

압체고주파진공건조에 의한 주요闊葉樹 무늬목 單板의 裏割과 끝말림 예방효과*¹

이남호*² · 최준호*² · 정희석*³

Effect of a Radio-frequency/Vacuum plus Press Drying Process of Some Hardwood Veneers for Decoration on Checking and End Waving*¹

Nam-Ho LEE*² · Jun-Ho CHOI*² · Hee-Suk JUNG*³

ABSTRACT

During a radio-frequency/vacuum plus press drying process of some hardwood veneers for decoration we investigated the effect of a grain and thickness of a veneer sheet on drying rates, variations of final moisture content within a bundle of veneer sheets, and formation of checking, end waving, and burning mark.

About thirty three hundreds sheet of veneer could be dried in sixty five hours from green to in-use moisture content, and a final moisture content was significantly effected by initial moisture content of veneer. There were nearly variations in a final moisture content among the veneer sheets in the same bundle.

A checking was never found in a edge-sliced veneer, and was very slight in a flat-sliced veneer of ash and red oak.

There were no end waving and no burning mark in all veneer sheets.

Keywords : decorative veneer, radio-frequency/vacuum plus press drying, checking, end waving, burning mark

*1 본 논문은 농림기술개발사업에 의하여 수행된 연구과제의 일부임.

*2 전북대학교 산림과학부 Division of Forestry Science, Chonbuk National University, Chonju 561-756, KOREA

*3 서울대학교 생물자원공학부 Division of Bioresources Engineering, Seoul National University, Suwon 441-744, KOREA

1. 서 론

지구상의 可用목재자원이 점점 低質化되어감에 따라 이들 저급자원은 주로 파티클보드, MDF, 합판 등 각종 목질판상재료로 가공하여 활용되고 있다. 이들 목질판상재료의 표면에 質感과 무늬가 아름다운 활엽수재를 두께 0.2~0.6mm 정도의 매우 얇은 단판으로 오버레이(overlay)하여 가구공작재나 악기용재 또는 건축내장재 등으로 활용하므로써 부가가치를 증진시키고 있다. 특히 최근 국내 마루판시장이 커지면서 무늬목 단판의 수요는 괄목할만한 성장을 보이고 있다.

무늬목 단판은 두께가 얇기 때문에 건조중에 수분경사에 기인하여 발생하는 활렬은 경미한 편이지만 수축에 기인한 裏割(checking)과 끝말림(end waving)의 발생이 심하다. 또한 건조중 고온에 노출될 경우 단판의 재색이 암색화(darkening)되거나 심할 경우 탄화되어 미관적 가치의 저하는 물론 접착성이 떨어지는 문제가 있다. 뿐만 아니라 초기건조속도가 느릴 경우 청변이나 갈변 등이 발생될 위험성이 대단히 높아 현재는 슬라이싱 직후 곧바로 포르말린 등과 같은 방미제를 다량도포하여 이를 피하고 있지만 이에 대한 규제가 점점 강화되고 있어 새로운 건조가공기술의 개발이 절실하다. 뿐만 아니라 기존의 熱氣나 熱板을 활용하는 단판이송식 건조의 경우 단판 한장 한장을 이송시키기 위한 작업은 매우 불편한 문제를 안고 있다.

무늬목 단판을 고주파진공건조할 경우 低溫으로 高溫의 효과를 얻을 수 있기 때문에(Perre 등 1995; Tcrazawa 등, 1998) 단판의 암색화 내지는 탄화를 막을 수 있고, 적정량의 단판 여러장을 다발묶음을 만들어서 실적(solid pile)할 수 있으므로 작업이 간단하다. 그리고 단판묶음 다발의 두께가 상당히 두껍다할지라도 고주파가열은 유전가열 방식이기 때문에 단판간의 최종습수를 변이를 줄일 수 있는 잇점이 있을 것으로 예측된다. Cividini(1995)는 건조중 단판의 재면에 대하여 수직방향의 압체력이 가해질 경우 끝말림을 비롯한 단판의 틀어짐 발생을 매우 효과적으로 억제할 수 있다고 보고한 바 있다. 그러나 아직 무늬목 단판묶음 다발의 압체고주

파진공건조(radio-frequency/vacuum plus press dryer; RF/V plus press dryer)의 특성에 대한 파악이 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 현재 우리나라에서 널리 이용되고 있는 활엽수 무늬목 단판 몇 종을 선정하여 압체고주파진공건조를 실시하면서 단판의 목리 또는 단판의 두께가 건조속도에 미치는 영향을 조사하고, 또한 묶음다발내 함수율분포, 이할, 끝말림 및 탄화의 예방 효과와 소요에너지 등을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 무늬목 단판의 준비

미국산 물푸레나무(ash), 빛나무(cherry), 레드오크(red oak)의 경우 슬라이싱한 곧은결 단판과 무늬결 단판을, 그리고 단풍나무(hard maple)의 경우는 곧은결 단판만을 무늬목 단판 생산업체로부터 각각 분양받아 -10℃의 저온저장고에 보관하며 시험에 활용하였다. 무늬목 단판의 두께는 단풍나무의 경우 0.2mm와 0.5mm로 구분하였고, 나머지 수종의 경우는 모두 0.2mm로 고정하였으며, 그 길이(섬유방향)는 모두 240cm 내외였다. 각 건조시험용 무늬목 단판의 두께, 폭, 초기함수율 및 수량은 Table 1과 같다.

2.2. 고주파진공건조장치와 건조조건

고주파진공건조기는 길이 274cm × 폭 102cm × 깊이 40cm 크기의 角形으로 상부덮개가 유연한 두께 3mm의 고무시트로 이루어져 있어 진공펌프가 작동할 경우 약 10,000kgf/m²의 압체력이 내부에 잔적된 무늬목 단판의 재면에 대하여 수직방향으로 가해지도록 설계되었다. 고주파발전기의 최대 출력은 7kW이고, 주파수는 13MHz로 고정하였으며, 8분-on 2분-off로 작동시켰다. 3개의 알루미늄 전극판을 배치하였는데, 이중 起電전극판을 중앙에 배치하여 양극전극판으로 활용하였고, 나머지 2개의 전극판은 양극전극판을 중심으로 상하에 각각 하나씩을 배치하여 접지전극판이 되도록 구성하였다(Figure 1).

Table 1. Thickness, width, initial moisture content(MC), and number of decorative veneer sheet for RF/V plus pressdrying test.

Species	Grain	Veneer		Initial MC(%)				No. of sheet(sheet)			
		Thickness (mm)	Width (cm)	Mean	⊕Shell	Core	⊖Shell	Total	⊕Shell	Core	⊖Shell
Ash	Edge	0.2	16~21	58.9	62.0	58.8	56.0	507	169	169	169
	Flat	0.2	23~23.5	83.2	82.7	79.4	87.6	207 ^{a)}	69	69	69
Cherry	Edge	0.2	16~17.5	83.7	90.2	83.1	77.8	462	154	154	154
	Flat	0.2	12~20	82.8	86.2	84.1	78.2	600	200	200	200
Red	Edge	0.2	13.5~17	41.4	42.5	45.8	335.9	408	136	136	136
Oak	Flat	0.2	17~20	51.0	41.5	57.8	53.8	318	106	106	106
Hard	Edge	0.2	13~20	101.7	104.8	96.4	103.9	603	201	201	201
Maple	Edge	0.5	17~24	91.2	102.4	94.3	76.9	171	57	57	57

Note : ^{a)}solid-packed with dummy veneer sheets

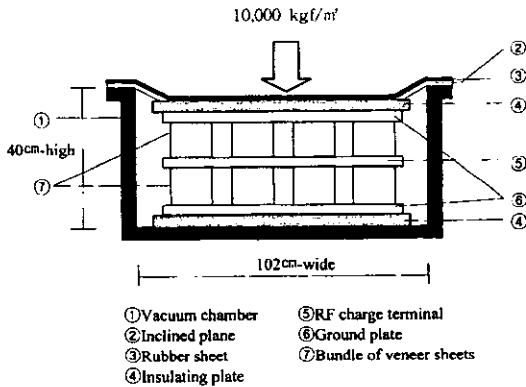


Fig 1. Cross sections of the RF/V plus press dryer.

수종, 목리 및 두께가 모두 같은 단판들만을 여러매 겹겹이 쌓아 약 12cm 두께의 단판묶음 다발로 만든 다음, 각 다발을 동일 로드에서 함께 잔적하되, 무늬결단판 묶음다발은 하단에, 그리고 곧은 결단판 묶음다발은 상단에 각각 잔적하였다. 단풍나무의 경우는 두께 0.2mm 단판 묶음은 하단에, 두께 0.5mm 단판 묶음은 상단에 배치하였다(Figure 2).

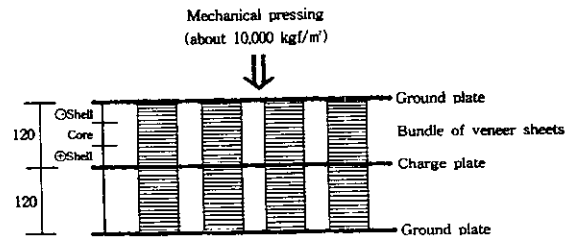


Fig 2. Piling of veneer sheets for the RF/V plus press drying test (unit;mm)

건조조건은 0~24시간 50℃, 24~48시간 55℃, 48~65시간 60℃로 설정하였다. 각 건조조건은 테프론코팅한 백금촉은저항체를 생재상태의 소재(solid wood)에 삽입한후 실리콘으로 밀봉하고, 유기전파를 필터링한후 재온으로 콘트롤하였다. 진공 펌프는 약 100 mmHg에서 ON, 약 40 mmHg에서 OFF되도록 작동시켰다.

2.3. 최종함수율과 건조속도 조사

건조종료후 각 단판묶음 다발을 다발의 두께 방향을 따라 ⊕표층, 중간층, ⊖표층으로 3등분한 다음, 각 층의 단판 한쪽 횡단면으로부터 10cm떨어진 부위에서 길이 5cm되게 최종함수율 조사용 시

시험편을 일괄 채취하여 전진무게와 최종함수율을 조사하고, 이것을 이용하여 초기함수율과 건조속도 등을 산출하였다(Figure 2).

2.4. 이할, 끝말림 및 탄흔 조사

건조종료후 각 단판목을 다발의 ⊕표층, 중간층, ⊖표층에서 단판 15매씩을 고르게 추출하여 이할, 끝말림 및 탄흔 조사용 시험편으로 활용하였다.

裏割은 각 단판의 재면에 나타난 할렬의 발생갯수와 발생길이를 조사하였고, 탄흔은 각 단판의 양재면상에 나타난 정도를 육안으로 관찰하여 없음, 경미, 보통, 심함 및 매우 심함 등 5단계로 평가하였다. 이할과 탄흔을 조사한 후 각 시험용 단판을 실내에 장기간 보관하여 조습처리한후 Figure 3의 a~d선상에서 각 측정선으로부터 후방 10cm 떨어진 부위를 일정하중으로 가압하면서 끝말림량측정자로 조사하였다(李, 1997; Lutz et al, 1974).

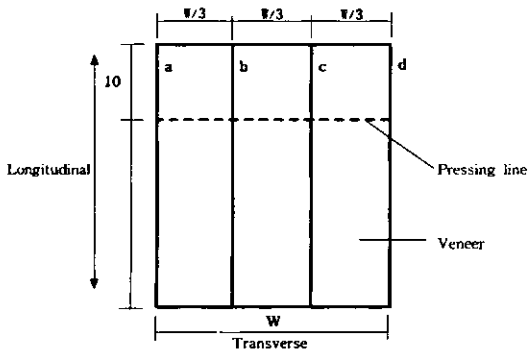


Fig 3. Method of end waviness of veneer sheet (unit : cm)

2.5. 소요전력량 조사

적산전력량계를 설치하여 건조중 소요되는 에너지를 측정하되 고주파발진에 소요되는 에너지와 기타 진공시스템과 전극판의 보온가열에 소요되는 에너지로 구분하여 조사한 다음, 수분 1kg증발에 소요되는 전력량, 함수율 1%감소당 소요되는 전력량 및 단판 1매건조에 소요되는 전력량으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 건조속도

무늬목 단판의 압제고주파진공건조시험중 소요된 건조시간과 건조속도 및 최종함수율의 분포를 Table 2에 나타내었다.

두께 0.2mm 무늬목 단판의 경우 수증과 목리에 관계없이 65시간만에 생재에서 평균함수율 9 ~ 12.2%까지 건조가 가능하였고, 단풍나무 두께 0.5mm 끈은결 단판의 경우는 동일한 건조시간 동안 함수율 15.5%까지 밖에 건조되지 않았다. 그러나 이 경우도 평균 건조속도는 1.17%/hr.로 두께 0.2mm의 다른 무늬목 단판들과 비교하여 결코 느린 편이 아니었다. 또한 초기함수율이 낮았던 물푸레나무의 끈은결 단판과 레드오크의 끈은결 단판 및 무늬결 단판의 경우 다른 단판들과 비교하여 건조속도는 느리지만 최종함수율이 더 낮은 것으로 미루어 보아, 결국 두께가 매우 얇은 무늬목 단판의 최종함수율은 초기함수율과 매우 밀접한 양(+)의 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

동일한 단판목을 다발내에서 층간 최종함수율 변이는 평균 최종함수율이 약 12%이하까지 건조되었던 무늬목 단판들에 있어서는 거의 없었다. 따라서 무늬목 단판을 생재두께 기준으로 12cm 정도 되도록 단판목을 다발을 만들어 고주파진공건조하더라도 묶음다발내의 모든 단판들이 거의 균일한 함수율을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 이것은 결과적으로 관행적인 열풍건조나 열판건조, 원적외선건조 등과 비교하여 무늬목 단판의 고주파진공건조는 잔적작업이 용이하고, 건조실 공간을 매우 밀도있게 활용할 수 있음을 의미한다.

물론 단풍나무 두께 0.5mm의 끈은결 단판의 경우 ⊕표층과 중간층, 그리고 ⊖표층간에 최종함수율 차이가 크게 나타났으나 건조시간을 좀더 연장하거나 건조조건을 강화할 경우 층간 최종함수율 변이는 크게 감소될 것으로 예상된다. 기전전극판과 가까운 위치에 잔적된 ⊕표층의 단판 함수율이 접지전극판측에 잔적된 ⊖표층의 단판 함수율보다 약 10%이상 높게 나타났는데, 이것은 함수율이 10%이하에 도달함에 따라 접지전극판측 또는 접지전극판과 기전전극판의 중간부위의 온도가 더

Table 2. Drying times, drying rates, and variations of final moisture contents(MC) along the thickness direction in a bundle of decorative veneer sheets.

Species	Grain	Thickness (mm)	Drying Times (hour)	Final MC(%)				Drying rates(%/hour)			
				Mean	⊕Shell	Core	⊖Shell	Mean	⊕Shell	Core	⊖Shell
Ash	Edge	0.2	65	10.9	11.3	10.5	11.0	0.74	0.78	0.74	0.69
	Flat	0.2	65	11.8	11.9	11.9	11.5	1.11	1.10	1.04	1.20
Cherry	Edge	0.2	65	12.2	11.5	12.2	12.9	1.10	1.21	1.09	1.01
	Flat	0.2	65	11.6	12.6	12.1	10.0	1.10	1.13	1.11	1.05
Red Oak	Edge	0.2	65	9.8	9.9	9.6	9.9	0.49	0.50	0.56	0.40
	Flat	0.2	65	9.0	8.9	8.9	9.3	0.65	0.50	0.75	0.69
Hard Maple	Edge	0.2	65	10.9	10.0	10.5	12.3	1.40	1.46	1.32	1.41
	Edge	0.5	65	15.5	20.0	17.0	9.4	1.17	1.27	1.19	1.04

높아지면서 이 부위에서 추가적인 건조가 이루어지기 때문이다(Trofatter 등, 1987).

동일 수종내에서 단판의 목리가 건조속도에 미치는 영향은 없었다.

3.2. 裂割

압제고주파진공건조중 각 무늬목 단판에 발생한 이할은 Table 3과 같다.

곧은결 단판의 경우 수종이나 두께 및 단판 묶음 다발내 층에 관계없이 이할이 전혀 발생하지 않았

다. 단풍나무 공칭두께 0.12mm(실두께 0.17mm) 곧은결 단판의 원적외선건조중 이할에 의해 손상되지 않는 단판의 비율이 34.6%에 불과한 것과 비교하면(정희석 등, 1999) 압제고주파진공건조에 의한 이할 예방효과는 원적외선건조 보다 유리한 것으로 나타났다. 이것은 압제고주파진공건조의 경우 건조중 무늬목 단판의 재면에 대하여 약 10,000kgf/m²의 압체력이 가해지므로 말미압아 단판의 횡단방향 수축이 크게 억제되면서 얻어진 결과로 생각된다.

무늬결 단판의 경우는 물푸레나무와 레드오크

Table 3. Percentages of veneer sheets non-defected by checks and total length of check on each veneer sheet during RF/V plus press drying.

Species	Grain	Thickness (mm)	Mean		⊕Shell		Core		⊖Shell	
			Frequency of non-defected veneer ^{a)} (%)	Total length (cm)	Frequency of non-defected veneer ^{a)} (%)	Total length (cm)	Frequency of non-defected veneer ^{a)} (%)	Total length (cm)	Frequency of non-defected veneer ^{a)} (%)	Total length (cm)
Ash	Edge	0.2	100	0	100	0	100	0	100	0
	Flat	0.2	95.6	0.30	93.3	0.60	93.3	0.30	100	0
	Edge	0.2	100	0	100	0	100	0	100	0
	Flat	0.2	100	0	100	0	100	0	100	0
Red Oak	Edge	0.2	100	0	100	0	100	0	100	0
	Flat	0.2	77.8	6.98	60	15.8	73.3	5.2	100	0
Hard Maple	Edge	0.2	100	0	100	0	100	0	100	0
	Edge	0.5	100	0	100	0	100	0	100	0

Note : ^{a)}(No. of non-defected veneer sheets)/(No. of total veneer sheets) x 100(%)

의 단판목음내 일부 층에서 경미한 수준의 이할이 발생하였다. 이것은 곧은결 단판은 폭방향인 데 비하여 무늬결 단판은 접선방향이므로 폭방향 수축이 곧은결 단판보다 상대적으로 크기 때문에 이할의 발생도 용이한 것으로 생각된다.

이할이 발생한 물푸레나무나 레드오크의 무늬결 단판의 경우도 단판목음내 표층의 단판에서는 이할이 전혀 발생하지 않았다. 이것은 단판목음내 잔적층에 따라 건조중 함수율감소가 균일하지 않는 것을 의미하는 것으로서 진공탱크내에 전자장이 균일하지 않거나 전극판에서 결로가 발생하고 있는 것으로 생각된다. Terazawa 등(1998)은 전극판에서의 결로를 예방하기 위해서 전극판과 피건조제사이에 합판 등의 재료를 삽입하거나 전극판을 열판으로 보존가열할 필요가 있으며, 단판목음의 다발두께가 클 경우에는 접지전극판과 기전전극판 사이에 전원을 공급하지 않는 중간전극판을 배치 하는 것이 바람직하다고 제안한 바 있다.

3.3. 끝말림

Table 4는 압체고주파진공건조중에 발생한 무늬목 단판의 끝말림 정도를 나타낸 것이다.

수종과 목리, 두께 및 단판목음내 잔적층에 관계없이 끝말림의 발생정도는 측정이 불가능할 정도로 매우 경미하였다. 이것은 건조중 무늬목 단판의 재

면에 대하여 수직방향으로 압체력이 가해지면서 단판의 횡단방향 수축이 크게 억제되는 등 끝말림을 유도할만한 요인들이 압체력에 의해 상쇄되어지기 때문인 것으로 생각된다. 특히 압체력에 의한 목재의 수축억제는 가소화효과(plasticizing effect)에 고온하에서 더욱 효과적이라는 Cividini(1995)의 보고에 비추어 본 시험에서 적용한 진공하에서의 50~65℃의 건조조건은 가소화효과를 충분히 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

단풍나무의 공칭두께 12mm(실두께 17mm)와 0.45mm(실두께 0.53mm) 곧은결 단판의 경우 원적외선건조중 상당한 끝말림이 발생한 것과 비교하여 불 때(정희석 등 1999)

압체고주파진공건조가 무늬목 단판의 끝말림 예방에 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

3.4. 炭痕

Table 5는 압체고주파진공건조중 무늬목 단판에 발생한 탄흔의 정도이다.

수종과 목리, 두께 등에 관계없이 어떠한 단판에서도 압체고주파진공건조중에는 탄흔이 발생하지 않았다. 고주파진공건조의 경우 물의 끓는점이 낮아 저온의 건조조건으로도 고온의 효과를 얻을 수 있기 때문에 본 시험에서는 건조말기에도 재온을 65℃이하로 유지하므로써 건조중 熱변색을 예방할 수 있었던 것으로 판단된다.

Table 4. End waviness of veneer sheet during RF/V plus press drying.

Species	Grain	Thickness(mm)	End waviness(mm)		
			⊕Shell	Core	⊖Shell
	Ash	Edge	0.2	None	None
	None	Flat	0.2	None	None
None	Cherry	Edge	0.2	None	None
	None	Flat	0.2	None	None
None	Red Oak	Edge	0.2	None	None
	None	Flat	0.2	None	None
None	Hard Maple	Edge	0.2	None	None
	None	Edge	0.5	None	None

Table 5. Burning mark on the veneer sheets during RF/V plus press drying.

Species	Grain	Thickness (mm)	Frequency of burned veneer(%) ¹⁾				
			None	Slight	Ordinary	Severe	Very severe
Ash	Edge	0.2	100	-	-	-	-
	Flat	0.2	100	-	-	-	-
Cherry	Edge	0.2	100	-	-	-	-
	Flat	0.2	100	-	-	-	-
Red Oak	Edge	0.2	100	-	-	-	-
	Flat	0.2	100	-	-	-	-
Hard Maple	Edge	0.2	100	-	-	-	-
	Edge	0.5	100	-	-	-	-

Note : ¹⁾ (No. of burned veneer sheets)/(No. of total veneer sheets) × 100(%) - 0 (zero)

3. 5. 소요전력량

무늬목 단판의 압채고주파진공건조중 소요된 총전력량과 수분 1kg증발에 소요된 비에너지, 함수율 1%감소당 소요된 비에너지 및 시간당 소요된 비에너지 등을 Table 6에 나타내었다.

두께가 0.2mm 또는 0.5mm이고 폭 12~24cm, 길이가 240cm내외인 단판 3276매를 생재에서 이용함수율 수준까지 건조하는데 소요된 총전력량은 389.4kWh로서 고주파 발전에 247.7kWh, 기타 진공펌프와 전극판의 보온가열시스템 가동에 141.7kWh가 각각 소요되어 총소요전력량의 약 64%가

고주파발전기에 사용되었다. 단판 1매당 사용된 전력량은 0.12kWh이었다.

또한 물 1kg을 증발시키기 위해서 고주파발전기에 소요된 비에너지는 2.57kWh/kg · H₂O로서 두께 101mm각재의 1.29kWh/kg · 물(Zwick 등, 1995)보다 높았다. 이것은 본 시험에 사용된 건조기가 실험용 소형인데다 건조기내에 잔적공간을 충분히 활용하지 못하였고, 고주파발전기의 냉각을 위해 송풍팬이 전건조기간 내내 가동되었기 때문인 것으로 생각된다.

Table 6. Electrical energy consumption and specific electrical energy during RF/V plus press drying test.

System	Evaporation of water (kg)	MC(%)		Total veneer sheet (sheet)	Total energy consumption (kWh)	Specific electrical energy		
		Initial	Final			kWh /kg · H ₂ O	kWh /%MC	kWh /veneer
RF generator	-	-	-	-	247.7	2.57	3.96	0.08
Others ¹⁾	-	-	-	-	141.7	1.47	2.26	0.04
Total	96.32	74.2	11.5	3276	389.4	4.04	6.21	0.12

Note : ¹⁾Vacuum pump and heating system of aluminum electrode plates

4. 결 론

현재 우리 나라에서 널리 이용되고 있는 활엽수 무늬목 단판 몇 종을 선정하여 압체고주파진공건조를 실시하면서 단판의 목리 또는 단판의 두께가 건조속도와 단판뭉음의 잔적층별 함수율분포에 미치는 영향을 조사하고, 또한 이할, 끝말림 및 탄화의 예방 효과등에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 생재에서 이용함수율수준까지 단판 3276매를 압체고주파진공건조하는데 소요된 시간은 65시간이었고, 단판의 최종함수율은 단판의 두께나 목리보다는 초기함수율의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.
2. 단판뭉음 두께 약12cm의 다발뭉음내에서는 잔적층간에 최종함수율의 변이가 거의 없었다.
3. 이할은 곧은결 단판에서는 전혀 발생하지 않았고, 일부 무늬결 단판에서만 경미하게 발생하여 단판의 두께보다는 목리의 영향이 큰 것으로 나타났다.
4. 끝말림과 탄흔은 수종과 단판의 목리와 두께 등에 관계없이 전혀 발생하지 않았다.
5. 수분 1kg증발에 소요된 비에너지는 4.04kWh/kg · H₂O이었고, 단판1매당 소요된 비에너지는 0.12kWh/단판1매 이었다.

5. 참 고 문 헌

1. 寺澤 眞 등. 1998. 木材 高周波眞空乾燥. 海靑社: 90-92
2. 이남호. 1997. 무늬목단판의 원적외선건조 특성, 한국목재공학회지 25(4): 22~28
3. 정희석 등. 1999. 주요 침엽수 구조용 제재와 특수용재의 압체식 고주파진공건조기술 개발. 농림부연구보고서:174-194

4. Cividini, R. 1995. Timber straightening and shrinkage tests in vacuum-press plus dryer. Proceedings of International Conference on Wood Drying. Technical University in Zvolen, Slovak Republic: 231-236
5. Loehnertz, S.P. 1988. A continuous press dryer for veneer. For. Prod. J.38(9):61-63
6. Lutz, J.F., H.Habermann, and H.R. Panzer. 1974. Press-drying green flatsliced walnut veneer to reduce buckling and end waviness. For. Prod. J. 24(5):29-35
7. Lutz. 1978. Wood veneer : Log selection, cutting, and drying. USDA Tech. Bull. No. 1577:70-86
8. Maht, J. and R.R h.1995. Introduction of total quality management tools in vacuum drying of veneer. Proceedings of International Conference on Wood Drying. Technical University in Zvolen, Slovak Republic:172-181
9. Perre, P., P. Joyet, and D. Aleon. 1995. Vacuum drying: Physical requirements and practical solutions. Proceedings of International Conference on Wood Drying. Technical University in Zvolen, Slovak Republic:7-34
10. Sommer, J.A. 1993. Softwood veneer drying as shown for radiata pine. Proc. of International, Seminar on Manufacturing and Use of Softwood Plywood:1-24
11. Trofatter, G.R.A. Hsrris, J.Schroeder, M.A. Taras. 1986. Comparison of moisture content variation in red oak lumber dried by a radio-frequency/vacuum process and a conventional kiln. Forest Products Journal 36(5):25-28
12. Zwick. R.A. and S. Avramidis. 1995. The commercial viability of radio-frequency/vacuum drying of softwoods. Proceedings of drying pacific Northwest species for quality markets in Bellevue, Washington. USA.: 87-94