고 있다. 이는 이들 재료가 環境問題를 해소하는데 일조를 하고 있기 때문이며 목재나 열가소성 플라스틱은 再活用 材料로도 중요한 자원으로 인식되기 때문이다. 이러한 複合材는 그 用途가 매우 다양하여 각종 成型材, 包裝材, 壁板, 칸막이재, 지붕이나 바닥판상재, 內粧材, 建築資材 등에 널리 이용되고 있다(Krzysik & Youngquist, 1991; Rowell *et al.*, 1991; Youngquist & Rowell, 1989; Youngquist *et al.*, 1992). 본 연구에서는 얇은 합판을 대체할 수 있는 새로운 개념의 薄板 보드 개발을 위하여 木質-合成樹脂 材料 複合材를 기본으로 하는 보드제조와 물성평가를 시도하였다. 지금까지 제조하지 않았던 3mm 이하의 보드를 톱밥을 이용하여 제조하고 이들 보드의 가장 큰 결점인 치수안정성과 강도적 성질을 향상시키기 위해 보드의 兩 表面板에 單板 또는 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름을 접착 구성시켜 최종적으로 5mm 이하의 薄板狀 보드를 제조하기 위한 연구이다. 그러나 톱밥을 원료로 이용하여 얇은 보드를 제조하기 위한 제조 조건들과 폴리프로필렌 망과 폴리에틸렌 필름의 熱的 性質 그리고 木質 보드와의 接着 特性들이 밝혀져 있지 않은 상태에 있으므로 먼저 薄板狀 보드를 제조하고자 成型法(mat-forming method)과 熱壓積層法(press-lam method)을 적용하여 여러 프레스 조건(熱壓溫度, 熱壓壓力, 熱壓時間)을 검토하여 最適의 製造 條

件을 밝혀 내고자 하였다.

국외에서는 Youngquist 등(1989, 1993)과 Rowell(1992)이 木質複合材 製造를 위해서는 폐기목재, 고지, 플 라스틱, Fly-ash, 석고 등과 같은 都市 固形쓰레기(MSW)를 이용할 수 있으며, 이들을 이용해 다양한 形態의 複合材 製造와 製造方法 그리고 用途에 관하여 분류하고 再活用の 처리법을 강조하였다.

Myers 등(1991, 1993)은 木粉과 폴리프로필렌을 이용하여 複合材를 제조하고 機械的 性質을 연구 보고하였다. 특히 充填劑와 基質 사이의 결합을 개선시켜 주는 結合劑(coupling agent)에 관하여 보고하였는데, 이들은 극성 목재와 비극성 폴리프로필렌과의 본질적으로 약한 인력을 향상시키는데 結合劑가 필요함을 역설하였다. Geimer 등(1993)은 폴리프로필렌 파이버와 aspen 파이버를 사용하여 비중과 구성비율을 서로 달리하여 複合材를 제조하고 이들의 영향을 보고하였다. Rowell(1992)은 재활용 재료 중 木質材料와 非木質系材料의 여러 物性과 化學的 構成 그리고 크기에 관하여 보고하였고 이와 같은 다양한 재료의 물성을 통해 다양한 종류의 複合材 製造와 用途에 관한 제안을 하였다.

한편 Woodhams 등(1990)은 목재섬유-폴리프로필렌 複合材 製造에 관한 연구에서 纖維 種類와 사용량의 차이에 대한 연구를 하였는데 섬유 양이 많아지면 휨강도적 성질과 인장강도가 향상되고 충격강도와 melt flow index 그리고 百分率 신장이 크게 減少함을 보고하였다. 또한 新聞用紙 纖維보다는 열기계필프의 물성이 전반적으로 우수하다고 하였다. Rowell과 Clemons(1992)는 熱可塑性 材料와 aspen 파이버와의 상용성(compatibility)을 증진시키기 위하여 여러 종류의 結合劑를 사용하여 aspen 파이버에 처리한 결과, succinic anhydride가 가장 우수한 結合力을 지니는 것으로 나타났다고 보고하였다.

Kolosick 등(1993)은 단판에 폴리프로필렌을 적층하여 제조한 複合材의 破壞機作과 結合劑의 역할과 폴리프로필렌의 結晶化度에 관하여 電子顯微鏡的 考察을 하였으며, Sanadi 등(1994)은 신문용지 파이버와 폴리프로필렌을 사용하여 複合材를 제조하고 衝擊強도와 引張強度에 관하여 연구 보고하였다. 또한 Youngquist 등(1992, 1993)은 non-woven air-form 방법으로 木材纖維와 플라스틱

纖維를 사용하여 複合材를 제조하고 密度의 變化에 따른 物理的 및 機械的 性質에 관하여 보고하였다. 이상과 같이 木質-非木質系 複合材 개발이 환경문제와 더불어 미국을 중심으로 상당히 발전 연구되고 있으며 木質材料는 古紙, 加工工場廢材, 農林廢殘材, 建築物에 사용된 木材, 生活家具廢材 등을 주로 이용하고 있으며 非木質系 材料로는 構成層內에서 接着劑의 役割로서 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스틸렌, PVC 등이 우유병이나 음료수병 그리고 농업용 비닐 등에서 회수하여 이용되고 있다. 폐기물을 이용하여 木質보드와 성형품 등을 생산하는 데는 非木質系 物質, 즉 플라스틱과 같은 물질을 접착제 또는 기질로 이용할 수 있다는 사실에 근거한 것이며 실제로 물딩제품에서 板狀製品에 이르기까지 다양한 제품이 商品化되어 판매에 이르게 되었다(Youngquist, *et al.*, 1992) 국내에서도 木質과 非木質系 재료의 새로운 구성으로 李와 徐(1987)가 플라스틱 칩 결체 톱밥보드를 제조 연구하였는데 이 연구에서는 보드 강화제로써 플라스틱을 구성하여 보드의 특성을 연구 보고한 바 있다. 또 徐와 李(1988)는 폴리프로필렌 칩과 配向絲를 결체한 여러 종류의 톱밥보드를 여러 조건에서 제조하고 각각의 物理的 機械的 特性을 평가하였다. 李와 朴(1988)은 목재 파티클과 폴리프로필렌 망으로 수지 첨가량과 비중을 달리하여 구성하고 熱壓積層法을 사용하여 보드를 제조하고 그 물성을 평가하였다. 그 후 李(1990)와 李 등(1990)은 식편판에 단판 또는 합판을 구성시킨 複合材를 제조하고 物理的·機械的 性質을 고찰하고 평가하여 보고한 바 있다.

콤플라이 제조의 경우 본 저자의 연구에서는 지금까지 주로 단판과 보드의 접착에는 熱硬化性 樹脂가 사용되었던 것과는 달리 본 연구에서는 새로운 구상으로 熱可塑性 樹脂인 폴리에틸렌이 첨가된 요소수지와 함께 接着劑 役割을 하도록 設計하였으며, 폴리프로필렌이 폴리에틸렌보다 녹는점이 훨씬 높기 때문에 폴리프로필렌이 녹지 않은 溫度 條件에서 柔軟性과 剛性補強 材料로서의 기능을 하도록 계획하였다.

따라서 본 연구는 再活用性이 강한 재료인 톱밥과 필름形態의 폴리에틸렌 그리고 網狀 形態의 폴리프로필렌을 사용하여 휨강도적 성질과 일량 그리고 치수안정적 성질이 개선된 薄板狀 보드를 제조하기 위한 물성을 평가 검토함이 本研究의 主目的

이다.

2. 材料 및 方法

2.1 實驗 材料

2.1.1 톱밥

某 製材所에서 락 톱 재채후 발생된 나왕 톱밥을 異物質을 제거하고 크기 -20mesh~+40mesh로 선별하여 含水率을 4~5%로 乾燥 調整한 후 보드 제조시까지 습기가 차지 않도록 폴리에틸렌 백에 담아 밀봉 보관하였다.

2.1.2 폴리에틸렌 필름과 폴리프로필렌 網

폴리에틸렌 필름은 삼광화학공업사 製品이며 두께 0.1mm의 필름을 購入하여 사용하였으며, 폴리에틸렌 망은 남창기업 제품으로 두께 0.2mm이고 격자는 25mesh 크기를 購入하여 사용하였다.

2.1.3 接着劑 및 添加劑

接着劑는 고형분 54%인 尿素樹脂를 사용하였으며 硬化劑로는 10% 염화암모늄(NH_4Cl) 수용액을 톱밥 全乾무게에 대하여 10%를 첨가하였다.

2.2 보드 製造 方法

본 연구에서 木質系 材料(톱밥보드)와 非木質系 材料(폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름)를 접착하여 複合材를 제조하는 방법으로 成型法(mat-forming process)과 熱壓積層法(press-lam process)을 채용하였으며 成型法은 카울(caul) 위에 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름을 깔고 그 위에 톱밥

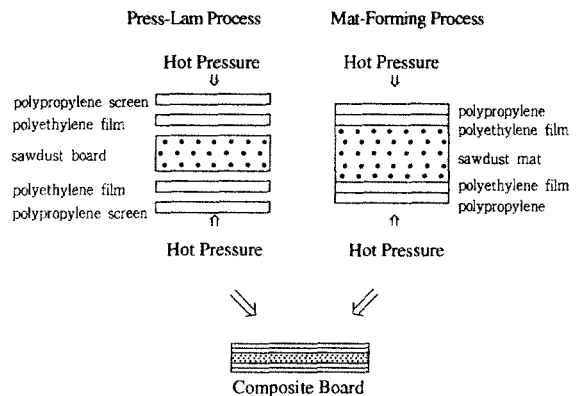


Fig. 1. Manufacturing process of composite board made by press-lam process and mat-forming process.

매트를 成型시킨 다음 그 위에 폴리에틸렌 필름과 폴리프로필렌 網을 올려놓은 후 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 壓力으로 豫備 冷壓하고 정해진 스케줄에 따라 熱壓하여 單一工程으로 複合材를 제조하는 방법을 말하며, 熱壓 積層法은 먼저 일반 보드 製造工程에 따라 桴밥 보드를 제조한 후 보드의 兩 表面板에 폴리에틸렌 필름과 폴리프로필렌 망을 놓고 열압하여 제조하는 방법이다. 제조한 薄板狀 複合材의 크기는 24.5cm (길이), 24.5cm (폭), 0.5cm (두께)로 하였으며, 제조 매수는 成型法이 36타입 그리고 熱壓積層法이 64타입이며, 반복 6회를 적용하여 총 600매의 보드를 제조하였고 이밖에 對照보드 2종류에 대해 12매의 보드를 제조하였다. 熱壓積層法과 成型法으로 만든 薄板狀 複合材의 製造 模型을 표시하면 그림 1에 나타난 바와 같다.

2.3 보드 製造 條件

2.3.1 熱壓溫度

成型法과 熱壓積層法을 이용하여 木質 原料와 合成樹脂 材料를 접착시켜 보드를 제조하는데 필요한 최적의 열압 온도 조건을 찾기 위해 최종 보드의 目標比重을 1.0으로 하고 두 방법 똑같이 온도 120°C , 130°C , 140°C , 150°C 의 조건에서 보드를 제조하였다.

2.3.2 壓力條件

4종류의 熱壓溫度 條件 下에서 최적의 壓力條件을 찾기 위하여 成型法에서는 多段 公정을 사용하여 압력 스케줄을 먼저 $15\sim 10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 조건, $20\sim 10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 조건 그리고 $25\sim 10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 조건의 3가지 壓力스케줄을 적용하였고, 熱壓積層法에서는 제조된 보드에 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름을 접착시키기 위하여 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$, $10\text{kgf}/\text{cm}^2$, $15\text{kgf}/\text{cm}^2$, $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 의 네가지 條件을 적용하였다.

2.3.3 熱壓時間

위의 熱壓溫도와 壓力條件하에서 熱壓時間은 成型法에서는 각 壓力 스케줄에 따라 最高壓力에서 3분, 中間壓力($10\text{kg}/\text{cm}^2$)에서 1분과 4분-1분 그리고 5분-1분을 적용하였으며 熱壓積層法에서는 각 熱壓溫도와 壓力條件下에서 最高壓力으로 2분, 3분, 4분, 5분의 시간을 적용하며 보드를 제조하였다.

2.4 肉眼的 檢査

본 실험을 통해서 薄板狀 보드의 最適 條件을

찾아가는데 필수적으로 고려되어야 할 부분이 熱可塑性樹脂와 木質보드와의 결합 부위의 안정성과 접착력의 평가 부분이다. 따라서 본 실험에서는 物理的 實驗方法과 機械的 實驗方法 외에도 肉眼的 檢査方法을 통하여 최적범위를 결정하는데 이용하였다. 이 육안적 평가는 각 製造 條件마다 제조한 6매의 완성된 보드의 外部形態를 조사하여 특별한 결함을 나타내지 않는 區域을 A, 폴리프로필렌이 수축하거나 혹은 내부박리 또는 기포(blister)가 발생하는 區域을 B, 桴밥과 폴리프로필렌의 결합이 불충분하여 계면이 떨어지는 경우나 약하게 붙어있는 區域을 C로 구분하여 표시하였다. 따라서 A라는 문자가 있는 區域을 평가기준 구간으로 고려하였다.

2.5 보드의 性能 試驗

이상과 같은 조건들 하에서 제조한 薄板狀 複合材를 KS F 3104에 의거하여 物理的 性質 시험에서는 比重, 含水率, 치수安定性 試驗을 수행하였으며, 機械的 性質 시험에서는 剝離試驗, 韌破壞係數, 韌彈性係數, 比例限界 應力, 最大荷重에서의 일량을 측정 계산하였다. 또한 對照보드로 두께 5mm 의 桴밥보드와 파티클보드를 제조하여 보드간 物理的 性質과 機械的 性質을 비교 검토하였다. 또한 시험된 제조조건 안에서 육안적 검사를 토대로 적정조건 내의 보드의 物理的 및 機械的 性質을 평가하여 최적의 제조조건을 찾아내어 제시하였다.

2.6 資料分析

각 제조 조건 내에서 肉眼的 檢査를 통하여 桴밥과 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌과의 계면의 접착이 불량한 경우와 폴리프로필렌 망이 과도하게 수축된 區域을 제외한 區域을 SAS 통계 패키지를 이용하여 Tukey's studentized range test를 하고 이 결과를 바탕으로 最適條件을 구명하였다.

3. 結果 및 考察

본 연구에서 나타난 肉眼的 檢査 結果는 표 1, 2와 같다. 표 3과 4는 제조한 薄板狀 複合材의 비중과 함수율 그리고 物理的 및 機械的 性質의 평균값과 표준편차를 나타내었다. 이들 표에서 “*” 표시는 桴밥보드와 폴리에틸렌 사이의 結合이 불

Table 1. Visual inspection of composite made by press-lam process.

Pressure condition (kg/cm ²)	120°C				130°C				140°C				150°C			
	2min	3min	4min	5min	2min	3min	4min	5min	2min	3min	4min	5min	2min	3min	4min	5min
5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	B	B	B	B
10	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	B	B	B	B
15	C	C	C	C	C	C	A	A	C	A	A	A	B	B	B	B
20	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B

Note : A: Adhesion without any defects.
 B: Constriction of Polypropylene or internal delamination and, or blister.
 C: Bad or weak adhesion in interfaces.

Table 2. Visual inspection of composite made by mat-forming process.

Pressure condition (kg/cm ²)	120°C			130°C			140°C			150°C		
	3min	4min	5min	3min	4min	5min	3min	4min	5min	3min	4min	5min
15~10	C	C	C	A	A	A	A	A	A	B	B	B
20~10	C	C	C	A	A	A	A	A	B	B	B	B
25~10	C	C	C	A	A	A	B	B	B	B	B	B

Note : A: Adhesion without any defects.
 B: Constriction of Polypropylene or internal delamination and, or blister.
 C: Bad or weak adhesion in interfaces.

층분하여 제조 후 폴리에틸렌과 폴리프로필렌이 즉시 떨어지거나 試驗片 製作時 떨어져나가 시험을 할 수 없는 區域에 해당하는 것을 의미하는 것이다. 또한 표 5와 6은 표 1과 2에서 形態의 가장 우수한 安定性을 나타내는 區域을 A라 하였고, 이 區域에 대하여 統計處理하여 그룹화(grouping)한 결과를 나타낸 것이다. Tukey's studentized range test 를 한 결과를 토대로 最適 製造條件을 구명하기 위하여 각각의 시험항목의 文字를 수치화하여 합산한 후, 처리한 결과를 나타내었다. 각 제조 조건에서 발생하는 物性試驗에 대한 製造變數의 영향을 그림 2부터 10까지 나타내었다. 이 그림은 最適 製造條件 試驗에서 중요하다고 판단되는 翹과과계수, 翹彈性係數, 최대하중에서 일량, 剝離強度, 두께膨脹을 溫度와 時間, 溫度와 壓力, 壓力과 時間으로 구분하여 120°C 조건을 제외한 모든 구간에 대하여 그 영향을 도시하였다.

3.1 肉眼의 檢査

肉眼의 檢査를 통해 製造條件마다 제조된 보드를 檢査한 결과를 표 1과 2에 나타내었다. 이 표를

보면 熱壓溫度 120°C는 톱밥과 폴리에틸렌의 접착이 불량하여 製造條件에 맞지 않다는 것을 알 수 있고 또 온도 150°C는 폴리프로필렌이 안으로 말려들거나 주름지는 경향을 전반적으로 나타내며, 경우에 따라서는 內部剝離나 氣胞(blisters)를 일으켜 제조 조건에 적합하지 않은 온도조건으로 판단되었다. 130°C와 140°C 區域을 보면 熱壓積層法에서 적절한 접착이 이루어진 領域이 130°C에서는 4區域, 140°C에서는 10區域이 나타나 140°C 區域이 보다 적합한 區域으로 생각되었다. 반면에 成型法에서는 최적 조건에 부합되는 영역이 130°C에서는 9區域, 140°C에서는 5區域이 나타나 130°C에서 보다 적절한 접착이 이루어짐을 알 수 있었다. 이러한 肉眼의 檢査는 모든 물성시험 값들에 제약 조건으로 사용되었으며, 최종적으로 적절한 접착이 이루어진 區域, 즉 A라는 문자가 있는 製造條件 區域에 대해 고찰하고 統計處理하여 결론을 유추하기로 하였다.

3.2. 比重과 含水率

제조된 보드를 相對濕度 60±3%, 온도 20±1°C에서 調濕處理한 含水率과 比重은 표 3과 4에 나

Table 3. Mechanical and physical properties of composites observed in press-lam methods.

Temp. (°C)	Pressure (kg/cm ²)	Time (min.)	MC** ³ (%)	SpGr** ³	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	SPL (kg/cm ²)	IB (kg/cm ²)	WML (kg-cm/cm ³)	TS (%)	LE (%)	WA (%)	
120	5	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		5	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	10	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		3	*	*	42 ¹ (3.7) ²	5120 (566)	30.4 (0.1)	*	0.041(0.001)	*	*	*	
		4	*	*	54 (7.6)	5885 (314)	33.3 (1.2)	*	0.042(0.002)	*	*	*	
		5	*	*	61 (7.6)	7085 (273)	35.9 (0.1)	*	0.057(0.002)	*	*	*	
		15	2	*	*	50(10.2)	*	32.2 (9.5)	*	0.058(0.002)	*	*	*
	15	3	*	*	72(15.6)	6210 (938)	47.4 (8.8)	*	0.104(0.002)	*	*	*	
		4	*	*	58(11.6)	6173 (886)	38.1 (9.8)	*	0.056(0.002)	*	*	*	
		5	*	*	69(22.0)	6108(1404)	41.9(14.7)	*	0.091(0.003)	*	*	*	
		20	2	*	*	69(10.3)	7161 (864)	44.6(10.2)	*	0.073(0.002)	*	*	*
		3	*	*	74(10.4)	6290 (704)	47.0 (4.3)	*	0.097(0.002)	*	*	*	
20	4	*	*	90(22.3)	7532 (755)	75.7(21.2)	*	0.112(0.002)	*	*	*		
	5	*	*	77(14.2)	6370 (885)	57.8(15.7)	*	0.099(0.003)	*	*	*		
	130	5	2	*	*	58(11.1)	5797 (543)	42.8(10.3)	*	0.059(0.004)	*	*	*
			3	*	*	69(18.5)	6343(1081)	54.1(17.3)	*	0.101(0.001)	*	*	*
		4	6.68(0.07)	0.76(0.04)	70(11.9)	6075 (566)	55.3 (9.7)	0.54(0.01)	0.115(0.001)	20.1(2.90)	1.42(0.03)	32.4(17.1)	
5		6.63(0.19)	0.80(0.04)	76(14.1)	6164(1214)	60.6(11.4)	0.28(0.13)	0.098(0.001)	19.5(1.45)	1.03(0.11)	30.3(4.26)		
10		2	*	*	80(13.5)	7029 (860)	56.2(15.1)	*	0.100(0.006)	*	*	*	
15	3	6.65(0.07)	0.77(0.03)	81 (7.6)	6782 (774)	55.8(9.2)	0.25(0.07)	0.118(0.008)	20.1(2.85)	1.19(0.31)	31.7(6.71)		
	4	6.45(0.12)	0.78(0.03)	77 (9.9)	6348 (650)	66.0(12.6)	0.21(0.01)	0.120(0.003)	18.5(1.66)	1.24(0.34)	33.9(8.72)		
	5	6.57(0.15)	0.76(0.03)	85(13.4)	7365 (754)	61.9(17.2)	0.28(0.08)	0.100(0.002)	20.4(4.26)	1.02(0.33)	32.6(9.27)		
	20	2	7.02(0.14)	0.74(0.05)	77(11.8)	6763(1515)	47.0(11.3)	0.29(0.12)	0.091(0.004)	16.7(2.60)	1.04(0.26)	27.6(2.19)	
	3	6.74(0.06)	0.78(0.04)	83(12.9)	6683(1107)	54.6(11.0)	0.74(0.37)	0.100(0.003)	22.7(6.19)	1.31(0.19)	33.2(5.97)		
20	4	6.82(0.15)	0.71(0.03)	88(10.0)	7611 (970)	61.4 (8.8)	0.87(0.18)	0.095(0.001)	18.0(1.16)	1.61(0.85)	35.1(1.32)		
	5	6.57(0.15)	0.76(0.03)	92(14.9)	7604(1052)	69.0(19.4)	0.78(0.04)	0.092(0.002)	17.9(1.82)	0.74(0.26)	35.8(3.24)		
	3	7.26(0.23)	0.71(0.05)	82 (7.4)	6890 (391)	65.5 (6.1)	0.59(0.21)	0.074(0.003)	16.7(1.36)	0.83(0.07)	34.0(3.22)		
	4	7.39(0.20)	0.72(0.02)	83(11.7)	7600(1171)	54.8(10.9)	0.69(0.17)	0.075(0.001)	20.2(1.94)	0.89(0.16)	34.5(3.09)		
	5	7.44(0.18)	0.70(0.02)	87(16.8)	7237(1320)	61.1(13.5)	0.93(0.27)	0.136(0.003)	16.0(4.01)	0.81(0.07)	40.7(5.17)		
140	5	2	7.20(0.18)	0.72(0.01)	71(10.5)	5257 (826)	52.1 (8.9)	0.16(0.04)	0.098(0.005)	13.1(1.71)	1.13(0.04)	37.8(3.28)	
		3	6.73(0.12)	0.73(0.02)	75 (9.0)	5480 (648)	54.0 (8.5)	0.35(0.12)	0.095(0.003)	18.3(2.64)	0.86(0.01)	38.7(1.93)	
		4	6.82(0.08)	0.75(0.02)	72(10.7)	5842 (801)	50.6(10.8)	0.18(0.05)	0.121(0.004)	14.2(2.09)	1.02(0.25)	36.1(1.70)	
		5	6.53(0.06)	0.73(0.02)	72(14.5)	6009(1307)	52.4(11.5)	0.39(0.14)	0.116(0.002)	17.2(0.54)	0.79(0.09)	36.5(0.91)	
		10	2	6.71(0.08)	0.71(0.01)	78(11.2)	6189 (776)	56.7 (7.2)	0.30(0.09)	0.117(0.004)	13.7(1.45)	0.78(0.13)	33.2(5.24)
	15	3	6.86(0.13)	0.73(0.04)	81(12.3)	6479(1617)	61.5(14.6)	0.58(0.12)	0.098(0.002)	15.1(2.23)	0.67(0.24)	38.2(3.04)	
		4	6.82(0.08)	0.71(0.07)	85 (8.8)	5951 (674)	62.6 (9.6)	0.48(0.09)	0.094(0.002)	15.6(1.53)	0.69(0.14)	35.6(3.51)	
		5	6.88(0.10)	0.71(0.01)	79(14.6)	6283 (825)	50.0(15.6)	0.46(0.24)	0.108(0.004)	13.9(2.09)	0.88(0.22)	33.7(5.63)	
		20	2	7.34(0.16)	0.72(0.02)	81(12.9)	6344(1358)	51.8(10.9)	0.78(0.04)	0.128(0.002)	14.0(2.49)	0.71(0.16)	37.5(7.16)
		3	6.89(0.20)	0.74(0.02)	72 (5.7)	5748(1057)	48.6 (5.9)	0.72(0.25)	0.107(0.006)	16.1(2.15)	0.95(0.12)	34.3(4.10)	
	20	4	6.67(0.20)	0.72(0.02)	92 (5.7)	6558 (463)	78.2 (7.4)	0.77(0.35)	0.112(0.003)	13.7(1.09)	0.79(0.16)	36.4(2.28)	
		5	6.59(0.22)	0.75(0.03)	81 (8.3)	6142 (854)	63.5(13.2)	0.77(0.23)	0.098(0.007)	13.2(3.06)	0.79(0.17)	32.9(4.33)	
		3	7.27(0.42)	0.74(0.03)	90(12.8)	6784(1027)	74.9(13.5)	0.41(0.08)	0.093(0.003)	18.7(1.24)	0.54(0.15)	37.0(2.37)	
		4	7.38(0.40)	0.72(0.02)	94(13.2)	7119(1219)	74.4(13.7)	0.46(0.32)	0.123(0.008)	13.1(1.17)	0.65(0.07)	32.1(2.48)	
		5	6.84(0.29)	0.74(0.06)	84(16.9)	6979(1258)	67.3(17.3)	0.52(0.20)	0.100(0.002)	9.5 (2.40)	0.58(0.11)	27.3(3.55)	
150	5	2	6.82(0.24)	0.70(0.03)	74 (8.6)	5578 (782)	50.7(11.1)	0.32(0.14)	0.094(0.003)	14.8(1.71)	0.62(0.02)	38.1(2.33)	
		3	7.58(0.13)	0.69(0.02)	65(11.6)	5196 (947)	51.8(14.7)	0.18(0.06)	0.087(0.002)	15.7(4.05)	0.86(0.18)	57.2(18.9)	
		4	7.66(0.17)	0.74(0.01)	68(11.9)	5904 (797)	55.1(14.6)	0.20(0.01)	0.095(0.005)	16.5(1.00)	0.48(0.07)	41.9(2.67)	
		5	7.67(0.15)	0.72(0.02)	70 (4.2)	5081 (327)	50.2 (4.9)	0.31(0.04)	0.143(0.004)	13.4(1.47)	0.72(0.13)	31.8(2.79)	
		5	7.51(0.33)	0.72(0.02)	95(14.6)	6686 (889)	82.4(12.3)	0.48(0.08)	0.154(0.004)	12.5(1.18)	0.81(0.25)	37.3(3.94)	

Table 3. continued

Temp.	Pressure	Time	MC* ¹	SpGr* ²	MOR	MOE	SPL	IB	WML	TS	LE	WA
(°C)	(kg/cm ²)	(min.)	(%)		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg-cm/cm ³)	(%)	(%)	(%)
150	10	2	7.68(0.14)	0.72(0.01)	80 (5.1)	5912 (356)	56.2(10.0)	0.42(0.12)	0.114(0.005)	12.1(0.65)	0.67(0.13)	34.1(2.11)
		3	7.40(0.20)	0.73(0.01)	84 (8.0)	5570 (544)	66.7 (8.5)	0.52(0.23)	0.148(0.009)	13.1(2.39)	0.77(0.07)	35.9(2.24)
		4	7.02(0.16)	0.70(0.02)	87(10.4)	6181(1074)	70.3 (9.8)	0.25(0.08)	0.108(0.010)	13.5(1.06)	0.67(0.14)	35.7(2.68)
		5	6.72(0.08)	0.72(0.06)	90 (2.5)	6097 (308)	69.9 (5.7)	0.12(0.01)	0.119(0.008)	13.4(0.97)	0.67(0.01)	38.2(0.18)
		2	6.66(0.01)	0.72(0.04)	86 (7.5)	5986 (331)	70.9 (3.7)	0.68(0.42)	0.117(0.004)	16.8(1.41)	0.88(0.03)	42.5(2.37)
15	3	6.80(0.08)	0.71(0.04)	78(17.8)	5684 (807)	52.7 (8.2)	0.43(0.09)	0.121(0.005)	15.8(2.18)	0.79(0.11)	41.3(1.20)	
	4	7.17(0.17)	0.77(0.03)	59 (1.6)	4781 (511)	44.3(10.7)	0.24(0.04)	0.159(0.013)	12.7(2.14)	0.64(0.12)	28.8(2.47)	
	5	7.04(0.21)	0.75(0.02)	70 (4.3)	4987 (843)	51.3(10.5)	0.34(0.01)	0.143(0.003)	13.2(3.15)	0.54(0.12)	29.6(3.46)	
20	2	7.01(0.22)	0.74(0.03)	75 (9.4)	6083 (988)	56.3 (8.0)	0.44(0.14)	0.128(0.007)	15.1(6.44)	1.02(0.11)	47.2(3.19)	
	3	7.14(0.17)	0.73(0.03)	88(10.6)	6183 (956)	63.9(15.3)	0.80(0.19)	0.125(0.004)	14.4(3.00)	0.68(0.15)	34.7(7.07)	
	4	6.50(0.09)	0.75(0.04)	89 (4.1)	6514 (745)	70.7 (4.1)	0.63(0.09)	0.112(0.006)	13.0(0.35)	0.78(0.35)	31.1(2.92)	
	5	6.18(0.17)	0.70(0.04)	72(11.0)	5724(1044)	57.1(15.9)	0.65(0.029)	0.121(0.001)	13.9(0.56)	0.71(0.01)	36.0(0.94)	
Sawdustboard			9.0 (0.28)	0.82(0.04)	99(11.3)	10002(1032)	83.5(11.3)	1.72(0.38)	0.053(0.001)	20.5(0.17)	0.86(0.15)	22.0(2.30)
Particleboard			8.5 (0.10)	0.65(0.02)	117(36.4)	10865(3871)	95.9(25.6)	4.49(2.25)	0.102(0.002)	23.1(6.15)	0.75(0.26)	55.7(2.07)

*1 : Each value is an average of 6 replications.
 *2 : Each value is a standard deviation of 6 replications.
 *3 : Each value is conditioned at 60±3% RH at 20±1°C.

타내었다. 熱壓積層法이 6.18±0.15%~7.68±0.14%였으며, 成型法이 6.62±0.55%~9.90±0.35%였다.

兩 製造方法의 평균 含水率은 7.4%정도였다. 보드의 제조시 目標比重을 1.0으로 하였으나 제조 후 보드의 기건비중을 측정된 결과 熱壓積層法이 0.69±0.02~0.80±0.04였으며, 成型法이 0.75±0.02~0.92±0.03였다. 목표비중에 비해 熱壓積層法에서는 상당히 낮은 비중을 보이는데 그 이유는 兩 表面에 놓여진 폴리프로필렌 網이 완전히 녹지 못하여 두께가 增加하고 이로 인해 결과적으로 비중의 減少를 보였다고 믿어진다. 또한 넓은 範圍의 比重이 나타난 것은 주어진 製造變數의 범위에서 비롯된 것이며 이중 壓力이 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

3.3. 機械的 性質

본 연구에서 제조한 薄板狀 複合材의 機械的 性質은 표 3과 4에 나타내었다. 표 3과 4에서 휨 파괴 계수는 熱壓積層法과 成型法에서 각각 42~95kg/cm²과 87~123kg/cm²의 범위를 나타내었다. 成型法은 평균 105.1kg/cm²의 값을 나타냈으며, 熱壓積層法은 평균 78.6kg/cm²의 값을 나타내었다. 따라서 成型法이 熱壓積層法보다 평균 33.7% 높은 휨破壞係數를 나타내었다. 對照보드와 비교하여 보면 成型法의 몇몇 區域에서 對照보드보다

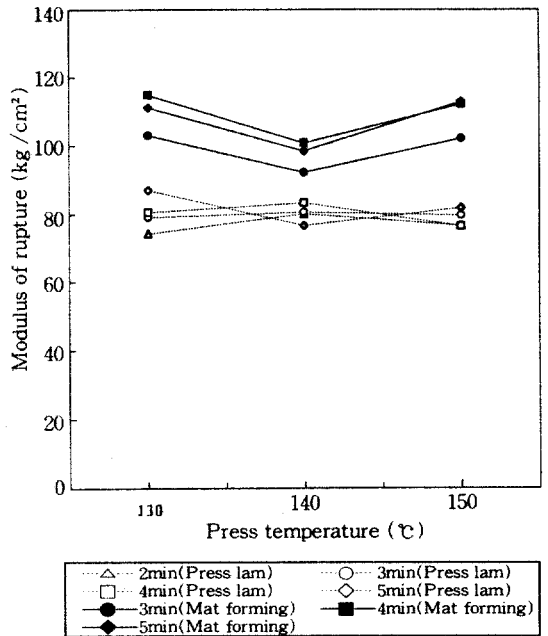


Fig. 2. Effect on press temperature and time in modulus of rupture of composite.

높은 휨破壞係數를 나타내었다. 이는 李와 朴(1988)이 폴리프로필렌 망 결체보드의 몇 타입에서 결체하지 않은 對照보드보다 높은 휨破壞係數를 나타낸다고 한 결과와 일치하지만 그 개선 효과는 크지 않았다. 이러한 이유는 非木質系 材料인 폴리프로필렌의 물성 자체가 갖는 특성으로 재료 자체

Table 4. Mechanical and physical properties of composites observed in mat-forming methods.

Temp. (°C)	Pressure (kg/cm ²)	Time (min.)	MC* ³ (%)	SpGr.* ³	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	SPL (kg/cm ²)	IB (kg/cm ²)	WML (kg-cm/cm ³)	TS (%)	LE (%)	WA (%)	
120	15	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	20	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	25	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
130	15	3	7.60*(0.22)* ² 0.76(0.04)	99 (8.8)	6602 (539)	66.8 (8.3)	0.53(0.16)	0.405(0.014)	16.1(2.10)	1.18(0.20)	24.5(9.95)		
		4	7.19(0.20)	0.75(0.03)	111 (7.2)	7024(1140)	76.5(13.1)	0.51(0.07)	0.413(0.023)	14.8(1.76)	0.87(0.22)	30.2(2.34)	
		5	6.62(0.55)	0.76(0.05)	96(18.1)	6408 (885)	64.2(12.1)	0.87(0.32)	0.416(0.010)	17.8(2.75)	0.85(0.15)	28.9(2.41)	
	20	3	8.03(0.14)	0.87(0.02)	100 (8.4)	6821 (805)	70.6 (9.5)	0.57(0.18)	0.415(0.012)	10.5 (3.6)	0.82(0.10)	27.4(8.41)	
		4	8.32(0.14)	0.85(0.01)	113(10.5)	7872 (982)	78.2 (9.5)	2.25(0.89)	0.462(0.018)	13.7(1.00)	0.73(0.23)	25.2(2.24)	
		5	7.79(0.22)	0.88(0.01)	114 (7.6)	8109 (570)	83.1 (8.1)	0.73(0.28)	0.482(0.018)	12.4(2.29)	1.23(0.39)	22.0(2.59)	
	25	3	8.67(0.35)	0.87(0.02)	110(10.6)	8415 (942)	89.3(11.5)	1.06(0.47)	0.445(0.025)	4.2(0.63)	1.09(0.21)	20.6(2.17)	
		4	9.61(0.07)	0.88(0.01)	120(10.6)	10150(1061)	102.3(13.0)	2.67(0.90)	0.437(0.016)	9.2(0.50)	1.07(0.21)	17.1(1.15)	
		5	9.03(0.66)	0.91(0.02)	123(11.3)	10288(1014)	97.8(13.0)	0.44(0.07)	0.411(0.005)	15.4(6.50)	1.16(0.23)	19.8(4.39)	
140	15	3	7.63(0.27)	0.75(0.02)	87 (7.1)	5851 (599)	67.4 (6.6)	0.79(0.18)	0.415(0.016)	15.6(1.12)	1.03(0.16)	30.3(1.80)	
		4	7.26(0.17)	0.80(0.03)	99(11.3)	7019(1383)	79.2(14.8)	0.23(0.04)	0.397(0.015)	15.7(1.40)	1.00(0.19)	31.8(4.30)	
		5	6.88(0.12)	0.79(0.04)	99 (8.3)	6311(1063)	72.7(12.2)	0.68(0.08)	0.371(0.013)	18.5(3.01)	1.06(0.22)	31.9(1.21)	
	20	3	7.85(0.35)	0.85(0.03)	95(16.9)	7072(1141)	67.0 (9.6)	0.97(0.33)	0.402(0.019)	16.5(3.27)	1.37(0.13)	32.0(6.14)	
		4	7.49(0.39)	0.85(0.03)	104(5.9)	8634 (588)	75.9 (6.0)	1.36(0.73)	0.413(0.023)	18.9(4.73)	1.05(0.18)	29.7(3.49)	
		5	7.94(0.36)	0.90(0.04)	100(8.7)	8404 (808)	68.3(10.8)	1.25(0.55)	0.395(0.009)	13.5(7.14)	1.72(1.15)	24.9(4.23)	
	25	3	9.90(0.35)	0.85(0.03)	94(12.4)	7745(1892)	64.5(10.5)	2.42(0.91)	0.402(0.039)	5.0(0.83)	1.16(0.26)	30.3(1.43)	
		4	9.37(0.64)	0.89(0.02)	99(21.1)	8479(2023)	79.1(20.3)	0.76(0.08)	0.503(0.043)	7.0(1.75)	1.06(0.30)	19.2(2.58)	
		5	8.21(0.36)	0.89(0.01)	96 (16.4)	8388(1753)	76.6(16.6)	1.67(0.55)	0.379(0.008)	9.9(5.07)	0.73(0.36)	22.1(1.48)	
150	15	3	7.23(0.31)	0.82(0.07)	97(15.6)	7351(1408)	75.2(15.9)	1.26(0.55)	0.354(0.028)	15.1(2.71)	1.01(0.09)	33.5(7.77)	
		4	7.01(0.06)	0.75(0.02)	103 (4.9)	6459 (859)	69.0 (7.3)	1.03(0.42)	0.370(0.007)	19.4(2.25)	1.06(0.12)	39.5(3.21)	
		5	6.94(0.07)	0.79(0.02)	102 (9.2)	7293 (860)	71.0(13.4)	0.88(0.47)	0.391(0.006)	17.5(0.84)	1.08(0.15)	35.7(3.57)	
	20	3	7.70(0.49)	0.86(0.02)	107 (9.9)	9279(1425)	83.4(13.3)	2.01(0.32)	0.366(0.021)	12.7(2.51)	0.87(0.16)	24.3(4.89)	
		4	6.87(0.24)	0.87(0.04)	117(15.6)	9928(1290)	92.7(14.3)	1.57(0.57)	0.418(0.015)	16.6(3.43)	0.69(0.24)	32.8(3.77)	
		5	6.80(0.29)	0.88(0.02)	116 (5.5)	9888 (828)	98.6 (8.5)	1.70(0.63)	0.417(0.010)	13.4(4.48)	0.67(0.13)	29.5(9.09)	
	25	3	7.12(0.17)	0.85(0.01)	102 (8.9)	9252(1156)	86.9(11.3)	1.18(0.56)	0.377(0.012)	16.2(1.68)	0.87(0.19)	39.0(6.68)	
		4	7.48(0.36)	0.92(0.03)	116(20.5)	10518(1540)	105.8(18.9)	1.96(0.39)	0.406(0.039)	14.5(0.84)	1.16(0.42)	25.2(1.36)	
		5	7.35(0.52)	0.92(0.02)	120 (5.8)	10583(710)	109.7(7.0)	1.08(0.30)	0.425(0.021)	15.2(3.74)	0.57(0.24)	30.4(3.53)	
sawdustboard			9.0 (0.28)	0.82(0.04)	99 (11.3)	10002(1032)	83.5(11.3)	1.72(0.38)	0.053(0.001)	20.5(0.17)	0.86(0.15)	22.0(2.30)	
particleboard			8.5 (0.10)	0.65(0.02)	117(36.4)	10865(3871)	95.9(25.6)	4.49(2.25)	0.102(0.002)	23.1(6.15)	0.75(0.26)	55.7(2.07)	

*1 : Each value is an average of 6' replications,
 *2 : Each value is a standard deviation of 6' replications,
 *3 : Each value is conditioned at 60±3% RH at 20±1°C

의 彈性係數가 낮고 塑性變形이 크게 나타나기 때문에 韌强度的 性質의 개선에는 한계를 지니는 것으로 사료된다. 그림 2, 3, 4는 韌 파괴계수에 대한 熱壓壓力, 熱壓時間, 熱壓溫度에 대한 영향을 나

타낸 것으로서 熱壓積層法보다 成型法이 높은 韌 파괴계수를 나타냄을 보여주며 압력의 영향이 온도의 영향보다 크게 나타났고, 熱壓時間은 熱壓積層法보다는 成型法에서 뚜렷히 영향함을 보여주

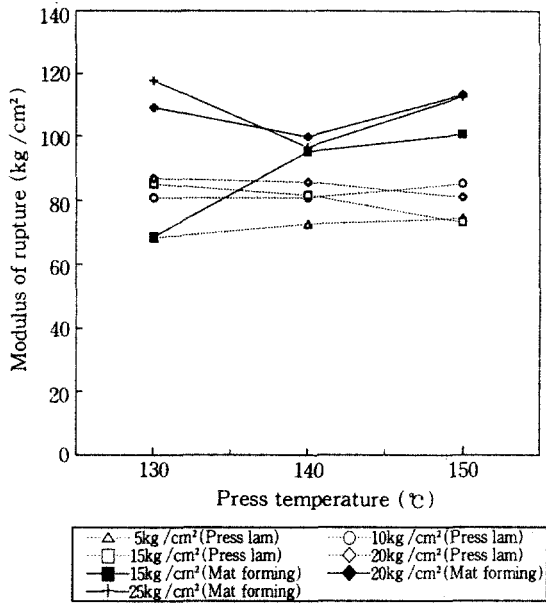


Fig. 3. Effect on press temperature and pressure in modulus of rupture of composite.

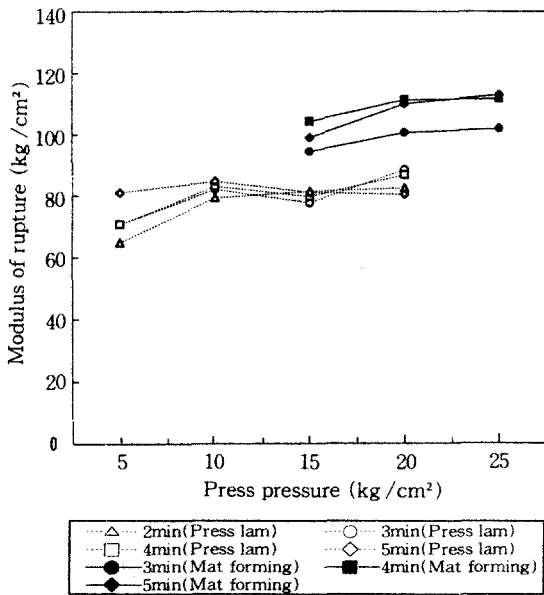


Fig. 4. Effect on press temperature and time in modulus of rupture of composite.

었다. 熱壓時間 4분이 5분보다 높은 휨강도적 성질을 전반적으로 나타내었다. 比例 限界点에서 應力은 成型法이 평균 80.4kg/cm², 熱壓積層法이 56.5kg/cm²을 나타내어 휨과괴계수의 성질과 비

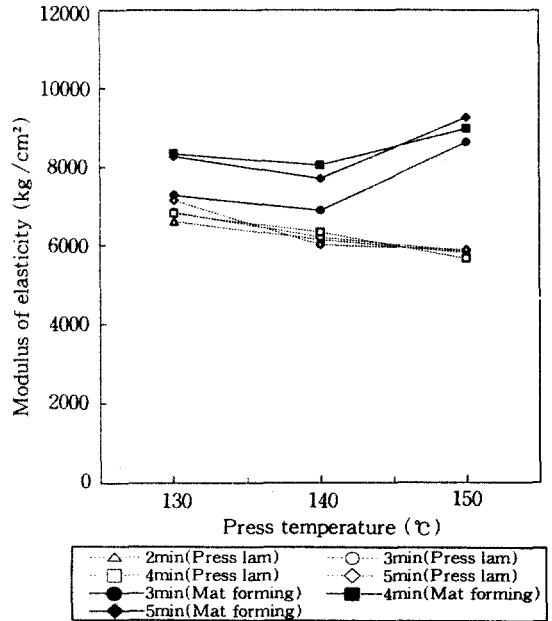


Fig. 5. Effect on press temperature and time in modulus of elasticity of composite.

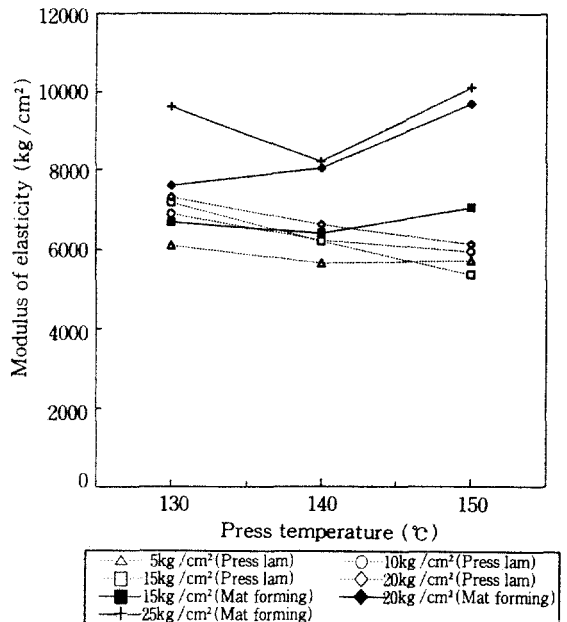


Fig. 6. Effect on press temperature and pressure in modulus of elasticity of composite.

슷한 경향을 나타내었다.

휨彈性係數의 경우 熱壓積層法과 成型法에서 각각 4,781~7,611kg/cm²과 5,851~1,0583kg/cm²의 범위를 나타내었다. 成型法은 평균 8,153kg/cm²의

Table 5. Results of Tukey's studentized range test for press-lam methods.

Temp. (°C)	Pressure (kg/cm ²)	Time (min.)	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	SPL (kg/cm ²)	IB (kg/cm ²)	WML (kg-cm/cm ³)	TS (%)	LE (%)	WA (%)	Sum of rating value
130	15	4	AB	A	ABCD	AB	F	B	B	AB	15
		5	A	A	AB	AB	F	B	A	AB	14
	20	4	AB	ABC	ABCD	A	A	B	A	B	10
		5	A	AB	ABC	A	A	B	AB	AB	9
140	5	4	B	E	BCD	B	B	AB	AB	AB	16
		5	B	CDE	BCD	AB	BC	B	A	AB	14
	10	4	AB	CDE	ABCD	AB	F	AB	A	AB	15
		5	AB	ABCDE	CD	AB	CDE	AB	AB	AB	12
	15	3	B	DE	D	AB	CDE	B	AB	AB	18
		4	A	ABCDE	A	AB	BCD	AB	A	AB	9
		5	AB	BCDE	ABCD	AB	EF	AB	A	AB	13
	20	2	AB	ABCDE	A	AB	F	B	A	B	15
		3	A	ABCD	A	AB	B	AB	A	AB	10
		4	AB	ABCD	ABCD	AB	DEF	A	A	A	11

* Means with the same letter are not significantly different.
 Rating value: A, AB, ABC, ABCD=1 ; B, BC, BCD, BCDE=2 ; C, CD, CDE, CDEF=3 ; D, DE, DEF=4 ; E, EF=5, F=6.

Table 6. Results of Tukey's studentized range test for mat-forming methods.

Temp. (°C)	Pressure (kg/cm ²)	Time (min.)	MOR (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	SPL (kg/cm ²)	IB (kg/cm ²)	WML (kg-cm/cm ³)	TS (%)	LE (%)	WA (%)	Sum of rating value
130	15	3	BCDE	EF	E	C	CD	ABC	AB	AB	21
		4	ABC	DEF	CDE	C	CD	ABC	AB	AB	17
		5	DE	F	E	C	BCD	BC	AB	AB	24
	20	3	BCDE	DEF	DE	C	BCD	ABC	AB	AB	18
		4	ABC	BCDE	CDE	AB	AB	ABC	A	AB	11
		5	AB	BCD	BCD	C	A	ABC	AB	AB	12
	25	3	ABCD	BC	ABC	BC	ABC	A	AB	AB	10
		4	A	A	A	A	AB	AB	AB	A	8
		5	A	A	AB	C	CD	AB	AB	AB	12
140	15	3	E	F	DE	C	BCD	ABC	AB	AB	24
		4	CDE	DEF	CDE	C	CD	ABC	AB	C	21
		5	CDE	F	DE	C	D	C	AB	C	27
	20	3	DE	CDEF	E	C	CD	BC	B	C	25
		4	BCD	B	CDE	BC	CD	C	AB	AB	17

* Means with the same letter are not significantly different.
 Rating value : A, AB, ABC, ABCD=1 ; B, BC, BCD, BCDE=2 ; C, CD, CDE, CDEF=3 ; D, DE, DEF=4 ; E, EF=5 ; F=6.

값을 나타냈으며 熱壓積層法은 평균 6,292kg/cm²의 값을 나타내었다. 따라서 成型法이 熱壓積層法보다 평균 29.5% 높은 휨과괴계수를 나타내었다. 對照보드와 비교하여 볼 때 成型法의 몇몇 區域에서 대등한 휨강도적 성질을 보였다. 휨彈性係數에

대해 熱壓溫度, 熱壓時間, 熱壓壓力에 대한 영향은 그림 5, 6, 7에 나타내었다. 이 그림에서 온도가 증가할수록 成型法의 경우 휨彈性係數가 증가하는 경향을 보이거나 熱壓積層法에서는 減少하는 경향을 보였다. 또한 압력이 증가함에 따라 휨彈性

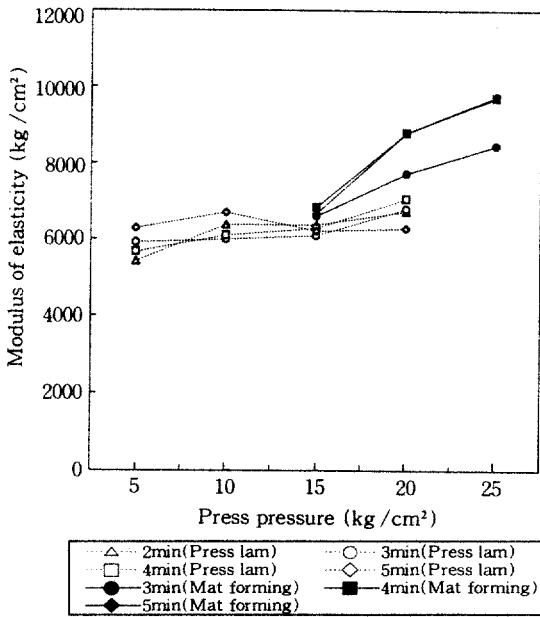


Fig. 7. Effect on press pressure and time in modulus of elasticity of composite.

係數가 增加하는 경향을 보였다. 그림 7에서 시간과 압력에 대한 영향은 熱壓積層法의 경우 크지 않으나 成型法에서는 크게 나타났으며, 熱壓時間 4분과 5분의 경우 거의 동일한 휨彈性係數를 나타내었다.

剝離強度의 경우 표 3과 4로부터 熱壓積層法이 0.12~0.99kg/cm², 成型法이 0.23~2.67kg/cm²의 범위를 나타내었다. 成型法은 평균 1.20kg/cm²의 값을 나타냈으며 熱壓積層法은 평균 0.48kg/cm²의 값을 나타내었다. 따라서 成型法이 熱壓積層法보다 평균 150% 높은 휨 파괴계수를 나타내어 양 방법간에 큰 차이를 보였다. 熱壓積層法은 對照보드보다 낮은 剝離強度를 나타내어 이러한 제조방법으로는 적절한 剝離強度를 얻기 어렵다는 것을 시사해 주었다. 그러나 成型法의 경우 對照보드인 톱밥보드보다 높은 剝離強度를 나타내는 區域이 여러 조건에서 나타나 剝離強度의 개선에는 보다 적합한 제조방법이라 생각되었다. 두 製造方法 모두 熱壓壓力가 增加함에 따라 剝離強度가 增加하는 것으로 나타났으나 온도와 시간과의 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았다. 이는 熱壓사이클이 高壓과 高溫으로 갈수록 내부증기압이 크게 增加하여 接着力이 상대적으로 약한 부위인 톱밥보드와 폴리에틸렌의 界面의 結合을 파괴하여 표면에 blis-

ter가 발생하기 때문이라고 생각되었다. 실제 육안적 검사에서도 온도 150°C와 압력 20kg/cm² 이상의 區域에서 흔히 발견되는 현상이었다. 最大荷重에서의 일량은 표 3과 4에 나타내었다. 이 표로부터 熱壓積層法은 0.041~0.159kg-cm/cm³, 成型法은 0.354~0.503kg-cm/cm³의 값을 나타내었다. 最大 하중에서의 일량은 對照보드인 톱밥보드보다 成型法의 경우 10배 정도 향상된 값을 나타내었다. 물론 熱壓積層法에서도 톱밥보드보다 높은 값을 보이나 成型法보다는 낮았다. 이렇게 일량이 增加하는 이유는 兩 表裏板에 接觸된 폴리에틸렌과 폴리프로필렌이 톱밥보드에 柔軟性を 부여하는 것으로 판단된다. 이는 Cramm(1990)이 종이코팅시 사용하는 폴리에틸렌이 剛性和 柔軟性を 동시에 부여한다고 설명하는 내용과 일치하는 점이다. 熱壓積層法과 成型法の 차이는 薄板狀 複合材의 共有接着面에 얼마나 강한 接觸을 하는가의 정도의 차이일 것이다. 成型法은 열압시 톱밥의 壓縮率이 작음하여 표리판쪽으로 강한 압축을 발생시키므로 共有接着面に 강한 結合을 誘導한다고 생각된다. 그러나 熱壓積層法에서는 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 사이에 강한 結合이 발생하지 않았다. 이는 톱밥보드를 만들고 난 후에 폴리프로필렌을 接觸시키기 때문에 폴리프로필렌 網의 格子사이로 톱밥이 채워지지 않기 때문이라고 생각된다. 따라서 톱밥과 폴리프로필렌 망이 接觸되는 接觸면이 成型法에 비해 아주 작아진다는 것을 뜻하게 된다. 일량이 크다는 것은 永久變形時 荷重에 抵抗하는 抵抗力이 크다는 것과 에너지 吸收量이 커진다는 것을 의미한다. 그러므로 톱밥보드가 지니는 브리틀 破壞(brittle failure)와 낮은 일량 즉 유연성의 부족을 크게 개선하였다고 판단되었다. 따라서 본 연구에서 제조한 보드는 이러한 점에서 그 活用度가 있다고 보아진다.

最大 荷重時의 일량에 대하여 熱壓溫度, 熱壓時間, 熱壓壓力의 영향은 그림 8, 9, 10에 나타내었다. 熱壓積層法의 경우 그림 8과 9에서 온도가 增加함에 따라 약간씩 增加하였으나 成型法의 경우 대체로 減少함을 나타냈다. 그림 10에서 熱壓積層法의 경우 압력의 변화에 대한 영향은 거의 나타나지 않았고 成型法의 경우 壓力과 時間에 대한 最大 荷重時의 일량의 변화는 일정한 경향이 없이 나타났다. 본 연구에서 사용한 폴리프로필렌 망은 얇은 톱밥보드가 작은 變形下에서 破壞가 일어나는 현상을 막아 어느정도 보드에 柔軟性(flexibil-

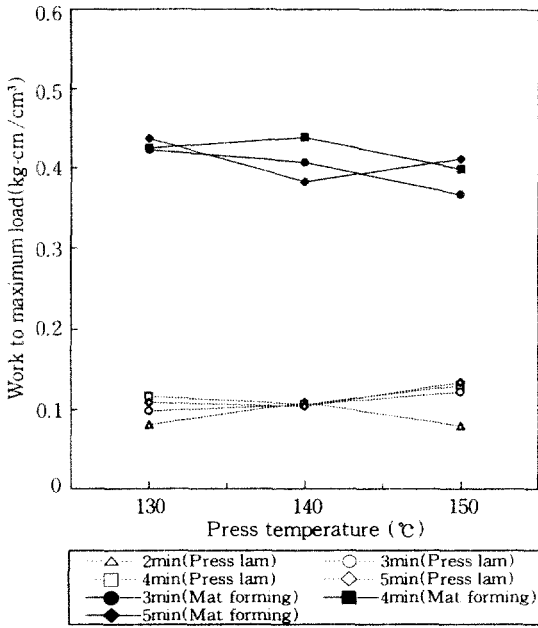


Fig. 8. Effect on press temperature and time in work to maximum load of composite.

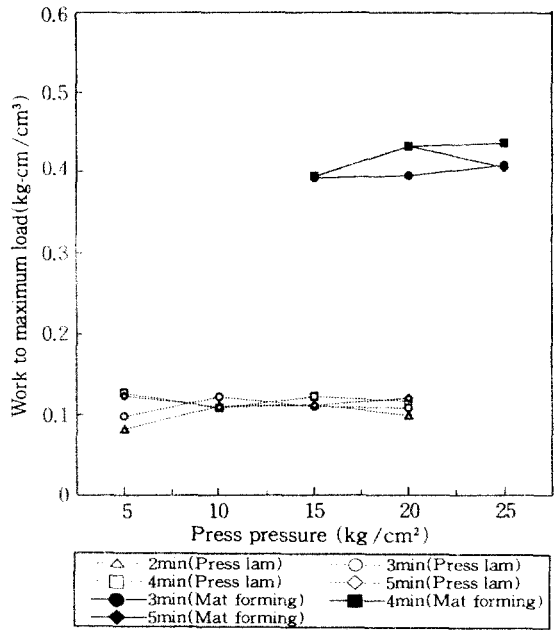


Fig. 10. Effect on press pressure and time in work to maximum load of composite.

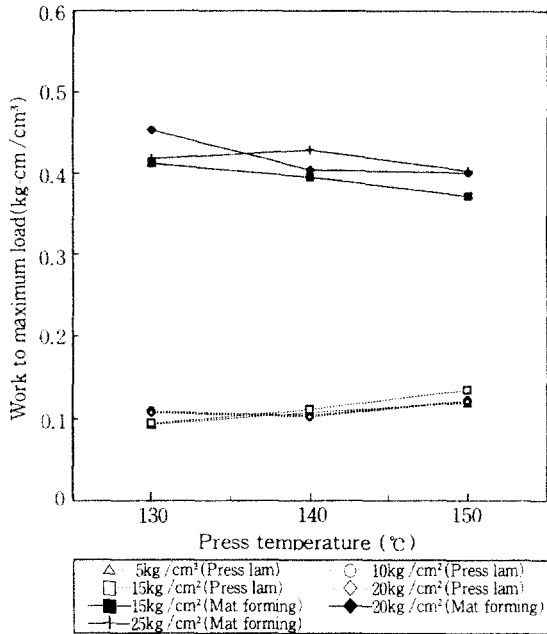


Fig. 9. Effect on press temperature and pressure in work to maximum load of composite.

ity)을 부여하였고, 이는 폴리프로필렌 망을 보드에 접착시키는데 폴리에틸렌 필름을 사용함으로써 일반 보드제조 온도 범위에서 폴리에틸렌 필름이 녹아 접착제 역할을 充分히發揮할 수 있다는 것

을 확인할 수 있었다.

3. 4. 物理的 性質

치수안정성 試驗은 線膨脹, 두께膨脹, 물흡수량을 측정하였으며 그 평균값은 표 3과 4에 나타내었다. 熱壓積層法에 대하여 선팽창, 두께팽창, 물흡수량은 각각 0.48~1.61%, 9.5~22.7%, 27.3~57.2%를 나타내었다. 成型法의 경우 선팽창이 0.67~1.72%, 두께팽창이 4.2~18.9%, 물흡수량이 17.2~39.5%를 나타내었다. 이들의 평균값은 熱壓積層法에 대하여 線膨脹, 두께膨脹, 물흡수량은 각각 0.84%, 15.6%, 35.6%를 나타내었다. 成型法의 경우 선팽창이 1.00%, 두께팽창이 13.9%, 물흡수량이 28.1%를 나타내었다. 두 방법에서 치수안정적 성질은 熱壓積層法 보다는 成型法이 우수한 것으로 나타났다.

對照보드인 파티클보드와 비교하면 두 방법 모두 두께팽창과 물흡수량에서 개선된 효과를 나타내었고, 선팽창에서는 오히려 對照보드보다 큰 값을 나타내어 개선 효과가 없음을 알 수 있었다. 또한 톱밥보드와 비교하면 두 방법 모두 두께팽창 시험에서 개선된 물성을 나타냈으나 선팽창과 물흡수량 시험에서는 對照보드보다 좋지 않은 물성을 보였다.

成型法의 경우 온도가 증가함에 따라 두께팽창이 증가하고, 熱壓積層法의 경우 減少하는 경향을 보였다. 熱壓時間에 대한 영향은 130°C에서는 熱壓時間이 짧을수록 두 방법 모두 두께팽창이 낮게 나타나지만, 140°C에서 150°C로 온도가 증가할수록 熱壓時間에 대한 영향이 크지 않음을 알 수 있었다. 그러나 熱壓溫度가 증가함에 따라 熱壓積層法과 成型法에서 두께팽창의 경향이 反對로 나타나는 기작은 설명할 수 없었다. 두께팽창에 대해 熱壓溫度와 熱壓壓力과의 영향은 熱壓積層法과 成型法 모두 熱壓壓力이 증가할수록 두께팽창이 낮게 나타났다. 또한 온도가 올라갈수록 프레스랩법에서는 두께팽창이 減少함을 알 수 있었으나, 成型法의 경우 명확하게 나타나지 않았다. 熱壓壓力에 대한 영향은 成型法이 크게 나타남을 알 수 있었다.

全 熱壓時間 범위에서 成型法의 경우 壓力이 증가할수록 두께팽창이 減少함을 나타내었으나 熱壓積層法의 경우 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. Crann(1990)에 의하면 폴리에틸렌이나 폴리프로필렌 필름을 종이에 코팅하면 수분과 수증기에 대한 저항 능력이 커진다고 설명하였는 바, 본 연구에서 사용한 폴리에틸렌 필름은 表裏層 方向의 수분의 침투를 크게 抑制할 것으로 예상하였으나 수분에 대한 抵抗效果가 크게 나타나지 않았다. 이러한 원인은 界面의 接着이 충분하지 못해서 나타나는 결과가 아니라 소형 시편의 外側部를 파라핀 처리하지 않은 상태에서 24시간 침수하는 시험방법에서 기인하는 것으로 사료되었다. 이는 측면 방향에서 심층으로 수분의 흡수를 막지 못하여 발생하는 결과로 판단되며 이러한 방법이 아닌 시험편의 외측부를 파라핀 코팅처리하여 여러 相對濕度條件에서 吸濕試驗을 하거나 시험편을 크게 재단하여 시험한다면 치수안정성이 크게 개선되리라 생각된다. 그러나 위와같은 假定을 排除하고서도 본 연구에서 제조한 薄板狀 複合材는 치수안정적 성질에서 중요하게 다루는 두께 팽창시험에서 두께팽창이 對照보드보다 減少하는 결과로 미루어 보아서 치수안정의 性質이 충분히 개선될 것으로 생각되었다.

3. 5. 最適 製造條件

표 1과 2에서 形態的으로 가장 안정된 구간인 A표시 구간은 표 3과 4로부터 각각의 시험 항목에서 가장 우수한 실험치를 나타낸 區域과는 반드

시 일치하지 않는 區域도 경우에 따라서 존재한다. 본 연구는 薄板狀 複合材의 形態적 안정성을 土臺로 하여 複合材의 物理的 및 機械的 性質을 평가하여 最適 製造條件을 究明하고자 하였기 때문에 표 1과 2의 肉眼的 檢査에서 形態적 안정성이 있다고 인정되는 區域에 대해 두 방법을 각각 SAS 統計패키지를 이용하여 Tukey's studentized range test를 하였다. 표 5와 6에서 맨 오른쪽 수치는 통계처리한 區域의 그룹화(grouping)에 대한 결과를 각 試驗項目에 대하여 數值化하여 合算한 값을 나타낸 것이다. 각각의 試驗項目에서 文字 A로부터 F까지 1부터 6까지의 값으로 대체하였으며 같은 문자는 統計的 유의성을 나타내지 않으므로 동일한 값으로 처리하였다. 즉 A, AB, ABC, ABCD의 문자는 모두 1의 값으로 처리하였다. 이와같은 방법으로 각 제조 조건에서 각각의 試驗項目의 대체값을 합산하여 나타낸 값을 基準으로 最適 製造條件으로 하였다. 이 합산치는 가장 낮은 값이 가장 적합한 제조 조건을 반영함을 의미한다.

熱壓積層法의 경우 표 5에서 가장 낮은 수치는 9이며, 이에 해당하는 區域은 130°C, 20kg/cm², 5분에 해당하는 區域과 140°C, 15kg/cm², 4분에 해당하는 두 區域이 나타났다. 이 두 區域은 거의 同一한 물성치를 나타낸다고 할 수 있으나 본 연구에서는 130°C의 區域보다는 140°C의 區域에서 形態的 安定性이 더욱 많이 나타난다는 점을 들어 후자의 경우를 熱壓積層法의 最適 製造區域으로 결론지었다. 반면에 成型法의 경우 표 6에서 나타난 결과는 130°C, 25~10kg/cm², 4분의 區域이 다른 區域에 비하여 월등히 양호한 統計的 의미를 지니는 區域으로 나타났으므로 이 區域을 成型法의 最適 製造 조건이라 결론지었다.

4. 結 論

本 研究에서는 얇은 合板을 대체할 수 있는 새로운 概念의 薄板보드 開發을 위하여 木質-합성수지 複合材를 기본으로 하는 薄板狀 複合材의 제조를 위한 最適 製造 조건을 구명하였다. 薄板狀 複合材는 톱밥과 폴리에틸렌 필름 그리고 폴리프로필렌 網을 사용하여 熱壓積層法과 成型法을 이용하여 熱壓溫度와 熱壓壓力 그리고 熱壓時間을 變數로 한 여러가지 熱壓스케줄을 적용하여 薄板狀 複合材를 제조하였다. 제조한 薄板狀 複合材는 肉眼的 檢査와 物理的 및 機械的 物性を 평가하

여 最適 條件을 평가하였다. 시험평가된 결과에 의하여 두 제조방법을 비교할 때 成型法이 모든 시험항목에서 越等히 優秀한 物性を 나타내었고, 兩方法 모두에서 熱壓溫度의 경우 120°C와 150°C는 제조 조건에 적합하지 않다는 것으로 판명되었으며 130°C와 140°C가 가장 適合한 溫度條件으로 나타났다.

본 연구를 통하여 肉眼的 檢査에서 缺陷을 나타내지 않고 강도적 성질이나 치수안정적 성질이 우수하여 最適 製造條件이라고 판단되는 區域을 統計的 方法을 사용하여 종합적으로 판단할 때 熱壓積層法에서는 온도 140°C, 熱壓壓力 15kg/cm², 熱壓時間 4분이며, 成型法에서는 온도 130°C, 熱壓壓力 20-10kg/cm², 熱壓時間 4분이 가장 타당한 最適 製造條件이라고 結論지었다.

參 考 文 獻

1. Cramm, R. H. 1990. Plastic-paper composites made by extrusion coating. In : Wood adhesives in 1990 : Wood/Nonwood composites. A. H. Conner., A. W. Christiansen., G. E. Myers., B. H. River., C. B. Vick., and H. N. Spelter, eds. Forest Prod. Pes. Soc., Madison, Wis. :163~165
2. Geimer R. L., C. M. Clemons., and J. E. Wood, Jr. 1993. Density range of compression-molded polypropylene-wood composites. *Wood & Fiber Science*. 25(2):163~169
3. Kolosick, P. C., G. E. Myers, and J. A. Koutsky. 1993. Bonding mechanisms between polypropylene and wood : coupling agent and crystallinity effects. In : wood fiber/polymer composites ; fundamental concept, process, and materials option. Wolcott, M. P. Ed. West virginia, Morgantown, W. Va. :15~19
4. Krzysik, A. M. and J. A. Youngquist. 1991. Bonding of air-formed wood fibre/polypropylene fibre composites. *Int. J. Adhesives*. 11(4):235~240.
5. Myers, G. E., I. S. Chahyadi., C. A. Coberly, and D. S. Ermer. 1991. Wood flour/polypropylene composites : influence of maleated polypropylene and process and composition

- variables on mechanical properties. 1991. *Intern. J. Polymeric Mater.* 15 :21~44
6. Myers, G. E., I. S. Chahyadi., C. Gonzalez and C. A. Coberly. 1993. Wood flour and polypropylene or high density polyethylene composites : influence of maleated polypropylene concentration and extrusion temperature on properties. In : wood fiber/polymer composites : fundamental concept, process, and materials option. Wolcott, M. P. Ed. West virginia, Morgantown, W. Va. :49~56
7. Rowell, R. M. 1992. Opportunities for lignocellulosic materials and composites. American Chemical Society: ACS symposium series 476, Washington, D. C., chapter 2 : 12~27
8. Rowell R. M., J. A. Youngquist and D. McNatt. 1991. Composites from recycled materials. proceedings of 25th international particleboard/composite materials symposium. T.M. Maloney, Editor. Washington State University. pullman, WA. :301~314
9. Rowell, M. R. and C. M. Clemons. 1992. Chemical modification of wood fiber for thermoplasticity, compatibilization with plastics, and dimensional stability. proceedings of 26th international particleboard/composite materials symposium. T.M. Maloney, Editor. Washington State University. pullman, WA. :251~259
10. Sanadi, A. R., R. A. Young., C. M. Clemons, and R. M. Rowell. 1994. Recycled newspaper fibers as reinforcing fillers in thermoplastics : part I - Analysis of tensile and impact properties in polypropylene. *J. Reinforced plastics & composites* 13 :54~66
11. Woodhams, R. T., S. Law, and J. J. Balatinecz. 1990. Properties and possible applications of wood fiber-polypropylene composites. In: Proc. Symp. wood adhesives 1990 - wood/nonwood composites. conner, A.H. eds. USDA forest serv., forest products laboratory. Madison Wis. :177~182
12. Youngquist, J. A and R. M. Rowell. 1989. Opportunities for combining wood with non-

- wood materials. proceedings of 23th international particleboard/composite materials symposium. T. M. Maloney, Editor. Washington State University. pullman, WA. : 141~157
13. Youngquist, J. A., A. M. Krzysik, J. H. Muehl and C. Carll. 1992. Mechanical and physical properties of air-formed wood-fiber/polymer-fiber composites. *Forest Prod. J.* 42(6):42~48
 14. Youngquist, J. A., R. M. Rowel and D. Dietzman. 1992. New products from field and forest. In : New crops, new uses, new markets. 1992 yearbook of agriculture. Washington, D. C. : U. S. Dep. of Agriculture : 159~163
 15. Youngquist, J. A., B. W. English and R. M. Rowell. 1993. Alternative uses for wastepaper in wood-based composite products. In : Proc. of 1993 Recycling symposium ; New Orleans, L. A. Atlanta, GA : TAPPI Press :359~365
 16. Youngquist, J. A., A. M. Krzysik, J. H. Muehl, and C. Carll. 1993. Properties of wood fiber & polymer fiber composites. In : wood fiber/polymer composites : fundamental concept, process, and materials option. Wolcott, M. P. Ed. West virginia, Morgantown, W. Va. :79~86
 17. 서진석, 이필우. 1988. 폴리프로필렌칩 사를 결체한 톱밥보드의 物理的 및 機械的 性質에 관한 연구. *목재공학* 16(2):1~41
 18. 이필우, 서진석. 1987. 플라스틱칩 결체 톱밥보드의 機械的 및 物理的 性質에 관한 연구. *목재공학* 15(3):44~55
 19. 이필우, 박헌. 1988. 목재 파아티클과 플라스틱(폴리프로필렌) 網의 결체가 보오드의 물리적 및 기계적 성질에 미치는 영향. *목재공학* 16(1):21~44
 20. 이필우, 박희준, 오세창. 1990. 톱밥과 단판 또는 합판으로 표면 구성한 Com-ply의 휨성질에 관한 연구. *서울대농학연구* 15(2):111~119
 21. 이필우. 1990. 삭편판과 단판 또는 합판을 구성 접착한 콤폴라이 複合材에 관한 연구. *목재공학* 18(4):86~101