

針葉樹單板의 樹脂含浸處理에 의한 壓密化 特性

Densification Characteristics of Softwood Veneers Treated by Resin Impregnation

徐 珍 錫

針葉樹單板의 樹脂含浸處理에 의한 壓密化 特性

徐珍錫¹

Densification Characteristics of Softwood Veneers Treated by Resin Impregnation

Jin-Suk Suh¹

목 차

- | | |
|------------|--|
| 1. 서론 | 3-1. 상압침지에 의한 단판의 수지함침성 |
| 2. 재료 및 방법 | 3-2. 수지함침단판의 압밀화 및 수지함침
단판의 합판 오버레이시험 |
| 2-1. 공시재료 | |
| 2-2. 실험방법 | 4. 결론 |
| 3. 결과 및 고찰 | 5. 참고문헌 |

ABSTRACT

This study was carried out to investigate characteristics of plywood overlaid with softwood veneers densified by resin impregnation and compression. The resin impregnability of Korean pine veneer under atmospheric pressure soaking was greater than that of larch, and impregnability of melamine resin was slightly greater than phenolic resin. It was suggested that resin impregnation ratio was affected by density and thickness of veneer. The largest melamine resin impregnation ratio of 50.7% was obtained with 1.26mm thick Korean pine veneer, and the lowest phenolic resin impregnation ratio of 11.7% with 3.41mm thick larch veneer. Therefore, it was suggested that the vacuum-pressure-soak treatment is required at thick larch veneer.

In densifying resin-impregnated veneers, densification ratio from 13.4 to 31.2% was obtained by high pressure from 15.6 to 20.8kgf/cm². Impregnation of melamine resin also showed relatively greater at densification than that of phenolic resin. So it showed the degree of densification of about 20% or greater. It was seemed that adhesive bonding strength of plywood(base panel) which was directly pressed and overlaid with resin-impregnated veneer was affected by resin tackiness after resin impregnation followed by semi-drying. In laboratory scale, melamine resin impregnation was more favorable for the development of adhesive bonding strength owing to moisture control.

Key words : resin impregnation ratio, densifying resin-impregnated veneers, densification ratio, adhesive bonding strength, semi-drying

1. 임업연구원 Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea

1. 서 론

우리나라에 하이팩(hipac) 의자와 같은 단판적층성형재가 도입된 것은 1980년대 초반 독일에서 그 제조기술이 유입된 것으로 알려져 있다. 제2차 세계대전 때 독일은 이 적층기법을 이용하여 레이더망을 피하기 위한 고내구성 木製프로펠러를 제조하여 사용하였으며, 전후 목재산업에 이 원리가 이용되어 하이팩이라는 인체공학적인 적층성형의자의 탄생에 맞을 수 있었다고 한다. 이와 유사한 우리 생활저변의 수지함침·적층제품의 예를 들어보면 방직용 북, 칼 손잡이, 기계·전기 절연부품, 도어 손잡이(knob), 스키 및 전자회로용 기판 등으로 다양하게 사용되고 있다.

井上雅文(2001)이 압밀화 기술을 소개함에 있어, 압축변형의 고정화를 위해 화학처리(포르말화, 아세틸화, 산처리 등), 수지함침경화처리, 가열처리(열처리, 電子線 照射처리, 고온고압수증기처리, 밀폐가열처리, 고주파가열처리, 상온상압처리), 전처리 등의 방법을 적용하여 표면물성(경도, 내마모성), 강도성능, 意匠性 및 가공성을 향상시킬 수 있다고 하였다.

矢野浩之 등(2000)은 저분자량 페놀수지를 함침한 목재나 섬유판을 비중 1.4까지 열압제하면 단위체적당의 실질량 증가와 더불어 평형함수율이 현저히 저하하고, 比強度가 목재에서 약 1.5배, 섬유판에서 약 3배로 됨을 보고하였다.

Kubota, M 등(1998)은 침투성 개선을 위해 증자처리한 낙엽송 심재의 板目材에 대해 압밀화한 페놀수지함침처리재 적정 제조조건을 압밀비, 열압조건을 변수로 하여 구명하고, 처리재의 강도성능, 치수안정성, 도장성 및 재색 변화 등을 조사하였다. 증자처리에 의해 암색화 하며, 압밀처리재는 휨강도 성능이 소재와 동등하나 표면경도, 내마모성, 도막밀착성은 소재에 비해 현저히 향상한다고 보고하였다.

S. Kawai 등(1991)은 저분자량의 페놀수지를 함침한 LVL을 제조하고 물성을 평가한 결

과, 생단판에 대한 중량증가율은 침지시간에 영향을 받지 않고, 단판의 초기함수율에 영향을 받으며, 기건 및 전건단판의 중량증가율은 침지시간과 함께 증가하고, 이들 단판내로의 침투속도는 생단판내로의 침투속도보다 크다고 하였다. 그리고 변제단판의 중량증가율은 심제단판의 중량증가율보다 크며, 압축LVL의 치수안정성은 중량증가율에 의해 고도로 영향 받는 바, 페놀수지에 대해서 LVL의 양호한 치수안정성을 획득하기 위하여 50%정도의 壓縮率 상태에서 약 40%의 중량증가율이 요구된다고 하였다.

高谷典良 등(1986)은 남양재 產地國에서의 자원감소, 원목형태로의 수출금지과 더불어, 열대재의 벌채가 지구환경 파괴로 연결되는 등 수입량이 갈수록 감소하는 상황에서 차량용재개발을 위해 경도, 내마모성, 치수안정성, 내구성 등의 시험연구를 실시하였다. 이를 위해 단판내의 수지함침조건, 압밀화조건인 확립, 수지함침압밀화 단판의 諸특성을 구명하고, 수지함침단판과 합판을 복합화함으로써 경도, 내마모성이 우수한 고도의 성능을 가진 복합합판을 개발하였다. 한편, 이 기술개발에 의해 차량용의 아피통 대체뿐만 아니라 경도, 내마모성이 요구되는 床材, 가구재, 학생용 책상상판 등으로의 적용도 가능하여, 합판의 수요확대, 부가가치 향상에 연계될 수 있음을 보고하였다.

井上雅文 등(1993)은 저분자량의 멜라민수지를 삼나무내에 함침, 가열중화한 후 처리재의 치수안정성, 내구성, 강도적 성질 및 재색 변화 등을 조사하였다. 결과, 수용액 농도의 증가와 함께 중량증가율, 체적효과(Bulking effect), 항팽윤능이 증가하지만 농도 10~15%에선 평형에 도달하고, 휨성능은 농도 15%에서부터 증가하여 농도 25%에서는 휨탄성계수가 10%, 휨강도가 18% 증가한다는 사실을 보고하였다. 또한, 표면경도는 농도와 더불어 직선적으로 증가하여, 25% 수용액의 함침처리에 의해 무처리재의 약 2.1배로 되지만, 함침

처리에 의해 내마모도는 저하하고, 재색은 거의 변화하지 않는다는 실험결과를 발표하였다.

통상적으로, 침엽수재는 일반적으로 밀도가 낮고, 춘추재간의 硬軟에 의해 절삭된 단판의 판면이 다소 거칠고 용이 등의 결점을 갖고 있다. 이에 본 연구에서는 국내산 침엽수재로 절삭한 단판을 수지함침·압밀화시켜 합판오버레이시험을 실시함으로써, 저급재로써 고도이용 및 고부가가치화 할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2-1. 공시재료

본 연구에 사용된 수종은 국산 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix leptolepis*), 수입된 라디에타소나무(*Pinus radiata*)로서 1.2mm, 2.4mm 및 3.2mm의 예정두께별로 단판을 절삭하였다. 각 단판의 물성은 Table 1과 같다. 또한, 함침을 위하여 商用 멜라민수지(수용성)와 페놀수지(알콜용성)를 사용하였는데, 각각 pH 7.8, 점도 50cPs, 고형분 51% 및 pH 7.0, 점도 35cPs, 고형분 51%의 성상을 지녔다.

2-2. 실험방법

절삭된 각 단판은 건조·분류되어, 함침용 수지에 Fig. 1과 같이 각각 24시간 상압침지시킨 후 대기 중에 약 3시간 방치시켜 단판내의 수지함침무게를 측정하여 수지함침율을 산출하였으며, 數日 기간시키고 건조기내에서 경화가 일어나지 않는 상태의 반건조를 하였다. 이때 조정된 함침단판의 최종함수율은 8~10%였으며, 반건조 시험조건은 멜라민수지 함침단판의 경우 70℃ 온도를 적용하여 20~30분 정도로써 건조가 용이하게 이루어졌고, 페놀수지 함침의 경우는 건조가 멜라민수

지보다 더딘 편으로 100~110℃ 온도를 적용하여 함수율을 저하시켰다. 이후, 함침된 단판의 일부는 열판압체에 의한 壓密化시험에 투입하였다. 이때 멜라민수지 함침의 경우 열판온도는 130℃, 페놀수지 함침의 경우 열판온도 140℃로, 저압 7.8~13.0kgf/cm², 고압 15.6~20.8kgf/cm²를 적용하여 12분간 압제하였다. 한편, 압밀화 하지 않은 일부 수지함침단판은 별도의 접착제로 오버레이접착시키지 않고 「one-shot pressing」, 즉, 수지함침단판을 합판(臺板; base panel)위에 놓아 열판내에서 압제하여 바로 함침수지에 의해 열경화·접착을 유도하는 시험을 실시하였다. 이때 臺板으로서 라디에타소나무 실대합판(두께 12mm×폭 3'×길이 6', 5ply, 페놀수지 접착) 3매를 40cm×40cm로 재단하여 사용하였다. 시험 전에 준비된 세 대판은 평균밀도 0.53g/cm³, 0.51g/cm³ 및 0.52g/cm³를 나타냈다.

위 시험에서, 수지함침율은 함침수지 고형분 무게 / 함침전 全乾단판 무게 × 100(%), 그리고, 압밀비는 (압제전 함침단판 두께 - 압제후 함침단판 두께) / 압제전 함침단판 두께 × 100(%)로 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 상압침지에 의한 단판의 수지함침성

상압침지에 의한 수지함침성(중량증가율; percentage of weight gain)은 단판수종간에 있어 잣나무가 낙엽송보다 同一 단판두께에서 높았고, 함침수지별로는 멜라민수지가 페놀수지보다 함침성이 양호하게 나타났다(Fig. 1). 그리고 단판의 밀도와 두께는 수지함침율과 연관이 있는 것으로 여겨지며, 잣나무 단판두께 1.26mm(밀도 0.40g/cm³)에서 수지함침율이 최고치(멜라민수지 함침율 50.7%)를 나타냈고, 낙엽송 단판두께 3.41mm(밀도 0.68g/cm³)에서 최저치(페놀수지 함침율 11.7%)를 나

타냈다. 따라서 낙엽송은 고밀도를 나타낸 두꺼운 단판의 경우 진공·가압침지처리가 요구되었다. 결과적으로, 잣나무는 수지별 함침율이 26.1~50.7%로서 상압침지에 의한 함침성이 양호하였으며 낙엽송은 11.7~37.5%를 나타냈다. 한편, 對照로서 살펴본 라디에타소나무 단판 두께 2.4mm의 경우는 멜라민수지 함침율이 81.7%, 페놀수지 함침율이 55.6%를 보여줌으로써 함침성이 잣나무에 뒤지지 않는 양호한 성질을 顯示하였다(Table 1).

3-2. 수지함침단판의 압밀화 및 수지함침단판의 합판 오버레이시험

수지함침단판의 일부는 열판내에서 표면성을 개선코자 압밀화시키는 시험을 하였다. 압체후의 壓密比는 Table 2에 나타냈다.

압밀비에 있어, 멜라민수지를 함침한 잣나무단판과 라디에타소나무 단판(두께 2.4mm)은 고압력으로 압체함으로써 20%를 상회하였으며, 페놀수지를 함침한 낙엽송단판(두께 1.2, 2.4mm)의 경우 역시 고압력(15.6~20.8kgf/cm²)으로 압체함으로써 20%를 상회하는 압밀비를

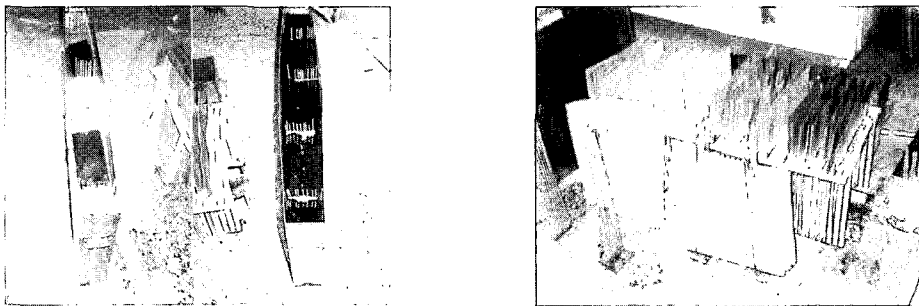


Fig. 1. Resin impregnation of veneer at atmospheric pressure soak test

Table 1. Resin impregnability of softwood veneer at atmospheric pressure soak

Species	Veneer		Actual thickness of veneer (mm)	Density of veneer before impregnation (g/cm ³)	Resin impregnation ratio(%)
	Nominal thickness (mm)	Resin			
Korean pine	1.2	P/M	1.25/1.27 (1.26)	0.40/0.40 (0.40)	50.2/50.7 (50.5)
	2.4	P/M	2.58/2.38 (2.48)	0.45/0.45 (0.45)	28.0/28.1 (28.1)
	3.2	P/M	3.34/3.29 (3.32)	0.41/0.41 (0.41)	26.1/29.9 (28.0)
Larch	1.2	P/M	1.36/1.37 (1.37)	0.49/0.46 (0.48)	34.5/37.5 (36.0)
	2.4	P/M	2.28/2.39 (2.34)	0.51/0.53 (0.52)	21.9/26.0 (24.0)
	3.2	P/M	3.42/3.39 (3.41)	0.67/0.68 (0.68)	11.7/17.2 (14.5)
Radiata pine	2.4	P/M	2.37/2.38 (2.38)	0.35/0.35 (0.35)	81.7/55.6 (68.7)

Note) Numbers in front of '/' denote experiment values for phenolic resin(P) treatment, back value of '/' is that for melamine resin(M) treatment, and numbers in parentheses represent mean values for both resins.

가져왔다. 함침 수지별로는, 멜라민수지 함침이 페놀수지 함침보다 대부분 압밀성이 높았으며, 본 시험에 있어 고압력의 압체에 의하

여 압밀비가 13.4~31.2%에 달하였으며, 멜라민수지의 경우는 대체로 20% 이상의 양호한 압밀결과를 실현할 수 있음이 드러났다.

Table 2. Densification ratio of resin-impregnated veneers

Species of veneer	Thickness of veneer (mm)	Densification ratio(%)			
		Melamine resin		Phenolic resin	
		Pressing at low pressure	Pressing at high pressure	Pressing at low pressure	Pressing at high pressure
Korean pine	1.2	14.3 (△)	26.5 (○)	5.6 (×)	13.4 (△)
	2.4	14.9 (△)	20.3 (○)	8.9 (×)	17.4 (△)
	3.2	6.6 (×)	21.5 (○)	6.3 (×)	19.6 (△)
Larch	1.2	20.1 (○)	31.2 (○)	10.4* ¹ (△)	20.6 (○)
	2.4	15.6 (△)	18.3 (△)	10.5 (△)	20.3 (○)
	3.2	11.6 (△)	16.3 (△)	9.8 (×)	15.4 (△)
Radiata pine	2.4	6.2* ² (×)	22.2 (○)	13.7 (△)	14.0 (△)

Note) 1. *1 : Values in case of great variation of densification ratio

*2 : Pressing pressure of 30kgf/cm² was not surpassed.

2. Judgment of densification level : 10% below(×), 10% over~20% below(△), 20% over(○)

수지함침 단판을 오버레이한 합판의 밀도는 Table 3에서와 같이 0.51~0.67g/cm³였다. 한편, 함침단판만으로 5ply 구성을 하여 one-shot pressing한 합판은 그 밀도가 0.61~0.77g/cm³를 나타냈다.

수지함침한 다음, 數日 천연건조시킨 후 열기 건조기로 반건조하여 함수율을 조정한 단판을 합판(대판)에 2매 직교상태로 접착·열압시켜 오버레이한 합판과 全單板이 함침되어 구성된 합판(5ply)의 상태접착력은 Table 3에서 보는 바와 같이 멜라민수지를 함침한 합판 쪽이 페놀수지를 함침한 쪽보다 대체로 높았다. 이는 수지의 단판내로의 침투성과 건조에 따른 점성(tackiness)의 발휘정도에 따른 차이로 보여지며, 멜라민수지 함침이 함수율 조정에 의한 접착력 발휘에 유리한 편이었다.

한편, 판면의 색조에 있어 원래의 재색과 별 차이를 보이지 않은 쪽은 멜라민수지 함침이었고, 약간 담황색조를 띠는 쪽은 페놀수지 함침이었다. 내수접착력에 있어서도 기준접착력인 7.0kgf/cm²을 상회하는 양호한 접착력을 발휘하였으나, 표준편차가 다소 크게 나타난 것들이 눈에 띄었는데, 이것은 兩수지와 수종이 반건조 과정에서 함수율의 차이가 초래되어 점성이 달라짐으로써 접착력의 良否에 달리 영향을 준 결과에 기인한 것으로 여겨지며, 접착력이 발휘되는 적정한 점성상태로의 반건조가 one-shot pressing에 의한 대판(합판) 오버레이에 있어서 중요하게 작용함을 알 수 있었다.

Table 3. Density and Adhesive bonding strength of resin-impregnated veneer overlaid plywood

Type of Specimen	Types of overlaying plywood	Impreg- nating resin	Density(g/cm ³)		Tensile shear strength(kgf/cm ²)		Retention of bonding strength (%)
			Before pressing	After pressing	Dry test	Cyclic boiled test	
a	K1.2(∥)+2.4(⊥)	Melamine	0.51	0.53	21.8±6.4	7.0±4.7	32.1
b	K1.2(∥)+3.2(⊥)		0.52	0.53	20.8±2.6	12.0±2.8	57.7
c	K2.4(∥)+2.4(⊥)		0.52	0.51	18.2±4.5	11.1±6.4	61.0
d	K3.2(∥)+3.2(⊥)		0.53	0.52	14.3±4.4	8.7±4.0	60.8
e	L1.2(∥)+2.4(⊥)		0.55	0.58	18.9±7.0	9.5±4.1	50.3
f	L1.2(∥)+3.2(⊥)		0.55	0.67	21.5±4.2	11.5±3.3	53.5
g	L2.4(∥)+2.4(⊥)		0.54	0.59	21.5±6.0	15.9±2.7	74.0
h	L3.2(∥)+3.2(⊥)		0.52	0.58	19.3±5.4	8.6±3.5	44.6
i	R2.4(∥)+2.4(⊥)		0.50	0.53	16.4±2.5	13.8±3.2	84.1
j	K1.2(∥)+2.4(⊥)	Phenolic	0.50	0.54	8.2±6.1	7.1±5.4	86.6
k	K1.2(∥)+3.2(⊥)		0.52	0.54	14.8±5.2	6.2±5.3	41.9
l	K2.4(∥)+2.4(⊥)		0.51	0.56	20.7±4.3	11.0±3.5	53.1
m	K3.2(∥)+3.2(⊥)		0.52	0.51	15.7±5.9	10.3±8.3	65.6
n	L1.2(∥)+2.4(⊥)		0.50	0.53	14.2±7.5	7.3±8.3	51.4
o	L1.2(∥)+3.2(⊥)		0.51	0.65	20.4±4.0	8.3±6.4	40.7
p	L2.4(∥)+2.4(⊥)		0.51	0.54	10.1±6.4	6.7±3.5	66.3
q	L3.2(∥)+3.2(⊥)		0.52	0.61	15.5±4.1	7.1±6.3	45.8
r	K1.2(∥)+2.4(⊥)+2.4(∥)+2.4(⊥)+1.2(∥)	Melamine	-	0.66	14.8±6.7	8.7±4.3	58.8
s	K1.2(∥)+3.2(⊥)+2.4(∥)+3.2(⊥)+1.2(∥)	Phenolic	-	0.61	10.8±4.2	8.3±2.9	76.9
t	L1.2(∥)+3.2(⊥)+2.4(∥)+3.2(⊥)+1.2(∥)	Phenolic	-	0.77	11.8±7.2	10.4±4.9	88.1
R	Radiata pine (Base panel, No impregnation)		0.52		19.2±2.8	10.5±2.6	54.7

Note) 1. K : Korean pine, L : Larch, R : Radiata pine

2. Radiata pine(Based panel, No impregnation) : Adhesion of veneer thick. 2.4mm by phenolic resin & 5ply composition

그 중, 수지함침단판 오버레이합판에 있어서, 비교적 양호한 내수 접착력과 접착력잔존율을 나타낸 것은 멜라민수지를 함침한 낙엽송 또는 라디에타소나무 단판(共히 두께 2.4mm) 2매를 대판에 직교접착한 형태였다. 또한, 수지함침단판만으로 5ply 구성한 합판은 페놀수지 접착에 의한 내수접착성이 기준 접착력

을 상회하고 잔존율이 비교적 컸으며, 멜라민수지함침에 의한 접착력도 기준치 이상이므로 사용상 무난할 것으로 예견되었다.

한편, 수지함침단판 오버레이합판의 내마모성 및 표면거칠음은 Fig. 3 및 Fig. 4와 같았다. 마모감량은 0.52~1.30g로서, 함침수지별로 멜라민수지가 페놀수지보다 내마모성이 컸으며,

라디에타소나무 합판(비합침)과 비교 시 멜라민수지 함침의 내마모성이 대체로 더 컸다. 또한, 표면거칠음에 있어서, 수지함침·압착함

으로써 라디에타소나무 합판과 비교하여 대부분 평활성이 개선되는 양상을 보여주었다.

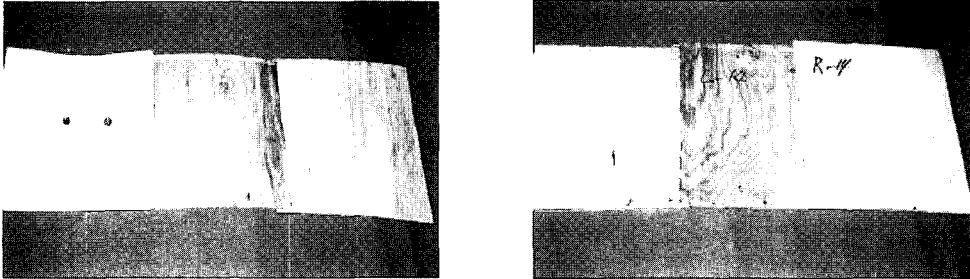


Fig. 2. Resin impregnated and densified veneer(left side) and resin impregnated-veneer overlaid plywood(right side)

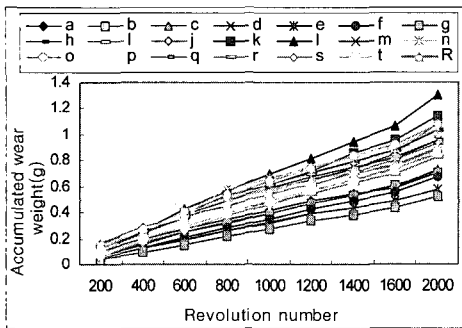


Fig. 3. Wear resistibility of resin impregnated veneer-overlaid plywood(left side).

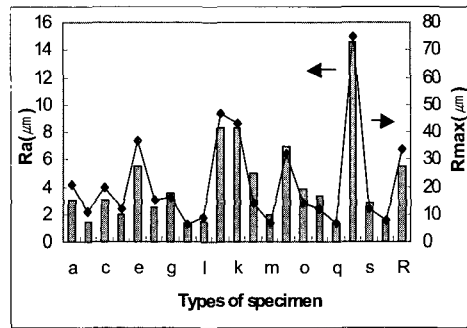


Fig. 4. Surface roughness of resin impregnated veneer-overlaid plywood(right side).

* The contents of the above a~R are same as specimen classification in Table 3

4. 결 론

본 연구에서는 침엽수 단판의 수지함침·압밀화에 의한 합판오버레이시험을 실시하였으며, 주요 결론은 다음과 같다.

1. 침엽수 단판의 수지함침 시험에 있어, 상압침지에 의한 단판의 수지함침성은 잣나무가 낙엽송보다 동일 단판두께에서 높았고, 함침수지별로는 멜라민수지가 페놀수지보다 함침성이 다소 높게 나타났다.

2. 단판의 밀도와 두께는 수지함침율과 연관이 있는 것으로 보여지며, 잣나무 단판두께 1.26mm에서 수지함침율이 최고치(멜라민수지 함침율 50.7%)를 나타냈고, 낙엽송 단판두께 3.41mm에서 최저치(페놀수지 함침율 11.7%)를 나타냈다. 따라서 낙엽송은 두꺼운 단판의 경우 진공·가압침지처리가 요구되었다.

3. 수지함침단판의 압밀화시험에 있어, 고압력 (15.6~20.8kgf/cm²)의 압체에 의해 압밀비가 13.4~31.2%에 달하였으며, 멜라민수지 함침이 페놀수지 함침보다 대체로 압밀성이 높았고 약 20% 이상의 압밀도를 실현하였다.
4. 수지함침단판을 열압기내에서 합판(대판)에 바로 압체·오버레이한 합판의 접착력은, 함침·반건조 후의 수지의粘稠성에 영향을 받는 것으로 여겨졌다. 따라서 본 실험에서는 멜라민수지 함침쪽이 함수율 조정에 의한 접착력 발휘에 유리한 경향을 나타냈다.

No.2 : 181-189

5. 井上雅文. 2001. 21世紀を木質資源の時代とするために(第9回)- 壓密化技術の現状と展望. 木材工業 56(5) : 245-249
6. 中小企業廳. 1986. 高機能を有する木質系部材の開発に関する研究(指定課題)- 高機能複合合板の開発

5. 참고문헌

1. Kawai, S., H. Sasaki, H. Inui, and K. Nakata. 1991. Phenolic resin-treated compressed laminated veneer lumber. Proceedings of the international symposium on chemical modification of wood, May 17~18. Kyoto: 118-123.
2. Kubota, M., K. Umehara, S. Kikuchi and Y. Hirabayashi. 1998. Manufacture of phenolic resin impregnated compressed wood by use of high-pressure steamed Japanese larch lumber and properties of the products. Journal of the Hokkaido Forest Products Research Institute 12(3) : 1-9
3. Yano, H., Mori, K., Collins, P.J. and Y. Yazaki. 2000. Effects of element size and orientation in the production of high strength resin impregnated wood based materials. *Holzforschung* 54: 443-447
4. 井上雅文, 尾形重行, 西川昌信, 大塚康史, 川井秀一, 則元 京. 1993. 메라민樹脂初期縮合物含浸處理材の寸法安定性, 力學的性質, および耐光性. 木材學會誌 Vol. 39,