

合板 代用 薄板狀 複合材 製造에 關한 研究(Ⅱ)^{*1}
— 最適製造條件을 適用한 構成形態別 薄板狀 複合材 開發 —

李 弼 宇^{*2}

**Studies on Manufacture of Thin Composite Panel
for Substitute Use of Plywood (Ⅱ)^{*1}**
— Development of Thin Composite by Composition Type
Applied to Optimum Manufacturing Condition —

Phil-Woo Lee^{*2}

ABSTRACT

Eight types of thin composite panels were manufactured by press-lam and mat-forming process applied to optimum manufacturing condition, studied in former first research by author (1995). They were tested and compared with control boards on dimensional stability, internal bond strength, tensile strength, Screw withdrawal strength, and bending properties. These thin composite panels manufactured by mat-forming process were generally superior to those by press-lam in dimensional stability and mechanical properties.

In the dimensional stability and mechanical properties of thin composite panels manufactured by mat-forming process, the thin composite panels (A and E type) composed of particle or sawdust core and veneer face with polyethylene film, were as good as those of common plywood(control board). Internal bond strength showed highest value in the thin composite panel(D type) which composed of particle core and polypropylene screen face with polyethylene film. The thin composite panels(G and H type) composed of sawdust or particle core and polypropylene screen face with polyethylene film by press-lam and mat-forming process, showed most highest value in dimensional stability and water absorption.

Keywords : Press-lam process, mat-forming process, dimensional stability, mechanical properties, sawdust, veneer, polyethylene film, polypropylene screen

^{*1} 접수 1995년 8월 11일 Received August 11, 1995

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

^{*2} 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea

1. 緒 論

지금까지 建築과 家具製作 등 목재 가공품에 大量으로 사용하여 온 合板은 그 원료가 되는 대경원목의 枯渴로 合板用 원목의 確保가 점차 어려워지고 그 價格이 暴騰하게 됨에 따라 合板의 용도를 대체할 수 있는 새로운 木質系 板狀材料의 開發이 불가피하게 되었다. 이러한 현실상황을 바탕으로 薄板狀 材料와 관련된 木質과 非木質 複合材의 개발은 다양한 방법에 의한 다기능화 현상이 예상되며 木質材料 領域內에서의 새로운 개념의 薄板狀 複合보드 개발을 확장할 뿐만 아니라 고성능 複合材料로서의 可能性을 지니고 있으리라 기대된다. 또한 이들 材料가 環境問題를 해결하는데 도움을 줄 수 있기 때문에 木材나 열가소성 材料는 再活用 材料로도 중요한 資源으로 認識되고 있다. 이와 관련하여 木質 板狀材料인 木質보드에 非木質系 材料를 구성접착시킨 複合材와 콤포라이의 물성에 관한 研究가 진행된 바 있으며 이에 대해 간략히 살펴보면 다음과 같다.

Youngquist 등(1992)은 nonwoven air-formed 방법으로 木材 纖維와 플라스틱 纖維로 複合材를 제조한 후 密度에 따른 物理的 및 機械的 性質을 보고한 바 있으며, Cramm(1990)은 extrusion coating에 의해 paper-plastic 複合材를 제조하게 되면 水分과 수증기에 대한 저항능력이 커진다고 설명하였다. Krzysik 등(1991)은 non-woven web 방법으로 木纖維와 폴리프로필렌 纖維 複合材를 製造한 다음 結合劑(coupling agent)로써 maleated polypropylene(MAPP)의 效果를 본 결과 MAPP가 증가할수록 靱, 인장강도가 증가함을 고찰한 바 있으며, Sanadi 등(1994)은 再活用 신문용지 纖維와 폴리프로필렌을 사용하여 複合材를 제조한 후 衝擊強度와 引張強度를 측정하고 폴리프로필렌에 대하여 신문용지 纖維 40%를 혼합한 複合材의 引張強度는 34.1 MPa, 衝擊強度는 112 J/m²였다고 하였다.

한편 Geimer 등(1993)은 폴리프로필렌 纖維와 木質 纖維(aspen fiber)를 사용하여 비중을 서로 달리하여 보드를 제조하고 그 영향을 본 결과 木纖維를 둘러싼 공극은 열압 후 木纖維의 수축에 기인하며 강도적 성질은 木纖維의 添加量 보다는 壓縮에 영향을 더 받는다고 보고한 바 있다. Myers 등(1991)은 木粉과 폴리프로필렌 複合材 제조에 있어 극성 목재와 비극성 폴리프로필렌과의 본질적인 약한 인력을 향상시키는 結合劑의 필요성에 관해 고찰한 바 있으며, Rowell 등(1992)은 열가소성 재료와 aspen 파이버와의 상용성(compatibility)을 향상

시키기 위하여 여러가지 結合劑를 사용하여 시험한 결과 succinic anhydride가 가장 우수한 결합력을 지니는 것으로 나타났다고 하였다. 또한 Rowell(1992)은 再活用 材料 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 材料의 物性을 통해 여러 종류의 複合材 제조와 용도에 관한 제안을 하였다.

콤포라이에 관한 연구로는 Chow(1972)가 파티클보드의 표면에 월넛(walnut)단판을 접착시킨 複合材를 제조하여 靱하중 하에서의 탄성계수와 전단변형에 관하여 연구한 결과 複合材의 靱과靱계수가 최고 소재의 85%에 이르렀다고 보고한 바 있으며, Hse(1975)는 표판에 southern pine 단판을 접착시킨 複合材를 제조하여 표판에 접착한 단판의 두께가 증가할수록 靱과靱계수와 靱탄성계수가 증가하였음을 보고한 바 있다. Kelly와 Pearson(1977)은 纖維板의 표판에 southern pine 단판을 접착한 후 物理的 및 機械的 性質을 조사하였는 바 이러한 複合材는 비교적 적은 하중을 받는 가구요소에 적용 가능하다고 보고한 바 있다.

국내에서도 木質과 非木質系 材料의 새로운 構成으로 李와 徐(1987)가 플라스틱 칩 결체 톱밥보드를 제조 연구하였는데 이 연구에서는 보드 강화제로써 플라스틱을 構成하여 보드의 特性을 연구 보고한 바 있다. 또 徐와 李(1988)는 폴리프로필렌 칩과 배향사를 결체한 다양한 형태의 톱밥보드를 여러 條件에서 製造하고 각각의 物理的, 機械的 特性을 評價하였다. 李와 朴(1988)은 목재 파티클과 폴리프로필렌 網으로 수지 添加量과 比重을 달리하여 構成하고 熱壓積層法을 사용하여 보드를 제조하고 그 物性을 평가하였다. 그 후 李(1990)와 李 등(1990)은 식편판에 단판 또는 合板을 構成시킨 複合材를 제조하고 物理的, 機械的 性質을 고찰하고 평가하여 보고한 바 있다.

콤포라이에 관한 研究로는 李(1990)가 심판용 재료로 比重이 서로 다른 파티클보드를 構成하고 표면판 재료로는 단판 또는 合板을 構成한 콤포라이를 製造하여 物理的 및 機械的 特性을 조사하여 표판의 단판 또는 合板의 두께가 증가할수록 그리고 심판 파티클보드의 比重이 증가할수록 靱하중 하에서의 强度的 性質이 향상되었음을 보고한 바 있다. 그리고 李와 朴(1991)은 家具構造用 木質複合材의 개발을 위해 심판에 비중을 달리한 파티클보드를 構成하고 양 표면판과 측면판에 단판과 合板을 接着한 木質 複合材를 제조하고 靱하중 하에서의 强度的 性質을 측정하고 靱과靱계수와 靱탄성계수가 파티클보드에 비해 매우 향상되었음을 보고하여 각종 家具類의 構

造用 材料로써 사용 가능성을 시사한 바 있다.

本 研究에서는 이미 著者(1995)의 研究인 第1報에서 밝혀진 最適의 製造條件들을 적용하고자 톱밥보드와 파티클보드를 제조하고 이들 양 표면판에 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름을 構成 接着시키거나 또는 단판과 폴리에틸렌 필름을 接着시키는 등과 같이하여 成型法과 熱壓積層法을 적용하여 각각 8가지 형태의 새로운 複合材를 제조한 다음 대조보드인 合板, 파티클보드, 톱밥보드와 物理的 및 機械的 性質을 시험분석하여 비교함으로써 合板의 대체 가능성을 검토하고 아울러 양표면판에 단판이나 합성수지 재료를 접착 구성시킴으로써 기존의 파티클보드보다 치수안정성과 강도적 성질이 향상된 새로운 複合材 開發에 필요한 基本資料를 얻고자 실시하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 實驗 材料

2.1.1 목재 파티클

本 研究에서 심층용 보드를 제조하기 위해 사용한 파티클은 某 會社 파티클보드 공장에서 일반 삼층 파티클보드의 表層用으로 사용되는 라왕 팔만칩을 분양받아 사용하였으며 일정한 함수율(4~5%)까지 乾燥하였으며 체진동기를 사용하여 선별(-20~+40mesh)하였다.

2.1.2 톱 밥

本 研究에서 심층용 보드를 제조하기 위해 사용한 톱

밥은 某 製材所에서 띠톱 製材 後 발생된 라왕 톱밥을 사용하였으며 함수율은 4~5%로 乾燥 調整한 후 입자 크기를 일정하게 하기 위하여 체진동기를 사용하여 선별(-20~+40mesh)하였다.

2.1.3 단 판

파티클보드와 톱밥보드의 表面에 接着 構成한 단판은 라왕 단판으로 국내 某 木材會社로 부터 분양받아 사용하였으며 함수율은 공히 7~8%로 調整하였다.

2.1.4 폴리에틸렌 필름과 폴리프로필렌 網

表面에 接着시킨 폴리에틸렌 필름은 삼광화학공업사 製品이며, 두께 0.1mm의 필름을 購入하여 사용하였으며, 폴리프로필렌 網은 남창기업 製品으로 두께 0.2mm 이고 격자는 25mesh 크기를 購入하여 사용하였다.

2.1.5 接着劑 및 添加劑

심판용 파티클보드와 톱밥보드 제조에 사용한 接着劑는 고형분 54%인 尿素樹脂를 파티클과 톱밥 全乾무게에 대하여 각각 10% 添加하였으며 硬化劑로는 10% 염화암모늄(NH₄Cl) 수용액을, 그리고 添加劑로는 왁스 에밀전(고형분 46%)을 각각 톱밥 및 파티클 全乾무게에 대하여 10% 및 1% 添加하였다.

2.2 보드 製造方法

本 연구에서 이용한 심판용 톱밥 및 파티클보드와 표판용 단판, 폴리프로필렌 網, 폴리에틸렌 필름을 構成하여 複合材를 製造하는 方法으로는 成型法(mat-form-

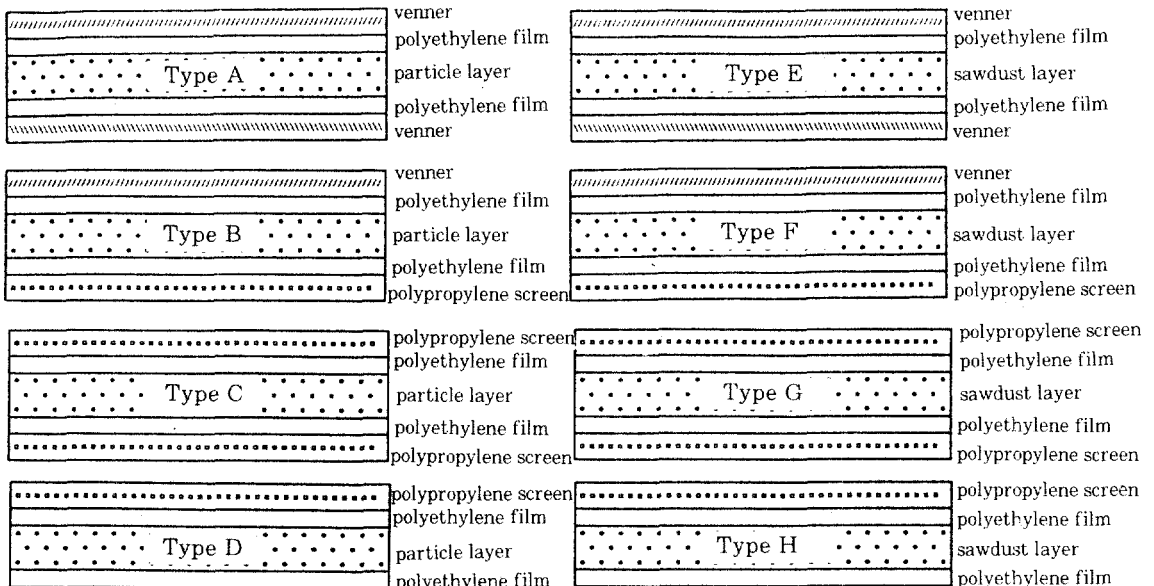


Fig. 1. Schematic of tested board according to composition types.

ing process)과 熱壓積層法(press-lam process)을 채용하였으며, 그 방법은 이미 第1報에서 사용한 李(1995)의 方法과 同一하게 하였다. 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 8타입, 熱壓積層法이 8타입으로 각각 새로이 설계 구성하였으며, 반복수 10회로 하여 총 160매의 複合材를 製造하였고 대조보드로 같은 크기의 榻榻미보드, 파티클보드, 합판을 각각 10매씩 제조하였다. 熱壓積層法과 成型法으로 만든 薄板狀 複合材의 構成 形態를 모식도로 표시하면 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

2.3 보드製造條件

2.3.1 成型法 (Mat-forming process)

成型法을 이용하여 제조한 薄板狀 複合材는 第1報에서 適用한 36타입의 보드製造條件의 시험을 통하여 가장 우수하게 나타난 最適製造條件을 適用하고 본 시험에서 새로이 구성한 8타입의 複合材를 製造하였다. 다시 말해서 第1報의 결과에서 얻은 最適條件인 熱壓溫度 130℃, 熱壓壓力 20~10kgf/cm², 熱壓時間 4분의 조건에서 보드를 製造하였다.

2.3.2 熱壓積層法 (Press-lam process)

熱壓積層法은 第1報에서 64타입의 보드製造條件 시험을 통하여 가장 우수하게 나타난 最適製造條件인 熱壓溫度 140℃, 熱壓壓力 15kgf/cm², 熱壓時間 4분을 適用하여 본 시험에서 成型法과 똑같이 새로 구성된 8타입의 複合材를 10반복 제조하였다.

2.4 보드의 物理的 및 機械的 性質 측정

이상과 같이 製造된 薄板狀 木質-合成樹脂 複合材의 物理的 및 機械的 性質 측정은 KSF 3104에 의거하여 遂行하였는 바 物理的 性質로는 比重과 含水率, 치수안정성 시험을 遂行하여 선펡창, 두께팽창, 물흡수량을 측정하였고, 機械的 性質로는 휨破壞係數, 휨탄성係數, 剝離強度, 나사못 維持力, 引張強度를 측정 계산하였으며 아울러 대조보드에 대해서도 각각을 측정하여 비교 분석하였다.

2.5 統計分析

本 實驗의 統計처리는 만들어진 薄板狀 木質-合成樹脂 複合材의 構成形態別 物理的 및 機械的 性質의 差異를 알아보기 위하여 각 시험방법에 따라 SAS(Statistical Analysis System) 統計 패키지를 이용하여 분산 분석하고 처리 평균간의 비교를 Tukey's test로 검정

분석하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 物理的 性質

3.1.1 含水率과 比重

각 構成形態에 따른 木質-합성수지 複合材의 含水率과 比重을 나타내면 Table 1과 같다. 제조된 보드를 相對濕度 60±3%, 溫度 20±1℃에서 調濕處理한 결과 熱壓積層法은 7.10±0.11~7.88±0.23%, 成型法은 7.41±0.20~9.85±1.39%였다. 目標比重을 0.8로 하여 제조하였으나 각 보드의 全乾比重을 측정한 결과 熱壓積層法은 0.63±0.05~0.81±0.04이었으며, 成型法이 0.66±0.05~0.89±0.03이었다. 熱壓積層法이 成型法에 의한 複合材보다 比重이 다소 낮게 나타났다. 또 本 研究에서 目標比重에 비해 다소 차이를 보이는 것은 榻榻미보드나 파티클보드만으로 構成하는 것이 아니고 複合材를 구성하는 단판 및 폴리프로필렌 網, 폴리에틸렌 필름의 比重이 각각 다르므로 이들의 構成 分布가 각 複合材의 比重에 영향을 미쳤기 때문에 差異가 나타난 것이라고 생각된다. Table 1에서 보여 주고 있는 바와 같이 比重이 낮은 木質系 단판을 構成한 複合材는 熱壓積層法이나 成型法에서 모두 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름을 표면에 構成한 複合材보다는 比重이 상대적으로 낮게 나타났다. 따라서 比重이 높은 형태의 보드는 단판을 전혀 構成하지 않고 非木質系 材料를 표면에 構成한 熱壓積層法과 成型法 모두에서 C, D 그리고 H type의 複合材에서 나타났다.

3.1.2 치수안정성

치수안정성 試驗은 선펡창, 두께팽창, 물흡수량을 측정하였으며 그 實驗 結果는 Table 1과 Fig. 2, 3, 4에 나타내었다. 熱壓積層法에 대하여 선펡창, 두께팽창, 물흡수량은 構成形態에 따라 각각 0.37±0.1~0.91±0.4%, 4.92±1.9~23.80±3.9%, 17.88±4.9~59.36±4.8%를 나타내었다. 成型法の 경우 선펡창이 0.48±0.1~0.74±0.1%, 두께팽창이 7.92±0.9~12.83±2.4%, 물흡수량이 17.49±2.8~35.49±4.6%를 나타내었다. 동일 構成形態에 있어 두 方法에서 치수안정적 성질은 熱壓積層法보다 成型法이 우수한 것으로 나타나 第1報의 研究 結果와 일치함을 볼 수 있었다. 대조보드인 파티클보드와 榻榻미보드에 비교해 볼 때 熱壓積層法과 成型法 두 방법 모두 G와 H 타입의 薄板狀 複合材가 두께팽창, 선펡창, 물흡수량 모두 개선된 效果를 나타내었으나 合板보다 큰 수치를 나타내어 合板에 대한 改

Table 1. Mechanical and physical properties of composites .

Method	Type	MC ^{*3} (%)	SpGr. ³	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	IB (kgf/cm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Screw withdrawal strength (kgf/cm ³)	TS (%)	LE (%)	WA (%)
Press-Lam Process	A	7.85 [†] (0.30) [‡]	0.70 (0.04)	94 (57.0)	12248 (5161)	3.9 (0.9)	229.9 (31.1)	16.2 (3.22)	12.67 (1.5)	0.54 (0.1)	36.54 (3.0)
	B	7.88 (0.23)	0.73 (0.04)	177 (24.1)	26320 (3325)	0.6 (0.2)	200.0 (28.5)	48.1 (9.34)	11.56 (1.2)	0.60 (0.1)	27.54 (2.9)
	C	7.84 (0.23)	0.78 (0.03)	106 (20.2)	11358 (2312)	0.6 (0.1)	65.2 (10.9)	35.9 (4.00)	10.51 (1.5)	0.55 (0.1)	29.79 (1.6)
	D	7.76 (0.18)	0.76 (0.04)	131 (24.1)	14856 (2627)	1.3 (0.5)	73.9 (11.8)	49.2 (9.82)	10.36 (2.4)	0.37 (0.1)	21.10 (3.7)
	E	7.77 (0.19)	0.63 (0.05)	205 (99.1)	70680 (2024)	0.9 (0.2)	273.3 (37.4)	18.3 (4.04)	23.80 (3.9)	0.82 (0.4)	59.36 (4.8)
	F	7.88 (0.26)	0.71 (0.02)	128 (14.4)	13120 (2448)	1.9 (0.3)	165.8 (26.7)	47.4 (12.1)	17.18 (3.0)	0.91 (0.4)	31.16 (1.6)
	G	7.80 (0.25)	0.75 (0.03)	111 (27.2)	11834 (2964)	1.5 (0.9)	74.1 (12.6)	32.8 (12.9)	4.92 (1.9)	0.42 (0.1)	17.88 (4.9)
	H	7.10 (0.11)	0.81 (0.04)	144 (17.7)	15172 (3054)	1.1 (0.5)	95.8 (9.2)	43.2 (17.6)	7.66 (2.5)	0.39 (0.1)	21.19 (8.9)
Mat-Forming Process	A	8.05 (0.51)	0.66 (0.05)	690 (52.8)	101133 (5681)	4.0 (0.8)	359.3 (19.4)	57.3 (6.82)	10.55 (1.1)	0.65 (0.1)	33.94 (3.9)
	B	8.54 (0.25)	0.69 (0.01)	149 (28.8)	26301 (5204)	2.7 (1.0)	171.7 (16.7)	34.1 (6.03)	12.83 (2.4)	0.66 (0.2)	35.49 (4.6)
	C	8.60 (0.14)	0.86 (0.02)	156 (15.0)	16441 (1030)	5.8 (1.4)	89.6 (11.3)	54.4 (4.89)	11.06 (2.3)	0.58 (0.1)	20.89 (2.5)
	D	9.85 (1.39)	0.89 (0.03)	170 (17.4)	17088 (1298)	6.2 (0.9)	86.9 (17.4)	53.4 (6.77)	9.47 (0.7)	0.48 (0.1)	17.49 (2.8)
	E	7.41 (0.20)	0.69 (0.07)	666 (75.9)	100443 (1095)	5.4 (1.2)	355.3 (30.3)	56.6 (6.58)	7.92 (0.9)	0.50 (0.1)	28.42 (4.6)
	F	8.35 (2.84)	0.71 (0.04)	180 (32.7)	26708 (2955)	1.5 (0.4)	175.8 (22.0)	21.9 (3.18)	8.03 (0.6)	0.74 (0.1)	22.22 (2.0)
	G	8.55 (0.47)	0.84 (0.07)	133 (7.7)	14459 (1032)	5.1 (1.5)	73.5 (9.1)	39.7 (6.88)	8.69 (1.7)	0.62 (0.1)	19.52 (5.3)
	H	8.92 (0.49)	0.88 (0.02)	101 (13.4)	13324 (1737)	3.8 (1.3)	64.7 (12.7)	31.9 (7.95)	6.94 (0.7)	0.48 (0.1)	18.34 (1.7)
Control plywood	P.B.	9.23 (0.19)	0.85 (0.05)	99 (19.1)	14990 (2059)	3.7 (0.9)	63.1 (6.6)	63.7 (8.11)	11.28 (1.4)	0.69 (0.1)	22.23 (1.1)
	sawdust	8.29 (0.23)	0.77 (0.06)	79 (13.6)	9107 (1906)	1.1 (0.1)	32.2 (3.5)	34.0 (6.90)	11.11 (2.5)	0.82 (0.2)	20.81 (3.9)
	plywood	9.10 (0.24)	0.61 (0.02)	687 (26.5)	114450 (4043)	7.5 (0.8)	457.8 (52.7)	86.3 (7.51)	2.14 (0.4)	0.23 (0.1)	19.11 (0.5)

Notes : P.B. : Particleboard.

*1 : Each value is an average of 10 replications.

*2 : Each value is a standard deviation of 10 replications.

*3 : Each value is conditioned at 60±3% RH at 20±1°C.

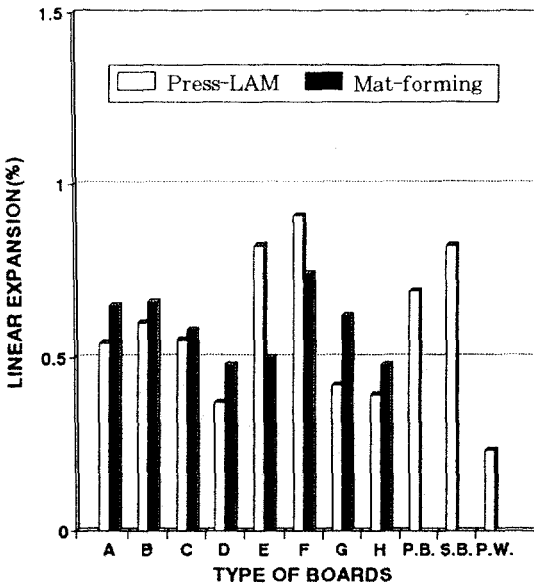


Fig. 2. Linear expansion of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

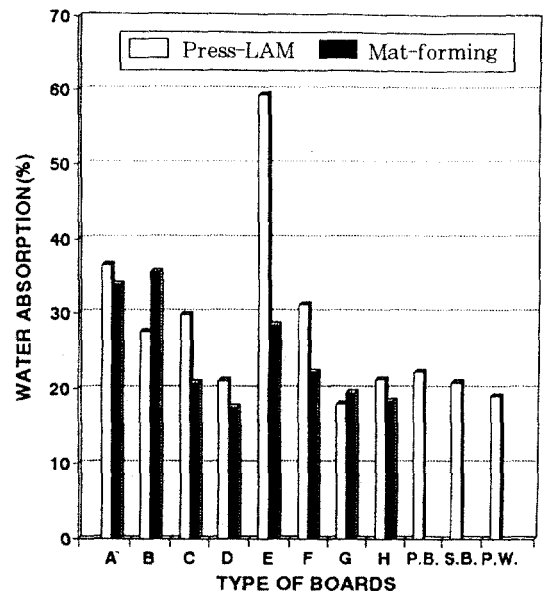


Fig. 4. Water absorption of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

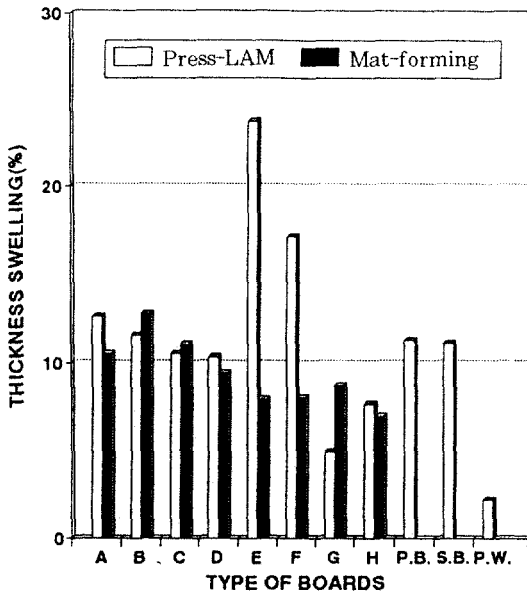


Fig. 3. Thickness swelling of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

善效果는 그다지 크지 않음을 알 수 있었다. 그러나 대조보드인 파티클보드나 톱밥보드에 비하면 이러한 결과

는 李와 朴(1985), 李와 徐(1987), 李와 朴(1988)의 일련의 연구에서 보듯이 서로 다른 재료인 木質과 폴리프로필렌 網과 폴리에틸렌 필름을 構成한 複合材料의 경우 木材 파티클에서 얻을 수 없는 우수한 物理的 및 機械的 性質의 향상을 보여 주었다는 보고와 일치하는 結果이다. Cramm(1990)에 의하면 폴리에틸렌이나 폴리프로필렌 필름을 종이 코팅하면 수분과 수증기에 대한 저항 능력이 커진다고 한 바 본 연구에서는 톱밥보드 및 파티클보드에 있어서도 이 결과와 일치한다고 볼 수 있으나 합판과 비교하면 그 개선효과를 얻지는 못하였다. 그러나 본 연구에서 製造한 G와 H 타입의 박판상 복합재는 치수안정적 성질에서 두께팽창이 대조보드보다 감소하는 결과로 미루어 보아 치수안정적 성질이 충분히 개선될 것으로 생각된다. 한편 機械的 性質에서는 우수한 성능을 보였던 A와 E 타입의 薄板狀 複合材의 경우 치수안정적 성질은 크게 향상되지 않았는데 이는 원래 접착력이 낮은 폴리에틸렌 필름으로 단판을 構成·接合시킴으로써 발생하는 낮은 접착력으로 인해서 치밀한 가교가 이루어지지 않아 나타난 현상이라고 생각되었다.

3.2 機械的 性質

本 研究에서 熱壓積層法과 成型法으로 製造한 각각 8 가지 構成形態에 따른 薄板狀 木質-合成樹脂 複合材의

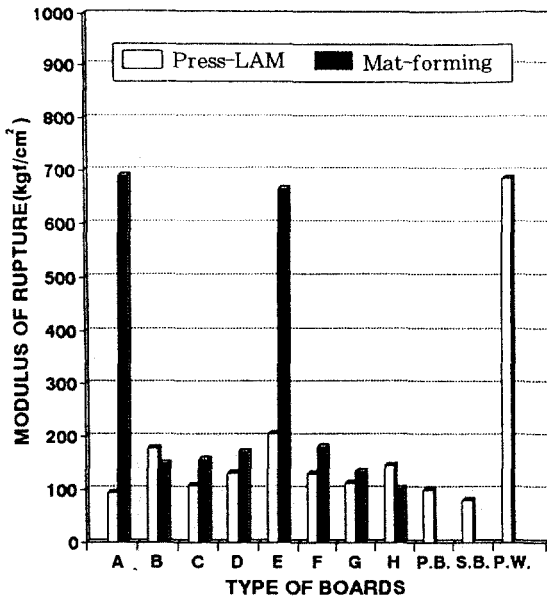


Fig. 5. Modulus of rupture of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

機械的 性質을 나타내면 Table 1과 같다. Table 1과 Fig. 5에서 휨破壞係數는 熱壓積層法과 成型法에서 각각 $94 \pm 57.0 \sim 205 \pm 99.1 \text{ kgf/cm}^2$ 와 $101 \pm 13.4 \sim 690 \pm 52.8 \text{ kgf/cm}^2$ 의 범위를 나타내었다. 각 構成 形態에 따라 다소 차이는 보이지만 成型法으로 製造한 複合材의 휨破壞係數가 높음을 알 수 있어 第1報의 研究結果와 일치한다고 볼 수 있다. 먼저 심층에 파티클을 넣고 양 표리판에 단판을 成型法으로 접착 구성한 A 타입 보드의 휨과괴계수가 690 kgf/cm^2 으로 가장 높았으며 또한 톱밥을 심층으로 하여 제조한 E 타입 보드 역시 대조보드인 合板의 휨破壞係數와 비교해 볼 때 통계적으로 有意性이 없었다. 이 수치는 李(1990)가 발표한 라왕단판을 사용한 複合판넬의 휨破壞係數값인 $238.2 \sim 348.1 \text{ kgf/cm}^2$ 보다 월등히 큰 값으로 本研究의 薄板狀 複合材 제조에 있어서 단판을 成型法으로 콤포라일할 경우 휨강도면에서는 기존의 合板을 대체할 수 있으리라 생각된다. 그 밖의 B, C, D, F, G 및 H 타입의 木質-합성수지 複合材는 合板의 휨과괴계수보다는 낮지만 파티클보드 및 톱밥보드의 휨破壞係數보다는 다소 높음을 알 수 있었다. 하지만 각 구성별 有意性검정 결과 단판 이외에 다른 재료 즉 폴리프로필렌 網網 접착 구성할 시 휨과괴계수에 있어 큰 개선 효과는 없었다.

휨彈性係數의 경우 Table 1과 Fig. 6에 나타냈듯이 熱

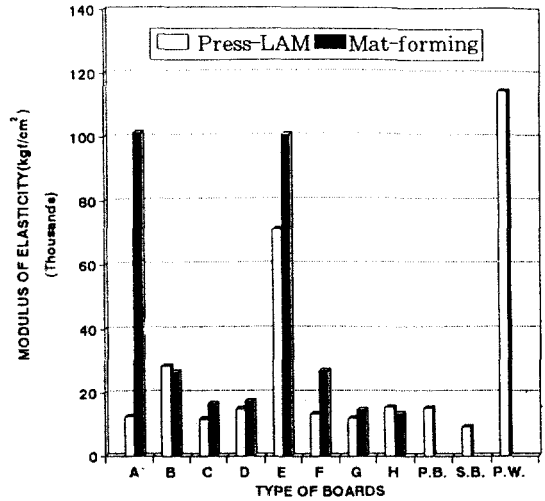


Fig. 6. Modulus of elasticity of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

壓積層法과 成型法에 각각 $11,358 \pm 2,312 \sim 70,680 \pm 2,024 \text{ kgf/cm}^2$ 와 $101,133 \pm 5,685 \sim 13,324 \pm 1,737 \text{ kgf/cm}^2$ 의 범위를 나타내었다. 휨破壞係數와 같은 경향으로 동일한 構成 形態일 때 成型法으로 製造한 複合材가 熱壓積層法으로 製造한 複合材보다 다소 높은 휨탄성계수를 나타내었다. 대조보드와 비교해 볼 때 成型法の A와 E 타입의 複合材가 대등한 휨강도적 성질을 보였다. 또한 Chow(1972)가 파티클보드 표면에 월넛(walnut) 단판을 접착시켜 복합재를 제조한 후 휨破壞係數와 휨彈性係數를 측정된 값과 비교해 볼 때 대조보드인 合판의 최고 85%에 이른다는 보고와 거의 유사한 값이라 할 수 있다. 이러한 결과로부터 판단할 때 製材 副産物로 발생하는 막대한 양의 톱밥과 폐재로부터 얻을 수 있는 파티클을 원료로 이용함과 동시에 접착제를 폴리에틸렌 필름을 사용하여 複合材를 製造한다면 보다 작업이 간편하고 경제적으로 원료 수급 문제를 해결할 수 있다고 기대하며 기존의 파티클보드로는 제조하기 어려운 얇은 合板(6 mm이하)을 대체할 수 있는 薄板狀 複合보드를 제조할 수 있으리라 생각된다.

대조보드인 合板, 파티클보드 그리고 톱밥보드와 각 構成 形態에 따른 薄板狀 木質-合成樹脂 複合材의 引張強度를 측정된 결과는 Table 1과 Fig. 7과 같다. 이로부터 熱壓積層法으로 製造한 複合材는 $65.2 \pm 10.9 \sim 273.3 \pm 37.4 \text{ kgf/cm}^2$ 이고, 成型法으로 제조한 複合材는 $64.7 \pm 12.7 \sim 359.3 \pm 19.4 \text{ kgf/cm}^2$ 의 값을 나타내었다. 물

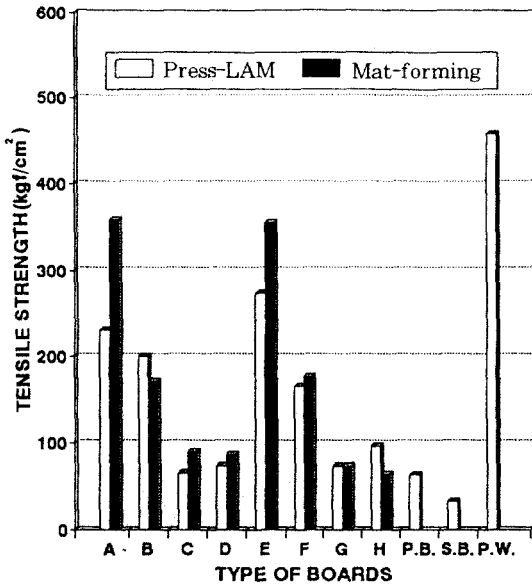


Fig. 7. Tensile strength of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

론 B 타입이나 H 타입의 複合材의 경우 熱壓積層法에서도 높은 값을 보이거나 대체로 낮은 수치를 보이고 있다. 成型法으로 제조한 A와 E 타입 複合材의 引張強度는 대조보드인 合板의 引張強度보다는 다소 낮지만 파티클보드와 톱밥보드에 비교하면 월등히 높은 수치를 나타내고 있다. 또한 폴리프로필렌 網을 構成·接着한 B, C, D, F, G, 및 H 타입 複合材 모두 파티클보드와 톱밥보드의 引張強度에 비해 우수한 결과를 보였다. 결국 이를 종합해 보면 외력, 즉 인장응력에 대해 저항하는 능력이 톱밥 및 파티클 뿐만 아니라 보강재료로 들어간 폴리프로필렌 網으로 인해 향상되었음을 나타내는 것이며 이 보강효과는 앞으로 木質과 非木質 間의 複合材 材料 開發에 상당한 效果를 얻을 수 있으리라 기대된다.

각 構成形態에 따른 나사못維持力에 대한 영향을 Table 1과 Fig. 8에 나타내었다. 이 표와 그림으로부터 熱壓積層法은 $18.2 \pm 3.22 \sim 49.2 \pm 9.82$ kgf, 成型法은 $21.9 \pm 3.18 \sim 57.3 \pm 6.82$ kgf의 값을 나타냄을 알 수 있었다. 熱壓積層法은 평균 38.9 kgf의 값을 나타내었으며 成型法은 평균 43.7 kgf의 값을 나타내었다. 따라서 成型法이 熱壓積層法보다 평균 12.3%의 높은 나사못維持力을 나타내고 있으나 양 方法 間에 큰 차이를 보이지는 않았다. 成型法으로 製造한 構成形態에 따른 A, C, D, 및 E 타입의 複合材는 파티클보드의 나사못維持力보다

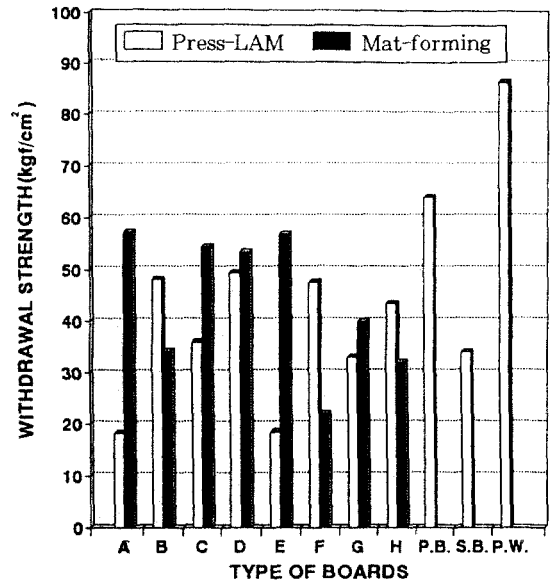


Fig. 8. Screw withdrawal strength of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

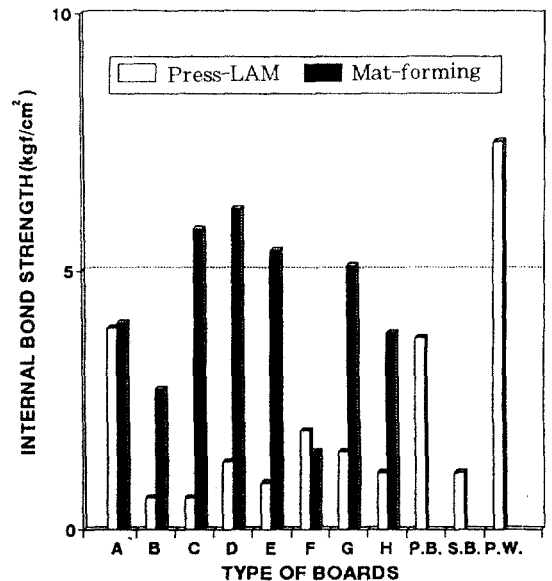


Fig. 9. Internal bond strength of thin composite panels made by press-lam and mat-forming process.

는 낮지만 톱밥보드의 나사못維持力보다는 우수함을 알 수 있었으며 전 구간의 複合材에 있어 폴리프로필렌 網

이 들어감으로 해서 나사못維持力에 크게 영향을 주지는 못하였다. 이와같은 결과는朴과李(1986)의 연구에서 밝힌 바와 같이 작은 파티클로 제조된 보드의 경우, 서로 다른 종류의 물질인 철선의 구성이 보드의 나사못維持力에 크게 영향하지 않는다는 보고와 일치하고 있다. 결론적으로 보드의 나사못維持力을 증가시키기 위해서는 보드를構成하는材料를 바꾸는 것 보다는 보드 자체의比重을 높이거나樹脂添加量을增大시키는 것이 가장效率的인方法이라 생각된다.熱壓積層法으로製造한薄板狀複合材의 나사못維持力이 다소 감소된 것은 폴리프로필

렌 網의 결체로 인해 심층과의 분리현상이 심화되어 나사못維持力이 저하된 것으로 보여진다.

剝離强度의 경우 Table 1과 Fig. 9에 나타내었는바熱壓積層法으로製造한複合材는 $0.6 \pm 0.1 \sim 3.9 \pm 0.9$ kgf/cm²으로 나타났으며 成型法으로製造한複合材는 $1.5 \pm 0.4 \sim 6.2 \pm 0.9$ kgf/cm²의 범위를 보였다. 따라서 成型法이熱壓積層法보다 월등히 높은剝離强度를 나타내어 兩方法間에 심한 차이를 보였다. 成型法의 경우 D 타입의複合材가 가장 높은 값을 나타내고 있으나 대조보드인 合板의剝離强度에는 미치지 못했다. 또한 構

Table 2. Results of Tukey's studentized range test for press-lam methods.

Type	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	IB (kgf/cm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Screw withdrawal strength (kgf)	TS (%)	LE (%)	WA (%)
A	DE*	BC	B	C	G	BC	ABCD	B
B	BC	A	CD	CD	CD	CD	ABCD	BCDE
C	DE	BC	D	EF	CDE	CD	ABCD	BCD
D	CD	B	CD	E	BC	CD	CD	DEF
E	B	A	CD	B	FG	A	AB	A
F	CD	BC	C	D	CDE	B	A	BC
G	DE	BC	CD	E	EF	EF	BCD	F
H	BCD	B	CD	E	CDE	DE	BCD	DEF
P.B.	DE	B	B	EF	B	CD	ABC	CDEF
sawdust B.	E	C	CD	F	DEF	CD	AB	DEF
plywood	A	A	A	EF	A	F	D	EF

* Means with the same letter are not significantly different.

Table 3. Results of Tukey's studentized range test for mat-forming methods.

Type	MOR (kgf/cm ²)	MOE (kgf/cm ²)	IB (kgf/cm ²)	Tensile strength (kgf/cm ²)	Screw withdrawal strength (kgf)	TS (%)	LE (%)	WA (%)
A	A*	A	BCD	B	BC	ABC	AB	A
B	BC	B	DEF	C	D	A	AB	A
C	B	C	ABC	D	BC	AB	AB	BC
D	B	C	AB	D	C	ABC	BC	C
E	A	A	ABC	B	BC	BC	BC	AB
F	B	B	EF	C	E	BC	AB	BC
G	BC	CD	BCD	D	D	BC	AB	C
H	CD	CD	BCDE	DE	D	C	BC	C
P.B.	CD	CD	CDE	DE	B	AB	AB	BC
sawdust B.	D	D	F	E	D	AB	A	BC
plywood	A	A	CDE	DE	A	D	C	C

* Means with the same letter are not significantly different.

成形態에 따른 木質-合成樹脂 複合材의 박리강도의 改善 效果는 크지 않음을 알 수 있었다. 이는 李(1985)의 研究 結果에서 나타난 바와 마찬가지로 木材 파티클 및 톱밥과 폴리프로필렌 網 間의 직접적인 결합이 충분히 이루어지지 않은 관계로 결합력이 다소 떨어진 때문으로 생각되며 단판과 파티클 사이에 있어서도 원래 接着力이 낮은 폴리에틸렌 필름에 의한 結合 또한 다소 약하기 때문이라 추측된다. 이의 개선효과를 한층 높이기 위해서는 木材 파티클 및 톱밥과 폴리프로필렌 網 間 그리고 단판과 파티클 및 톱밥 간의 接着에 유리하고 파티클보드 製造에도 사용가능한 보다 結合力이 큰 새로운 접착제를 開發하여 활용한다면 더욱 우수한 結果를 얻을 수 있으리라 생각된다.

4. 結 論

第1報의 研究에서 成型法 36타입과 熱壓積層法 64타입의 製造方法을 통해서 밝혀진 最適의 製造 條件들을 適用하여 構成形態가 다른 8타입의 複合材를 成型法과 熱壓積層法을 適用하여 複合材를 10반복으로 製造한 다음 物理的 및 機械的 性質을 試驗分析하여 考察한 다음 얻은 結果는 다음과 같다.

熱壓積層法에 대하여 선펡창, 두께팽창, 물흡수량은 構成形態에 따라 각각 $0.37 \pm 0.1 \sim 0.91 \pm 0.4\%$, $4.92 \pm 1.9 \sim 23.80 \pm 3.9\%$, $17.88 \pm 4.9 \sim 59.36 \pm 4.8\%$ 를 나타내었으며 成型法의 경우 선펡창이 $0.48 \pm 0.1 \sim 0.74 \pm 0.1\%$, 두께팽창이 $7.92 \pm 0.9 \sim 12.83 \pm 2.4\%$, 물흡수량이 $17.49 \pm 2.8 \sim 35.49 \pm 4.6\%$ 를 나타내었는 바 동일 構成形態에 있어 두 方法에서 치수안정적 성질은 熱壓積層法보다 成型法이 우수한 것으로 나타났다.

각 構成形態에 따라 다소 차이는 보이지만 成型法으로 製造한 複合材의 靱破壞係數, 靱彈性係數, 剝離強度, 引張強度, 나사못維持力이 熱壓積層法으로 製造한 複合材보다 높음을 알 수 있어 機械的 性質 또한 成型法이 우수하였다.

靱破壞係數, 靱彈性係數, 引張強度, 나사못維持力이 合板과 대등하게 나타난 複合材는 成型法으로 제조된 A와 E 타입 複合材이며, 剝離強度는 成型法으로 製造한 D 타입의 複合材가 가장 높은 값을 보였다. 치수안정성에 있어서는 熱壓積層法 및 成型法 모두 G와 H 타입 複合材가 선펡창, 두께팽창, 물흡수량 모두 개선된 效果를 나타내었다.

本 研究을 통해서 合板 代用 薄板狀 複合材의 製造可能性을 研究하고 검토하였는 바 보다 改善된 材質의 薄

板狀 複合材를 얻기 위해서는 異種 材料間을 접착시킬 수 있는 結合力이 우수한 새로운 접착제의 적용 연구가 더욱 계속적으로 필요하다고 생각된다.

參 考 文 獻

1. Chow, P. 1972. Modulus of elasticity and shear deflection of walnut-veneered-particleboard composite beams in flexure. *Forest Prod. J.* 22(11) : 33~38
2. 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. Soc., Madison, WI. : 163~165
3. Geimer, R. L., C. M. Clemons., and J. E. Wood, Jr. 1993. Density range of compression-molded polypropylene-wood composites. *Wood & Fiber Sci.* 25(2):163~169
4. Hse, C. Y. 1976. Exterior structural composite panels with southern pine veneer faces and cores of southern pine hardwood flakes. *Forest Prod. J.* 26(7) : 21~27
5. Krzysik, A. M. and J. A. Youngquist. 1991. Bonding of air-formed wood fibre/polypropylene fibre composites. *Int. J. Adhesives* 11(4) : 235~240
6. 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.
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, 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/compos-

- ite materials symposium. T.M.Maloney, Editor. Washington State University. pullman, WA. : 251~259
9. 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
 10. 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
 11. 朴 憲, 李弼宇. 1986. 木材과아티클과 鐵線 複合體가 보오드의 物理的 性質 및 機械的 性質에 미치는 영향. *木材工學* 14(1) : 3~44
 12. 徐珍錫, 李弼宇. 1988. 폴리프로필렌絲칩과 配向絲를 結締한 棼합보드의 物理的 및 機械的 性質에 關한 研究. *木材工學* 16(2) : 1~41
 13. 李弼宇. 1985. 木材 파티클과 鐵網 結締가 보오드의 物理的 性質에 미치는 영향. *木材工學* 13(3) : 3~26
 14. 李弼宇. 1990. 削片板과 單板 또는 合板을 構成 接着한 콤플라이 複合材에 關한 研究. *木材工學* 18(4) : 86~101
 15. 李弼宇. 1995. 合板 代用 薄板狀 複合材에 關한 研究(1) -複合材 製造의 最適條件에 關하여-. *木材工學* 23(2) : 55~69
 16. 李弼宇, 朴 憲. 1988. 木材 과아티클과 플라스틱 (폴리프로필렌) 網의 結締가 보오드의 物理 및 機械的 性質에 미치는 영향. *木材工學* 16(1) : 21~44
 17. 李弼宇, 朴喜浚. 1991. 家具 構造用 木質 複合材 開發에 關한 豫備研究. *가구-기술과 정보*- 2(1) : 24~33
 18. 李弼宇, 朴喜浚, 吳世昌. 1990. 棼합과 單板 또는 合板으로 표면 構成한 Com-ply의 棼性質에 關한 研究. *서울대 農學研究* 15(2) : 111~119
 19. 李弼宇, 徐珍錫. 1987. 플라스틱칩 結締 棼합보드의 機械的 및 物理的 性質에 關한 研究. *木材工學* 15(3) : 44~55