

## 무늬목 단판의 원적외선 건조 특성\*1

이 남 호\*2

# The Characteristics of Far - infrared Radiation Drying of Decorative Veneer\*1

Nam - Ho Lee\*2

### ABSTRACT

This research was carried out to obtain the fundamental data for the development of the technology and practical use of far-infrared radiation(IR) drying of quarter-sliced decorative veneers of walnut and red oak.

The average drying rates of IR drying were about one and half to four times those of kiln drying and this tendency was prominent in thin veneer.

The end wavinesses of the IR-dried veneers were smaller than those of kiln-dried veneers. These were largely recovered by the cold treatments after drying.

The consumed electric power for IR drying was about one-fifth to two-fifths compared to that for kiln drying.

**Keywords** : Far-infrared radiation drying, decorative veneer, end waviness, electric power

### 1. 서 론

지구환경 보존에 대한 목소리가 날로 커지면서 熱帶材 벌채에 대한 규제가 더욱 강화되고 있는 실정이다. 이에 따라 열대재를 비롯한 각종 外來 導入 樹種의 원목가격이 급등하고 있기 때문에 해외 목재자원에 대한 의존도가 약 87%에 달하는 우리 나라의 목재가공산업으로서 국제 경쟁력을 提高하기 위한 대책 마련이 시급하다. 그래서 최근 針葉樹材 이용, 材質이 우수하고 무늬가 아름다운 수종의 高密化 이용, 목재의 耐久年限 증진 및 생산원가

절감 등을 위한 기술 개발에 많은 관심이 집중되고 있다.

특히 低質 폐잔재로 제조된 각종 목질판상재료나 칩엽수 合板 등의 표면에 질감과 무늬가 아름다운 활엽수 무늬목단판을 오버레이(Overlay)하여 가구공작재나 악기용재 또는 건축내장재 등의 主材料로 활용하므로써 부가가치를 증진시키고자하는 시도가 국내외적으로 활발히 진행되고 있으나, 이들 가공공정의 필수 기본공정인 무늬목단판의 乾燥工程은 아직도 天然乾燥에 의존하거나 對流나 傳導에 의한 熱傳達 방식(정, 1979; Lutz, 1974; Mahút, 1995; Tschernitz, 1985)에 국한되어 이루어짐으로써 무늬목단판의 손실량과 에너지비용의 상승 및

\*1 접수 1997년 9월 11일 Received September 11, 1997

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

\*2 전북대학교 농과대학 College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

단판의 품질저하 등이 초래되고 있다.

본 연구에서는 목재를 구성하고 있는 세포벽 물질과 수분이 기본적으로 적외선 활성물질인 점에 근거하여(안 등, 1993) 遠赤外線(Far-infrared rays)을 照射시켜 목재 단판을 가열하는 이른바 放射 열전달 방식을 도입한 무늬목단판 건조기술을 개발코저 한다.

放射에 의한 열전달 방식은 목재단판 건조에 있어서 지금까지 관행적으로 적용되어 왔던 對流나 傳導방식과 비교하여 첫째, 목재단판의 주변 공기를 가열시키지 않고 직접 목재단판에 에너지를 투입하기 때문에 주변 공기를 가열하거나 가열된 공기의 배출에 따르는 熱損失이 全無하여 에너지를 크게 절약할 수 있을 뿐 아니라, 둘째, 단판의 표면과 高溫의 放射體가 직접 접촉되지 않는 비접촉 傳熱이기때문에 熱風이나 熱板에 의한 단판건조에서 항상 문제점으로 지적되고 있는 단판 표면의 炭化현상을 예방할 수 있어 단판의 接着性 등을 향상시킬 수 있고, 셋째, 단판 표면과 원적외선 방사체간에 熱抵抗界面이 존재하지 않기 때문에 단판의 部位間 온도차가 거의 발생하지 않아 最終含水率의 균일화를 꾀할 수 있으며, 넷째, 또한 단판의 온도 상승속도를 건조말기에도 건조초기와 거의 같게 유지할 수 있기 때문에 건조 소요시간을 단축할 수 있어 設備를 보다 콤팩트하게 배치할 수 있는 이점이 있을 것으로 기대된다(안 등, 1993; 최 1993).

본 연구에서는 산업현장에서 널리 쓰이고 있는 미국산 호도나무(Walnut)와 적참나무(Red oak)의 柁木슬라이싱(Quarter slicing) 무늬목단판에 대한 원적외선 건조(Far-infrared Radiation Drying: IR Drying)특성을 조사하여 관련 기술의 개발과 무늬목단판용 원적외선 건조장치의 실용화에 필요한 자료를 얻고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 무늬목단판의 준비

미국산 호도나무(Walnut)와 적참나무(Red oak) 원목으로부터 柁木슬라이싱한 무늬목단판을 시중 무늬목단판 생산업체에 주문하여 확보하였다. 무늬목단판의 두께(접선방향)는 호도나무의 경우 0.12mm와 0.27mm로, 적참나무의 경우 0.27mm로 구분하였고, 실제 두께는 종이 두께측정기로 0.001mm 수준까지 측정하였다. 무늬목단판의 폭(방사방향)과 길이(섬유방향)는 각각 30~35cm와 197~249cm의 범위이었다. 각 무늬목단판으로부터 폭 30cm×길이 34cm 크기의 열기건조시험용 단판과 원적외선건조시험용 단판을 각각 앤드매치시켜 절편하되, 그 사이에서 폭 3cm의 초기함수율조사용 단판을 준비하였다

(Fig. 1). 각 건조시험용 단판들은 시험에 사용되기 전까지는 비닐랩에 밀봉하여 약 4℃ 정도의 냉동고에 보관하였다. 각 건조시험에 사용된 무늬목단판의 평균 두께, 수량 및 초기함수율은 Table 1과 같다.

### 2.2 열기건조시험

열기건조시험에 사용된 열기건조실은 폭 100cm×깊이 180cm×높이 80cm 크기의 증기가열식으로 열풍의 순환은 片循環방식이었다. 무늬목단판은 건조중 단판의 끝말림현상(End Waving)을 최대한 억제하기 위하여 섬유방향의 양 끝을 인장스프링으로 클램핑하여 팽팽하게 유지시킬 수 있도록 제작한 무늬목단판 건조틀에 잔적하였다. 이때 前後 인접 단판사이에는 5cm 폭의 열기유동통로를 두었다. 열기건조시험 조건은 예비실험 결과에 근거하여 건조온도 130℃, 풍속은 3m/sec를 유지시켰다. 건조실내 열기의 온도가 130℃에 도달하면 건조시험용 단판들이 잔적되어 있는 무늬목단판 건조틀을 건조실내

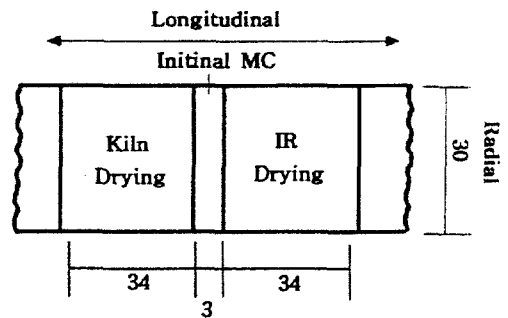


Fig. 1. The preparations of decorative veneers for kiln- and IR - drying test (unit : cm).

Table 1. The average thickness, number of sheets and initial MC of the decorative veneers for kiln- and IR-drying test.

Drying	Walnut		Red oak
	0.12mm	0.27mm	0.27mm
<b>Kiln Drying</b>			
Avg. thickness(mm)	0.131	0.244	0.260
Std.	0.006	0.015	0.026
Number(sheet)	38	40	38
Initial MC(%)	42.1	67.8	29.6
<b>IR Drying</b>			
Avg. thickness(mm)	0.129	0.241	0.261
Std.	0.007	0.015	0.006
Number(sheet)	38	40	38
Initial MC(%)	43.5	69.5	31.7

Table 2. Drying conditions for kiln- and IR-drying of decorative veneers.

Veneer	Kiln Drying		IR Drying	
	DBT (°C)	Time (sec)	Plate Temp. (°C)	Time (sec)
Walnut				
0.12mm thick	130	120	180	30
0.27mm thick	130	120	190	90
Red oak				
0.27mm thick	130	120	190	50

로 옮겨 건조를 개시하여 120초 동안 열기건조하였다 (Table 2).

### 2.3 원적외선건조시험

원적외선 방사체는 판넬형으로서 정격전압과 정격소비 전력이 각각 380V와 25Kw이고, 1枚의 유효방사면적은 60×245mm로서 상·하부에 각각 21매씩이 설치되어 있다. 상·하 방사체 사이에는 무늬목단판을 고정시킬 수 있도록 설계된 클램핑장치가 부착되어 있다. 또한 ±0.5°C 精度를 가진 비접촉식 적외선온도센서를 장치의 상부에 부착하여 건조중 단판의 표면온도 측정이 가능하도록 구성하였으며, 상·하부 방사체간의 거리와 클램핑장치간의 거리는 조절이 가능하도록 설계되어 있다(Fig. 2). 본 시험에서는 상·하부 방사체간의 거리를 30cm로 하였다.

각 무늬목단판의 원적외선건조조건은 원적외선 방사체의 온도와 건조시간으로 콘트롤하였으며, 원적외선방사

체가 설정온도에 도달한 직후에 건조시험용 무늬목단판을 방사체사이에 투입하여 일정시간 동안 건조하였다. 각 무늬목단판별 건조온도와 건조시간은 예비실험을 통하여 얻어진 자료를 건조재의 품질과 함수율 약 5%까지 도달 하는데 소요된 시간을 검토하여 결정하였다. 호노나무 0.12mm 단판은 방사체온도 180°C에서 30초 동안 건조하였고, 0.27mm 단판은 190°C에서 90초 동안, 그리고 적 참나무 두께 0.27mm 단판은 190°C에서 50초 동안 각각 건조하였다(Table 2).

### 2.4 건조속도와 최종함수율의 변이 조사

건조종료 직후 열기건조 시험에서는 각 무늬목단판의 두께별로 임의로 선정된 5매씩을, 그리고 원적외선건조 시험의 경우는 모든 단판에 대하여, 각 무늬목단판당 9개의 지점의 함수율을 유전율식 함수율계를 이용하여 측정하여(Fig. 3). 각 부위간 함수율의 변이와 단판의 평균 최종함수율 및 건조속도를 계산하였다.

### 2.5 무늬목단판의 끝말림, 炭痕 및 소요전력량 조사

건조종료 직후와 건조후 4°C 상태에서 장기간 냉각한 후에 모든 건조시험 무늬목단판에 대하여 끝말림을 Fig. 4의 a~d 선상에서 각 측정선으로부터 후방 10cm떨어진 부위를 일정하중으로 가압하면서 말림량측정자로 조사하였다.

한편 탄흔은 건조종료 직후 단판의 표면에 나타난 정도를 육안으로 관찰하여 없음, 경미, 보통, 심함 및 매우 심함 등 5단계로 평가하였으며, 소요전력량은 적산전력량계를 설치하여 열기 또는 방사체를 설정온도까지 상승시

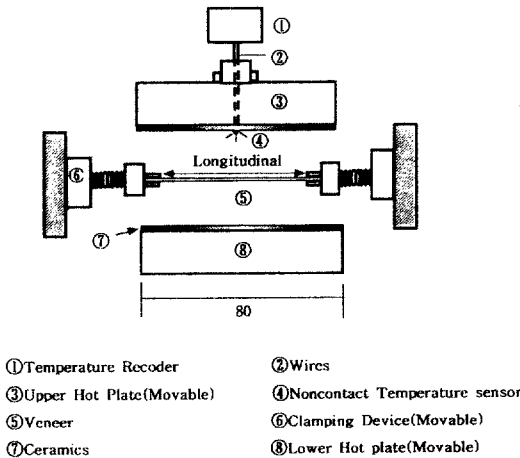


Fig. 2. The side views of IR dryer for the decorative veneer (unit : cm).

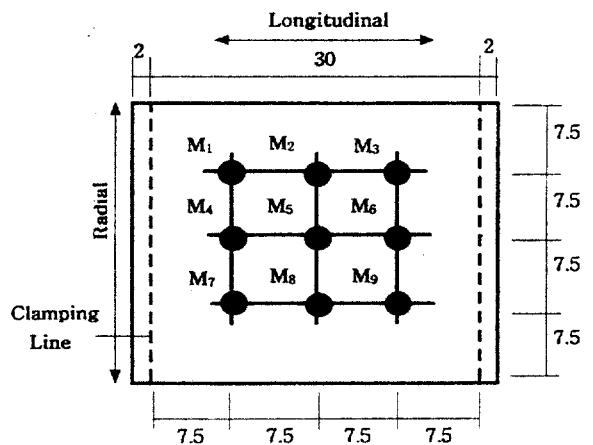


Fig. 3. The measuring points(M<sub>1</sub> ~ M<sub>9</sub>) for final MCs on the decorative veneer after drying tests(unit : cm).

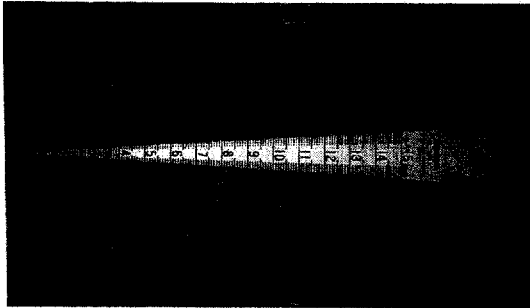
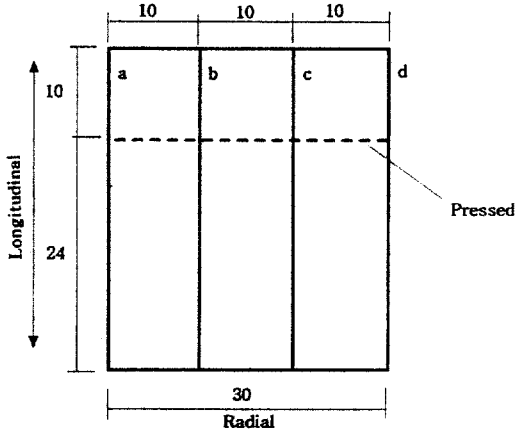


Fig. 4. The measuring points(a~d) <above> and the ruler <below> of the end waviness after drying tests and cold treatment at 4℃ (unit : cm).

키는데 소요되는 전력량과 무늬목단판을 잔적하여 건조시키는데 소요되는 전력량으로 각각 구분하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 건조속도와 최종함수율의 변이

Table 3. The drying times and drying rates during kiln- and IR-drying and the average final MCs within a veneer after kiln- and IR-drying.

Drying	Species	Veneer Thickness (mm)	Initial Heating Times (min.)	Drying Times (sec)	Drying Rates (%/sec)	Final MCs (%) <sup>*1</sup>			
						Min.	Mean.	Max.	Std.
Kiln-drying	Walnut	0.12	99	120	0.31	4.0	4.4	5.0	0.32
		0.27	99	120	0.53	4.3	4.5	4.9	0.19
	Red oak	0.27	99	120	0.21	4.4	4.7	5.1	0.21
IR-drying	Walnut	0.12	15	30	1.29	4.6	4.8	5.0	0.14
		0.27	18	90	0.72	4.3	4.4	4.6	0.12
	Red oak	0.27	18	50	0.54	4.4	4.7	5.1	0.21

Note : <sup>\*1</sup> The data represent the final MCs within a veneer.

무늬목단판의 수종별, 두께별 열기건조 및 원적외선건조 소요시간과 건조속도 및 단판내 부위간 최종함수율의 변이는 Table 3과 같다.

호도나무 두께 0.12mm 무늬목단판 원적외선건조의 경우 초기함수율 43.5%에서 개시하여 30초만에 4.8%까지 건조된 반면에 열기건조의 경우 초기함수율 42.1%에서 4.4%까지 건조되는데 120초가 소요되었다. 호도나무 두께 0.12mm와 0.27mm 및 적참나무 두께 0.27mm 무늬목단판의 평균 열기건조속도는 각각 0.31%/sec, 0.53%/sec 및 0.21%/sec인 반면에, 평균 원적외선 건조속도는 각각 1.29%/sec, 0.72%/sec 및 0.54%/sec로 열기건조의 약 1.5~4배 정도까지 빠르게 나타났다. 특히 熱氣나 방사체를 초기 설정온도까지 상승시키는데 소요된 시간이 각각 99분과 15~18분인 점을 감안해 볼 때 원적외선건조에 의한 건조시간 단축효과는 매우 큰 것으로 나타났다. 이렇게 원적외선건조속도가 빠른 원인은 境膜傳熱抵抗이 작기 때문에 원적외선 방사에너지의 傳熱속도가 빠를 뿐아니라, 방사체의 온도가 주변공기의 온도에 비해서 높기 때문에 건조온도가 상승해도(한, 1992·1993) 잠열의 감소가 열기건조보다 작기 때문이라 사료된다. 호도나무 무늬목단판의 경우 원적외선건조에 의한 건조속도 증진효과는 두께 0.27mm에서 보다는 두께 0.12mm에서 훨씬 우수한 것으로 나타났는데, 피가열체의 두께가 얇을수록 원적외선의 침투력이 크기 때문인 것으로 생각된다(한, 1992). 동일 무늬목단판내의 각 부위간 최종함수율은 모두 4.0~5.1%의 범위를 보여 열기건조나 원적외선건조간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 다만 표준편차값이 원적외선건조의 경우 0.12~0.21로서 열기건조의 0.19~0.32보다 작게 나타나 부위간 최종함수율의 변이가 상대적으로 균일한 것으로 평가되었다. 본 연구에서 사용한 무늬목단판의 표면적이 불과 0.1m<sup>2</sup>로 매우 작았기 때문에 원적외선건조에 의한 최종

함수율의 균일화 효과를 보다 확실하게 드러나지는 않았지만 건조할 무늬목단판의 표면적이 클수록 그 효과는 뚜렷할 것으로 기대된다. 이는 열기건조의 경우 열기의 배분에 따라 단판의 수분증발이 큰 영향을 받는 반면에 원적외선건조의 경우는 단판의 표면과 방사체간에 열저항면이 존재하지 않아 단판의 부위간 온도차가 거의 발생하지 않기 때문인 것으로 사료된다.

### 3. 2 무늬목단판의 끝말림과 탄흔

열기건조시험용 단판과 원적외선건조시험용 단판의 건조종료 직후와 냉각처리 직후의 끝말림량을 Table 4에 나타내었다.

열기건조와 원적외선건조 직후 무늬목단판의 최대 끝말림량은 호도나무 두께 0.12mm 단판의 경우 각각 26.4mm와 6.0mm이었고, 호도나무 두께 0.27mm 단판은 9.2mm와 8.6mm, 적참나무 두께 0.27mm 단판은 각각 3.8mm와 2.7mm로서 원적외선건조의 경우가 열기건조 보다 작게 나타났다. 특히 두께가 얇은 0.12mm 호도나무 단판에서는 원적외선건조 무늬목단판의 최대 끝말림량이 열기건조의 약 1/4에 불과하였다. 이는 원적외선의 경우 열기건조와 비교하여 단판내 부위간 건조속도를 균일하게 유지할 수 있으므로써 단판내 부위간 불균일 수축이 어느 정도 억제되었기 때문인 것으로 생각된다.

그리고 건조후 4℃에서 장기간 냉각처리함으로써 최대 끝말림량이 건조방법이나 무늬목단판의 종류에 관계없이 대부분의 경우 상당히 복원되었다. 특히 두께 0.12mm 호도나무 무늬목단판에서는 냉각 처리에 의한 최대 끝말림량의 복원이 10.9mm 정도에 이르렀으며, 원적외선건조한 두께 0.27mm 적참나무 무늬목단판에서는 냉각처

리후 최대 끝말림량이 불과 0.9mm로서 거의 없었다. 이는 냉각처리 기간 동안 무늬목단판이 조습되면서 단판의 부위간 최종함수율이 균일화되어 끝말림량의 복원이 이루어진 것으로 생각된다.

건조 직후의 각 무늬목단판의 탄흔 정도를 육안으로 조사한 결과는 Table 5와 같다.

모든 무늬목단판에서 탄흔은 나타나지 않았다. 열기건조의 경우는 건조온도가 130℃로써 높지 않은 편이었으나, 원적외선건조조건은 방사체의 온도가 180~190℃로 높은 편이었음에도 불구하고 방사체와 무늬목단판이 직접 접촉하지 않는 비접촉傳熱(안 등, 1993)에 의해서 에너지가 투입되기 때문에 전혀 탄흔이 나타나지 않은 것으로 생각된다. 따라서 무늬목단판의 원적외선건조방식은 탄흔 없이 高溫의 적용이 가능하므로써 건조시간의 단축과 본래의 材色유지 및 접착성 저하 예방 등의 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 3 전력소요량

열기건조 및 원적외선건조중 소요된 전력소요량을 열기 또는 방사체를 초기 설정온도까지 상승시키는데 소요되는 전력량과 두께 0.12mm 호도나무 단판과 두께 0.27mm 적참나무 단판은 38매를, 그리고 두께 0.27mm 호도나무 단판은 40매를 건조시키는데 소요되는 전력량을 Fig. 5에 나타내었다. 열기건조의 경우 건조기내 공기를 초기 설정온도인 130℃까지 상승시키는데 14.7~15.3Kwh 정도의 전력이 소모된 반면에 원적외선건조의 경우 방사체를 180℃ 또는 190℃까지 상승시키는데 1.40~1.88Kwh로 열기건조의 약 1/10에 불과하였다. 반면에 무늬목단판 38매 또는 40매를 건조시키는데 소요된

Table 4. The end waviness of decorative veneers after drying test and cold treatment at 4℃.

Drying	Species	Veneer thickness (mm)	Average end waviness (mm)					
			a	b	c	d	Max	Mean
Kiln-drying	Walnut	0.12	0.8 (0.7)	5.2 (4.8)	6.4 (5.8)	25.9 (15.6)	26.4 (15.6)	9.6 (6.7)
		0.27	2.1 (8.1)	4.0 (4.2)	4.1 (3.4)	6.0 (3.2)	9.2 (9.5)	4.2 (4.8)
	Red oak	0.27	0.6 (0.5)	2.4 (2.0)	2.5 (2.0)	1.9 (1.6)	3.8 (3.1)	2.0 (1.7)
		IR-drying	Walnut	0.12	1.1 (0.5)	2.4 (1.8)	2.0 (1.4)	5.6 (5.9)
IR-drying	Walnut	0.27	4.7 (3.4)	2.6 (2.5)	3.0 (3.5)	7.2 (2.1)	8.6 (5.0)	4.5 (3.0)
		Red oak	0.27	1.6 (0.4)	1.2 (0.3)	1.4 (0.3)	1.3 (0.7)	2.7 (0.9)

Note ; The data in the parentheses represent the end wavinesses after cold treatment at 4℃.

Table 5. The degree of burning for the kiln- and IR-dried decorative veneers.

Drying	Species	Veneer thickness (mm)	Burned (%) <sup>*1</sup>				
			None	Slight	Ordinary	Severe	Very severe
Kiln-drying	Walnut	0.12	100	0	0	0	0
		0.27	100	0	0	0	0
	Red oak	0.27	100	0	0	0	0
IR-drying	Walnut	0.12	100	0	0	0	0
		0.27	100	0	0	0	0
	Red oak	0.27	100	0	0	0	0

Note: <sup>\*1</sup> Number of sheets of burned veneer/Total number of sheets of veneer × 100(%).

전력량은 열기건조의 경우 0.40Kwh 정도인데 비하여 원적외선건조의 경우 1.90~4.80Kwh로 열기건조보다 약 5~12배정도 많이 소모되었다. 이는 본 시험에서 사용한 원적외선건조장치는 1회에 무늬목단판 1매만을 건조시킬 수 있는 斷續式이었기 때문인 것으로 생각되며, 콘베어 형식의 연속식장치를 활용할 경우 전력소모량을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 초기가열에 소요된 전력량과 무늬목단판 38매나 40매를 건조시키는데 소요된 전력량을 합산한 총 소요전력량은 원적외선건조의 경우는 3.30~6.68Kwh로 열기건조의 15.10~15.70Kwh와 비교하여 1/5~2/5정도밖에 소모되지 않았다. 이는 주변 공기를 가열하거나 가열된 공기의 배

출에 따른 열손실이 없기 때문에 (안 등, 1993; 한, 1992·1993) 에너지를 크게 절약 할 수 있었던 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

미국산 호도나무와 적참나무의 정목(柁木) 슬라이싱 무늬목단판에 대한 원적외선건조 특성을 조사·분석하여 단판건조에 소요되는 에너지 절감, 건조시간의 단축, 끝말림과 탄흔의 예방 및 부위간 최종함수율의 균일화를 위한 기술개발에 기여하고, 아울러 무늬목단판용 원적외선 건조장치의 실용화에 필요한 자료를 얻고자 본 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 평균 원적외선건조속도는 평균 열기건조속도의 약 1.5배~4배정도 빨랐고, 원적외선건조에 의한 건조속도 증진 효과는 무늬목단판의 두께가 얇을수록 크게 나타났다.
2. 동일 무늬목단판내 부위간 최종함수율은 원적외선 건조의 경우 약간 더 균일하였다.
3. 무늬목단판의 끝말림량은 원적외선건조의 경우가 열기건조에 비해서 작았고, 건조후 냉각처리에 의해 단판의 끝말림이 상당량 복원되는 것으로 나타났다.
4. 원적외선건조와 열기건조 모두 무늬목단판의 탄흔은 발생하지 않았다.
5. 원적외선 건조중 소요된 총 전력소요량은 열기건조중 소모된 총 전력소요량의 약 1/5~2/5에 불과하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 木材燻孝, 1987, 食品工業への원적외선가열의利用 -시스템開發と新しい考え方- 食品と開發 22(8)

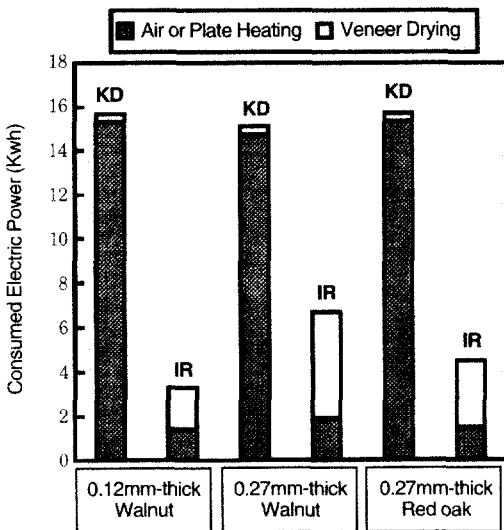


Fig. 5. The consumed electric power during air or plate heating and veneer drying.

Notes ; KD : kiln drying, IR : IR drying.

2. 안영수, 서두원, 한문희, 양준환. 1993. 원적외선 가열의 효과 및 응용기술. *Energy R&D* 15(3) : 107 ~ 119
3. 정희석. 1979. 판재와 단판의 열관건조에 관한 연구. 서울대 농학연구 4(1) : 67 ~ 96
4. 池澤幹彦. 1990. 遠赤外線の最新技術とその應用. 技術情報セクタ
5. 최태섭. 1993. 원적외선 응용 및 이용기술. 공업진흥청 요업기술원 제3회 원적외선 방사체 응용기술 심포지움 요약집 : 127 ~ 144
6. 한충수. 1992. 원적외선을 이용한 응용기술. 공업진흥청 요업기술원 제2회 원적외선 방사체 응용기술 심포지움 요약집 : 87 ~ 115
7. 한충수. 1993. 원적외선 가열에 의한 농산물 건조효과. 공업진흥청 요업기술원 제3회 원적외선 방사체 응용기술 심포지움 요약집 : 29 ~ 51
8. Hartley, J. 1986. Hardwood veneer drying - a review. *Proceedings World For. Congr. Div. 5* : 77 ~ 88
9. Loehnertz, S. P. 1988. A continuous press dryer for veneer. *Forest Prod. J.* 38(9) : 61 ~ 63
10. Lutz, J. F., H. Habermann, and H. R. Panzer. 1974. Press-drying green flatsliced walnut veneer to reduce buckling and end waviness. *Forest Prod. J.* 24(5) : 29 ~ 35
11. Lutz, J.F. 1978. Wood veneer : Log selection, cutting, and drying. USDA Tech. Bull. 1577 : 70 ~ 86
12. Mah t, J. and R.R h. 1995. Introduction of total quality management tools in vacuum drying of veneer. Proc. of 4th IUFRO International Conference on Wood Drying : 172 ~ 181
13. 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
14. Tschernitz, J.L. 1985. Empirical equations for estimating drying times of thick rotary-cut veneer in press and jet dryers. USDA FPL Report No. 453