

## 數種의 針葉樹材의 로타리 單板 切削과 乾燥\*1

정 희 석\*2 · 이 남 호\*3 · 여 환 명\*2 · 이 준 호\*2 · 유 태 경\*2

# Rotary Veneer Peeling of Some Softwoods and Its Veneer Drying\*1

Hee-Suk Jung\*2 · Nam-Ho Lee\*3 · Hwan-Myeong Yeo\*2 · June-Ho Lee\*2 · Tae-Kyung Yoo\*2

### ABSTRACT

Veneers of two nominal thicknesses, 1.5 and 2.5mm, were rotary peeled from Japanese larch (*Larix leptolepis*), Dahurian larch (*Larix gmelinei*) and Radiata pine (*Pinus radiata*) bolts unheated and heated in the water vat temperature of 66°C by rising a final temperature at 10cm core of 60°C to remain core diameter of 11.4cm.

1.5 and 2.5mm thick veneer cut from the heated Japanese larch were significantly thinner than those of the unheated bolt and 2.5mm thick veneer cut from the heated Dahurian larch were significantly thicker than that of the unheated bolt. 1.5mm thick Dahurian larch veneer and 1.5 and 2.5mm thick Radiata pine veneers showed insignificant difference between the unheated and heated bolts, respectively. Check distance on the loose side of 1.5mm thick veneer cut from the heated Radiata pine was significantly wider than that of the unheated bolt. However check distances on the loose side of 1.5 and 2.5mm thick Japanese larch and Dahurian larch veneers and 2.5mm thick Radiata pine veneers showed insignificant difference between the unheated and heated bolts. Also the depth of check on the loose side of three species showed insignificantly difference between the unheated and heated bolts. Arithmetic mean deviation ( $R_a$ ) and maximum height ( $R_{max}$ ) of the profile on the loose side of dried veneer by preheating the bolt compared with unheated bolts were different among species and between veneer thickness. The preheating treatment slightly affected qualities of these thin veneers such as 1.5 and 2.5mm.

The yield of 2.5mm thick veneer from the heated radiata pine was significantly higher than that of the unheated bolt. However the yield of 2.5mm thick veneer for other two species and 1.5mm thick veneer for three species showed insignificant difference between the unheated and heated bolts. The yield of 2.5mm thick veneer for three species were higher than those of 1.5mm thick veneer.

\*1 접수 1995년 9월 23일 Received September 23, 1995

이 연구는 1993년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 연구 결과의 일부임 (과제번호 93-08-00-03).

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

\*3 이리농공전문대학 Iri National Technical College of Agriculture & Engineering, Iri 570-110, Korea

The average yields of green veneer of Japanese larch, Dahurian larch and Radiata pine were 57.1, 55.1 and 54.0 percent, respectively.

Variables such as initial MC, drying time and veneer thickness had strong effect for Japanese larch veneer, less effect for Radiata pine veneer and much less effect on final MC for Dahurian larch veneer in jet drying. Correlation between the current MC and the drying time of Dahurian larch with low variation of initial MC was higher than those of Japanese larch and Radiata pine veneer with high variation of initial MC in high temperature drying.

Thickness shrinkages of 2.5mm thick veneer for Japanese larch and Radiata pine were higher than those of 1.5mm thick veneers, but shrinkages of Dahurian larch veneer were similar between two nominal veneer thicknesses

**Keywords** : Nominal thicknesses, actual thickness, water vat temperature, heated bolt, check distance, final moisture content, thickness shrinkage, yield, roughness

## 1. 서 론

우리나라는 오랫동안 나왕 등 열대 활엽수재를 이용한 활엽수 합판을 제조하여 왔으나, 이들 자원이 점차 감소됨에 따라 자원보유국의 원목 수출 억제 정책이 강화되고, 나아가서 Green Round의 영향까지 받게 되어 종전과 같이 활엽수 원목의 획득이 점차 어려워지고 있기 때문에 산업계에서는 단판용 열대활엽수재의 대체자원으로서 침엽수재의 이용을 시도하고 있다. 그 동안 활엽수 합판 제조기술은 고도로 발전되어 왔으나 침엽수합판 제조기술은 초보적인 단계에 불과하다. 합판 제조면에서 보면 일반적으로 침엽수재는 활엽수재보다 小徑이고, 용이 가 많으며 춘재와 추재간 비중의 변이와 심재와 변재간의 생재함수율의 차이가 클 뿐만 아니라, 리그닌의 함량이 많고 熱可塑性이 적기 때문에 휨성질이 부족하여 lathe check가 쉽게 일어나는 단점을 지니고 있다. 따라서 단판 절삭성을 개량하기 위한 방법 중의 하나로서 가열 전처리를 적용하고 있다.

전처리 가열과 절삭에 관한 보고로서 Koch(1965)는 southern pine 원목을 증자 또는 온수 가열처리함에 따라 용이의 연화와 knife check를 감소시킬 수 있다고 보고하였고, Tsoumis(1991)는 원목이 온수 또는 증자에 의해 가열되면 연화되어 절삭이 쉬워지며, 나이프의 수명 연장, 심재와 변재간의 함수율 균일화와 단판 품질개량에 효과가 있다고 보고하였다. Fleischer(1965)는 원목의 지름과 밀도가 온수와 증자 가열시간에 미치는 관계에 대하여 보고하였으며, Baldwin(1975)은 침엽수 8수종의 비중 크기에 따라 적절한 가열온도 범위를 추천하였으며, Lutz(1978)는 수종별 가열온도, 가열시간, 온수

와 증자 가열법 등에 대하여 보고하였다. Yosida 등(1974)은 일본잎갈나무 원목을 가열한 후 냉각 온도와 시간, 切刃과 노즈바(nosebar)의 각도, 나이프와 노즈바 간격에 따라 절삭한 단판의 품질에 대해 보고하였으며, Kinoshita(1984)는 라디에타 소나무의 4수종에 대하여 온수 가열온도, 단판두께와 노즈바 간격이 단판품질에 미치는 영향에 대하여 보고하였다. Kinoshita와 Takano(1989)는 라디에타 소나무의 단판두께와 노즈바 수평간격 등 절삭조건별 단판품질 평가에 대하여 보고하였고, Takano와 Kinoshita(1989)는 피지와 인도네시아산 침엽수재에 대하여 단판두께와 노즈바 수평간격에 따라 단판 품질 평가에 대하여 보고하였다.

단판건조에 관한 보고로서 Tsoumis(1991)는 단판의 건조속도는 단판두께, 밀도, 초기함수율, 변재 또는 심재 등의 인자에 의해 영향받는다 고 하였으며, Baldwin(1980)은 단판절삭수율에 영향을 미치는 인자와 절삭수율에 대하여 보고하였다. Comstock(1971)은 단판의 젓트건조곡선에서 두 개의 線形減率乾燥期間으로 이루어짐을 보고하였으며 Laity 등(1974)은 yellow pine 단판의 수직류(vertical flow)의 온도와 풍속별 건조곡선을 작성하여 건조속도를 비교하였다.

우리나라에서 徐와 朴(1988)은 일본낙엽송 외 2수종의 가열 전처리에 따른 裏割率, 할렐밀도, 단판의 축방향 수축률과 비틀림에 관하여 보고하였고, 유용활엽수재 재질연구반(1988)은 가래나무 외 9수종의 단판두께 및 레이스 체크, 건조시간과 단판 틀어짐에 대한 보고하였다.

본 연구에서는 단판용 일본잎갈나무, 다후리안낙엽송과 라디에타소나무 원목을 온수 온도 66℃에서 코아 온

도 60℃까지 가열 전처리하고 기준두께 1.5와 2.5mm 단판을 잔존 코아 지름 11.4cm까지 절삭한 단판의 실제 두께 변이의 정도, 生單板 收率 및 켓트건조단판의 裹劑의 감소효과 등이 있는지 무처리와 비교하였다. 이들 수종의 단판 두께별 적절한 건조시간과 최종함수율을 알기 위하여 단판의 켓트건조 시간과 함수율 관계, 최종함수율과 초기함수율, 건조시간 및 단판 두께 등의 인자와의 관계, 단판 두께별 고온건조 온도에 따른 건조곡선, 또한 단판의 건조함수율과 두께수축률의 관계 등을 알고자 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

#### 2.1.1 공시수종과 원목

공시수종은 국산 일본잎갈나무(*Larix leptolepis*), 시베리아산 다후리안 낙엽송(*Larix gmelinei*)과 뉴질랜드산 라디에타 소나무(*Pinus radiata*)이고, 무처리와 온수가열처리 원목은 材軸方向으로 짝지어 절단하여 사용하였다. 이들 수종의 단판두께와 처리별 공시원목의 원

Table 1. Average diameter of veneer bolts by nominal veneer thicknesses and treatments.

Species	Nominal veneer thickness (mm)	Treatment	Diameter of top end (cm)		Diameter of butt end (cm)	
			Smallest	Largest	Smallest	Largest
Japanese larch	1.5	Unheated	23.3	24.7	26.2	28.4
		Preheated	22.6	23.7	24.6	25.3
	2.5	Unheated	22.9	23.9	24.1	25.8
		Preheated	22.4	23.1	24.6	26.4
Dahurian larch	1.5	Unheated	26.9	28.2	28.0	29.4
		Preheated	28.1	29.2	28.4	30.2
	2.5	Unheated	29.1	30.4	29.8	31.0
		Preheated	29.2	30.1	30.1	31.8
Radiata pine	1.5	Unheated	29.6	31.3	30.3	32.2
		Preheated	30.6	32.9	31.8	33.8
	2.5	Unheated	30.0	31.3	30.8	32.1
		Preheated	29.9	32.0	31.5	32.9

Table 2. Initial moisture content by nominal veneer thicknesses for jet drying times and high temperatures.

Species	Nominal veneer thickness (mm)	Jet drying		High temp. drying	
		Drying time (min.)	Initial MC (%)	Drying temp. (°C)	Initial MC (%)
Japanese larch	1.5	4.0	77.3 (33.3) <sup>*1</sup>	170	83.1 (29.5)
		6.0	87.0 (34.9)	180	78.9 (37.5)
	2.5	7.0	69.7 (30.1)	175	61.8 (27.7)
		10.0	86.4 (37.9)	185	85.9 (36.9)
Dahurian larch	1.5	4.0	46.1 (10.5)	170	50.2 (6.1)
		6.0	44.7 (10.0)	180	51.8 (11.1)
	2.5	7.0	37.9 (9.96)	175	34.3 (3.1)
		10.0	39.8 (9.96)	185	35.6 (3.9)
Radiata pine	1.5	6.0	109.3 (28.0)	170	96.4 (32.9)
		7.5	116.0 (31.1)	180	95.2 (26.6)
	2.5	9.0	114.2 (27.3)	175	110.2 (40.9)
		12.5	126.0 (31.8)	185	124.3 (40.8)

\*1 : The values in round brackets refer to standard deviation.

구와 말구 지름은 Table 1과 같고, 모든 공시원목의 길이는 1.3m이다. 각 수종의 공시원목의 수량은 단판 두께와 처리별로 각각 8본씩 32본을 사용하였다.

### 2.1.2 공시단판의 초기함수율

모든 공시수종의 기준두께 1.5mm와 2.5mm 단판의 젓트건조시간별과 고온건조온도별 초기 함수율은 Table 2의 내용과 같이 초기함수율은 수종간에 상당한 차이가 있었고, 단판두께, 젓트건조시간 및 고온건조온도에 따라서도 어느 정도 차이가 있었다.

### 2.1.3 로타리레이스와 드라이어

단판절삭기는 고정 노즈바(nose bar)가 장치된 소경재용 로타리레이스(rotary lathe)를 사용하였다. 단판 드라이어는 젓트건조의 경우 3 가열섹션과 1 냉각섹션으로 구성되고 가열섹션과 냉각섹션의 최저, 평균과 최고 온도범위는 각각 140-155-160℃와 85-107-129℃이고, 풍속은 15m/sec.를 유지하는 全長 24m인 변속 구동장치를 갖춘 젓트 드라이어(jet dryer)를 사용하였다. 고온건조의 경우 건구온도가 精度  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 유지하는 내부순풍형인 소형의 向流式 고온건조기를 사용하였다.

### 2.1.4 기타 기기

원목의 전처리용 가열수조는 폭, 길이와 깊이가 각각  $1.0 \times 1.5 \times 1.5\text{m}$ 이고, 수온의 변이는  $\pm 1^\circ\text{C}$  유지하는 것을 사용하였다. 단판두께 측정은 精度  $\pm 0.002\text{mm}$ 이고 0.001mm까지 판독할 수 있는 전자식 디지털 마이크로메타를 사용하였다. 裏割 간격과 裏割率 측정에는 10배율의 스케일 루페(scale lupe)를 사용하였다. 함수율 측정에 있어서 시편 평량에는 정밀도 0.01g의 전자식 직시천칭, 그리고 단판을 全乾시키는 데에는 온도  $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 를 유지하는 오븐을 사용하였다.

## 2.2 방법

### 2.2.1 단판절삭 조건

수온 66℃를 유지하는 수조에서 원목의 코아온도가 60℃에 도달할 때까지 전처리한 가열처리 원목과 무처리 원목을 준비한 후 기준두께 1.5mm와 2.5mm 단판을 절삭하기 위하여 나이프각 90.5° 나이프 사면각(knife bevel angle) 22.0°, 틱각 0.5°인 나이프 조건과 노즈바 刃物角 60.0°, 노즈바 수평간격은 각 단판의 두께와 같게 하고, 노즈바 수직간격은 0.3mm로 조정된 고정 노즈바 조건에서 원목의 잔존 코아지름 11.4cm될 때까지 분당 100m 속도로 절삭하면서, 단판 폭(집선방향)이 90cm가 되도록 제한한 실험용 규격단판을 생산하였다.

### 2.2.2 生單板 두께변이

각 수종의 단판두께는 무처리와 온수가열처리한 각 원

목에서 단판의 기준두께별로 생산된 규격단판 중에서 외층부와 내층부에서 나온 단판을 각각 1매씩 모두 16매를 선정하여, 각 단판 횡단면으로부터 3cm 떨어진 내측에서 단판 절삭방향(집선방향)으로 향해 변에서 5cm 부위부터 시작하여 20cm간격으로 5부위의 두께를 디지털 마이크로 메타로 측정하였다.

### 2.2.3 生單板 절삭 수율

각 수종의 생산단 절삭 수율은 단판 기준두께와 처리별로 각각 8개 원목으로부터 절삭하여 얻은 모든 규격단판의 실제 횡단 면적 대 말구자승법에 의한 원목의 횡단 면적의 백분율로 계산하고, 처리간 수율 비교와 수종별 평균수율을 구하였다.

### 2.2.4 단판의 건조

#### 2.2.4.1 젓트건조

각 원목에서 얻은 기준두께별 규격단판 중에서 외층부와 내층부에서 나온 단판을 건조시간별로 각각 1매씩 모두 32매를 선정하였고, 수종별 건조시간은 기준두께 1.5mm단판인 경우 일본잎갈나무와 다후리안낙엽송 단판은 4.0분과 6.0분이고, 라디에타소나무 단판은 6.0분과 7.5분이었다. 그리고 2.5mm단판인 경우 일본잎갈나무와 다후리안낙엽송 단판은 각각 7.0분과 10.0분이고, 라디에타소나무 단판은 9.0과 12.5분이었다.

#### 2.2.4.2 고온건조

단판의 폭과 길이가  $25 \times 25\text{cm}$ 인 단판을 건조온도별로 공시한 단판 수량을 일본잎갈나무 단판 10매, 다후리안 낙엽송 단판 8매, 라디에타소나무 단판 12매를 준비하여 풍속 5 m/sec 유지하고 건조 온도는 두께 1.5mm 단판의 경우 170℃와 180℃, 두께 2.5mm 단판의 경우 175℃와 185℃, 그리고 건조시간은 단판두께 1.5mm인 경우 다후리안 낙엽송 단판 6분, 일본잎갈나무와 라디에타 소나무 단판 8분이고, 단판두께 2.5mm인 경우 일본잎갈나무, 다후리안 낙엽송과 라디에타 소나무 단판은 각각 12분, 8분과 16분을 적용하여 건조하였다.

### 2.2.5 단판함수율

젓트건조 단판의 초기함수율과 최종함수율, 그리고 고온건조 단판의 초기함수율, 건조 중 함수율과 최종함수율 등은 단판의 건조 전, 건조 중, 건조 후 무게를 각각 평량하여 구하였다. 젓트건조의 경우 단판의 최종함수율과 초기함수율의 관계, 최종함수율과 초기함수율, 건조시간 및 단판두께 등의 변수의 관계를 구하였다. 그리고 고온건조의 경우는 건조시간별 건조곡선을 구하였다.

### 2.2.6 단판의 두께수축률

단판의 두께 수축율은 단판의 두께 측정 기준점을 설정한 후 건조 전, 건조 중, 건조후의 두께를 각각 측정하

여 두께수축률과 건조함수율과의 관계를 구하였다.

### 2.2.7 단판 裏割

무처리와 온수가열 처리별 제트건조 단판 중에 심재단판을 각각 10매씩 선정하여 단판 裏面(loose side)에 적색잉크를 도포하여 건조한 후 염색부를 수직 절단하여 단판 길이 5cm 이내에 잉크침투 자국인 裏割을 10배율 스케일 루페(scale lupe)를 사용하여 裏割의 개수와 깊이를 측정하여 裏割간격, 그리고 裏割깊이 대 단판 실제 두께 비율인 裏割率을 측정하였다.

### 2.2.8 단판표면 거칠기

공시 단판은 각 수종의 단판 두께별 무처리와 온수가열 처리별 제트건조 단판 중에서 각각 10매씩 선정하여 Mitutoyo社 촉침식 표면 거칠기 측정기 Surf test 402를 사용하여 단판 1매에 대하여 이면(loose side) 상에 단판 절삭 방향에서 각각 4cm 간격으로 4부위에서 측정 길이(1)과 컷오프값( $\lambda_c$ )는 각각 2.5mm로 하여 중심선

평균 거칠기( $R_a$ )와 최대 높이( $R_{max}$ )를 한국 공업 규격에 의하여 측정하고 Surf test Analyzer로 분석하여 처리간에 비교하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 생단판 두께변이

일본잎갈나무 외 2수종의 무처리와 온수가열처리 단판의 기준두께에 대한 실제두께의 평균치와 표준편차 그리고 처리간의 t 검정결과는 Table 3과 같다. 모든 수종의 무처리와 온수가열처리 단판의 실제두께는 기준두께보다 컸었다. 처리간 단판의 실제두께의 비교에서 일본잎갈나무의 1.5와 2.5mm인 가열처리 단판의 두께는 무처리의 것보다 (유의적으로) 적었으나, 다후리안 낙엽송 2.5mm인 가열처리 단판의 두께는 무처리 단판의 것보다 (유의적으로) 컸었다. 이 밖에 다후리안 낙엽송의 1.5mm와

Table 3. Actual veneer thicknesses, green veneer yields, check distances, and check depths and surface roughness on the loose side of veneer by nominal thicknesses and treatments.

Species	Nominal veneer thickness (mm)	Treatment	Actual veneer thickness (mm)	Yield (%)	Check distance (mm)	Check depth (%)	Surface roughness	
							$R_a^1$ ( $\mu m$ )	$R_{max}^2$ ( $\mu m$ )
Japanese larch	1.5	Unheated	1.85(0.11) <sup>*3</sup>	53.5(18.5)	4.8(2.2)	26.7(9.4)	24(6.5)	130(43)
		Preheated	1.79(0.11)	59.6(13.5)	3.6(1.6)	36.7(9.8)	28(9.7)	150(46)
		t-value	2.047 <sup>*1</sup>	-1.100 <sup>ns</sup>	1.139 <sup>ns</sup>	-2.242 <sup>ns</sup>	-1.79 <sup>*4</sup>	1.73 <sup>*4</sup>
	2.5	Unheated	2.78(0.12)	53.7(10.6)	4.1(1.2)	39.8(8.7)	25(9.3)	143(47)
		Preheated	2.72(0.05)	62.0(6.4)	4.5(2.1)	38.3(6.3)	26(9.8)	144(45)
		t-value	2.485 <sup>*1</sup>	-2.053 <sup>n</sup>	-0.367 <sup>ns</sup>	0.480 <sup>ns</sup>	-0.48 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>
Dahurian larch	1.5	Unheated	1.69(0.14)	49.8(13.2)	5.6(4.7)	41.9(12.8)	30(9.9)	161(46)
		Preheated	1.72(0.16)	48.8(17.1)	3.7(2.1)	36.3(12.9)	29(10.0)	155(35)
		t-value	-1.080 <sup>ns</sup>	0.111 <sup>ns</sup>	1.095 <sup>ns</sup>	1.081 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>
	2.5	Unheated	2.72(0.10)	61.3(10.9)	11.3(6.0)	34.3(18.7)	24(7.5)	132(39)
		Preheated	2.81(0.15)	60.5(9.9)	13.9(13.7)	27.5(12.5)	33(8.6)	161(36)
		t-value	-2.828 <sup>**1</sup>	0.143 <sup>ns</sup>	-0.583 <sup>ns</sup>	1.153 <sup>ns</sup>	-5.05 <sup>**4</sup>	-3.47 <sup>**4</sup>
Radiata pine	1.5	Unheated	1.72(0.19)	50.3(10.5)	2.2(0.8)	47.1(10.3)	25(7.8)	131(33)
		Preheated	1.68(0.13)	54.5(8.8)	4.3(1.7)	52.9(7.3)	19(6.1)	96(34)
		t-value	1.348 <sup>ns</sup>	-1.250 <sup>ns</sup>	-3.503 <sup>**3</sup>	-1.651 <sup>ns</sup>	4.40 <sup>**4</sup>	5.56 <sup>**4</sup>
	2.5	Unheated	2.77(0.18)	48.6(7.6)	13.2(13.6)	35.6(19.0)	22(8.1)	111(38)
		Preheated	2.74(0.15)	62.7(14.3)	3.7(1.1)	45.4(7.3)	23(7.6)	118(37)
		t-value	1.337 <sup>ns</sup>	-3.598 <sup>**2</sup>	2.208 <sup>ns</sup>	-1.991 <sup>ns</sup>	-0.67 <sup>ns</sup>	-0.94 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> : Arithmetic mean deviation of the roughness profile.

<sup>2</sup> : Maximum height of the roughness profile.

<sup>3</sup> : The values in round brackets refer to standard deviation.

<sup>ns</sup> : Not significant difference at 95% level.

<sup>\*3</sup> and <sup>\*\*3</sup> : Significant difference at 95% level and 99% level, respectively ( $t_{0.05(79)} = 1.990$ ,  $t_{0.05(79)} = 2.646$ ).

<sup>\*4</sup> and <sup>\*\*4</sup> : Significant difference at 95% level and 99% level, respectively ( $t_{0.05(7)} = 2.365$ ,  $t_{0.05(7)} = 3.499$ ).

<sup>\*5</sup> and <sup>\*\*5</sup> : Significant difference at 95% level and 99% level, respectively ( $t_{0.05(9)} = 2.262$ ,  $t_{0.05(9)} = 3.250$ ).

<sup>\*6</sup> and <sup>\*\*6</sup> : Significant difference at 95% level and 99% level, respectively ( $t_{0.05(40)} = 1.685$ ,  $t_{0.05(40)} = 2.426$ ).

라디에타 소나무의 1.5mm와 2.5mm 단판의 경우는 처리간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

처리간 실제두께의 변이에 있어서 기준두께 1.5mm 단판의 경우 일본잎갈나무 단판은 차이가 없었고, 다후리안낙엽송의 가열처리단판의 두께 변이는 무처리의 것보다 더 컸으나, 라디에타소나무 단판의 것은 오히려 더 적었다. 또한 기준두께 2.5mm 단판의 경우 일본잎갈나무와 라디에타소나무의 가열처리단판의 두께변이는 무처리보다 적었으나, 다후리안낙엽송의 것은 오히려 더 컸었다.

본 연구결과에서 가열처리 단판의 실제두께는 무처리 단판의 것보다 일본잎갈나무 단판은 적었고, 다후리안낙엽송 단판은 컸었으며, 라디에타소나무 단판은 차이가 없었다. 그리고 가열처리단판 두께의 변이는 무처리의 것보다 일본잎갈나무와 라디에타소나무 단판은 적은 경향을 나타냈으나 다후리안낙엽송 단판은 큰 경향을 나타내고 있었다. 본 연구결과는 가열 전처리가 단판 두께에 미치는 영향에 관한 Koch(1972)의 southern pine을 전처리하면 용이의 연화 효과는 크나 무결점재로부터 절삭된 로타리단판의 두께에는 유의적으로 영향하지 않는다는 내용과 Tsoumis(1991)의 가열 전처리에 의해 단판 두께의 균일성을 제고할 수 있다는 보고 내용 등과 일부 부합되고 수종에 따라 다른 경향을 나타내고 있었다. 즉 가열처리에 의해서 일본잎갈나무와 라디에타소나무는 개량되었으나 다후리안낙엽송은 오히려 저하되는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 가열처리에 의한 피삭성은 수종에 따라 상이한데 기인된 것으로 생각된다. 또한 단판의 두께 균일성 제고는 가열된 피삭재와 나이프 및 노즈바 등의 절삭조건이 어떻게 연관되는지 더 연구되어야 할 것이다.

### 3.2 生單板 切削 收率

일본잎갈나무 의 2수종의 단판 기준두께별 원목의 단판절삭 수율의 평균치와 표준편차, 그리고 처리간의 t-검정결과는 Table 3과 같이 가열처리한 일본잎갈나무와 라디에타소나무의 기준두께 1.5와 2.5mm 단판의 수율은 무처리의 것보다 높았고, 가열처리한 다후리안낙엽송의 경우는 오히려 낮았다. 그러나 처리간 t-검정결과 가열처리한 라디에타소나무의 두께 2.5mm 단판의 수율만이 무처리의 것보다 유의적으로 컸었지만 다른 수종의 모든 두께와 라디에타소나무의 1.5mm 단판의 수율은 처리간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그리고 수종과 단판 두께별 수율에서 두께 1.5와 2.5mm 단판의 평균 수율은 일본잎갈나무의 경우 각각 56.6%와 57.9%이고,

다후리안낙엽송의 경우 각각 49.3%와 60.9%이며, 라디에타소나무의 경우 각각 52.4%와 55.7%로서 수종간에 차이가 있었으며, 모든 수종에서 2.5mm 단판의 수율이 1.5mm의 것보다 높은 경향을 나타내고 있었다. 그리고 일본잎갈나무, 다후리안낙엽송과 라디에타소나무 단판의 2두께의 평균 수율은 각각 57.2, 55.1과 54.0%로서 차이가 있었다. Baldwin(1975)은 무처리 원목의 단판절삭에서 分割과 파손 등으로 수율이 저하된다고 보고하였으며, Haygreen과 Bowyer(1982)에 의하면 평균 수율은 가열처리에 의해 절삭의 불완전성 감소로 3~5% 정도 증가시킬 수 있다고 보고하였는데 본 연구에서 가열처리 원목의 수율은 라디에타소나무의 두께 2.5mm 단판의 수율만 증가하였고, 다른 수종과 두께의 경우에는 이들 기초 보고와 부합되지 아니하였다. 이와 같은 결과는 각 수종과 두께에 따라 가열 처리 효과가 상이할 수 있기 때문이라 여겨진다. 본 연구의 평균 수율은 미국 임산물연구소의 보고의 수율 50%이하라던가 Baldwin(1975)의 생단판 수율이 western hemlock의 45.89%에서 Douglas-fir의 55.05% 범위의 수율, 그리고 Woodfin(1973)의 건조단판의 수율 52% 등과 비교해 보면 수종에 따라 차이가 있으나 높게 나타났다. 이와 같은 차이는 잔존 코아지름이 작은데 기인된 것으로 생각된다.

### 3.3 단판의 최종함수율

#### 3.3.1 젯트건조 단판의 최종함수율

일본잎갈나무 의 2수종의 무처리와 가열처리단판 두께별에 따른 건조시간별 최종함수율은 Table 4와 같이 건조시간에 따른 두께 1.5mm 단판의 최종함수율은 일본잎갈나무 단판의 경우 6.0분 건조에서도 과대함수율을 나타냈고, 다후리안낙엽송 단판의 경우 4.0분 건조에도 과소함수율을 나타내었으며, 라디에타소나무 단판의 경우 6.0분 건조에서 비교적 적절한 함수율까지 건조되었다. 두께 2.5mm 단판의 최종함수율은 일본잎갈나무 단판의 경우 7.0분과 10.0분 건조에서 각각 과대와 과소함수율을 나타냈고, 다후리안낙엽송 단판의 경우 7.0분 건조에서도 과소함수율을 나타내었으며, 라디에타소나무 단판의 경우 9.0분과 12.5분 건조에서 각각 약간의 과대와 과소 함수율을 나타내었다

두께 1.5mm와 2.5mm 단판의 건조시간별 최종함수율과 초기함수율의 관계는 Fig. 1, 2와 같이 최종함수율과 초기함수율의 관계는 수종에 따라 상당한 차이를 나타내고 있었다. 수종간에 비교해 보면 일본잎갈나무 단판의 경우는 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있었으나,

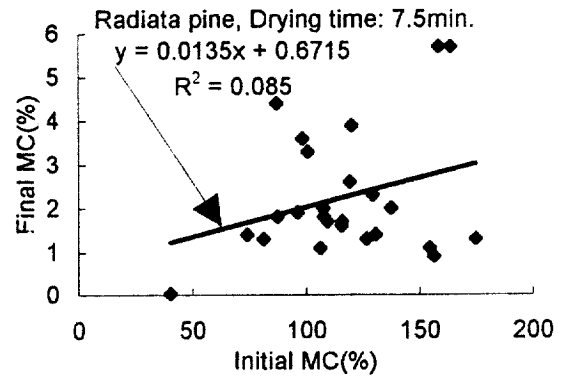
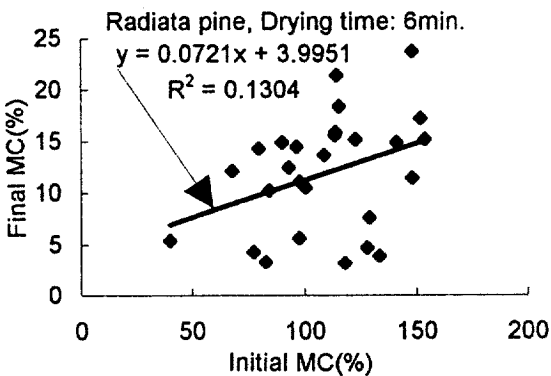
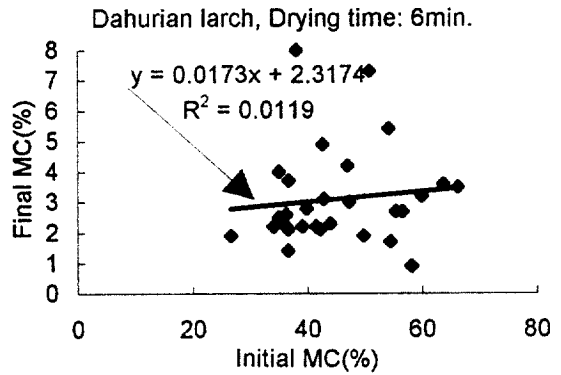
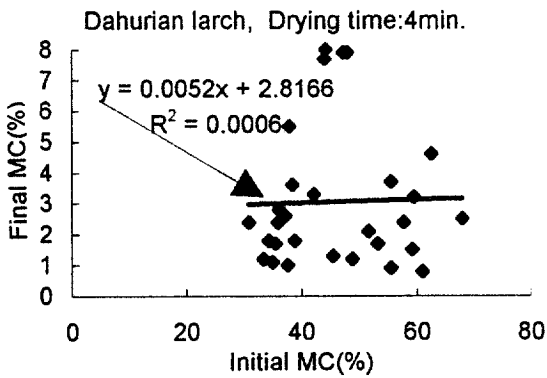
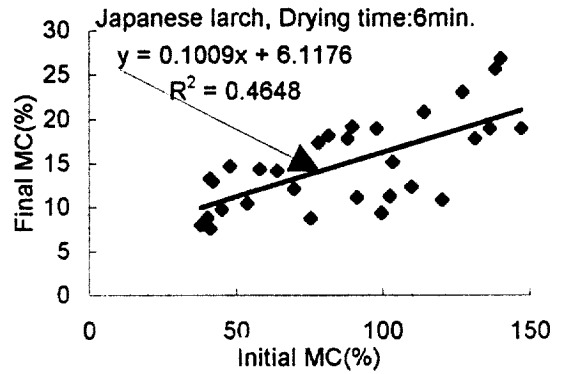
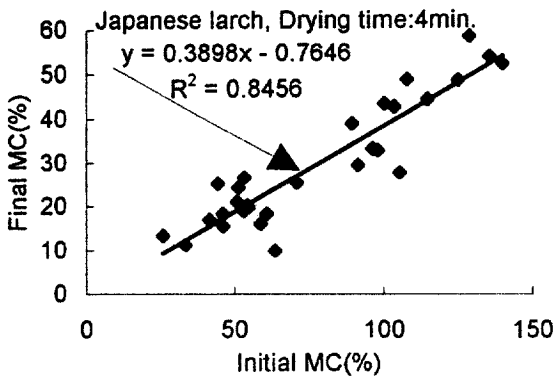


Fig. 1. Final MC as a function of initial MC of 1.5mm thick veneer by jet drying times.

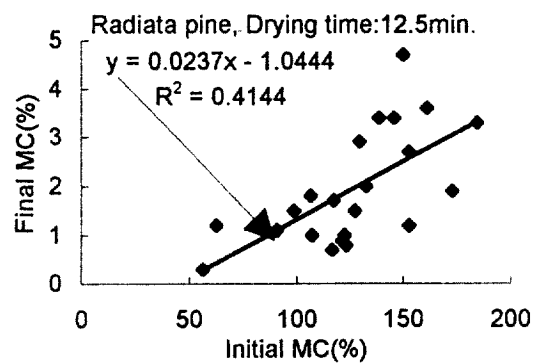
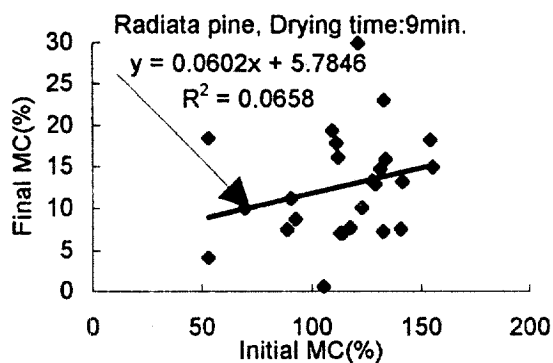
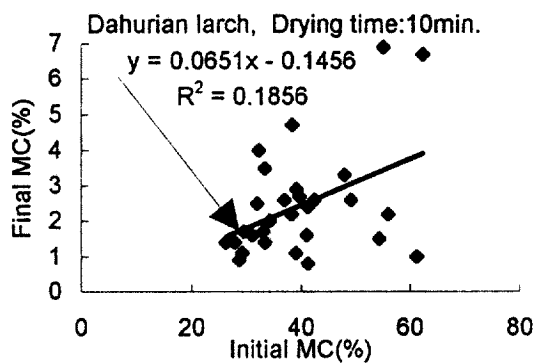
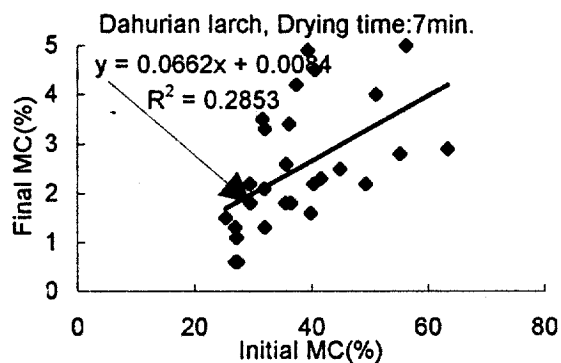
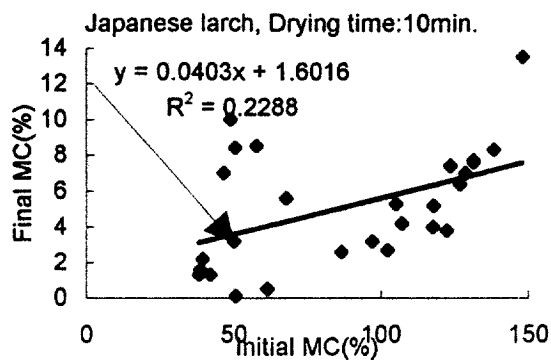
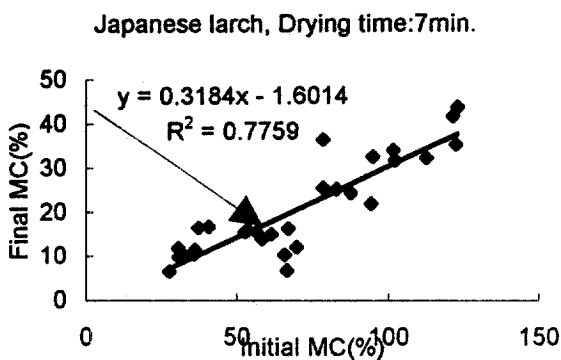


Fig. 2. Final MC as a function of initial MC of 2.5mm thick veneer by jet drying times.



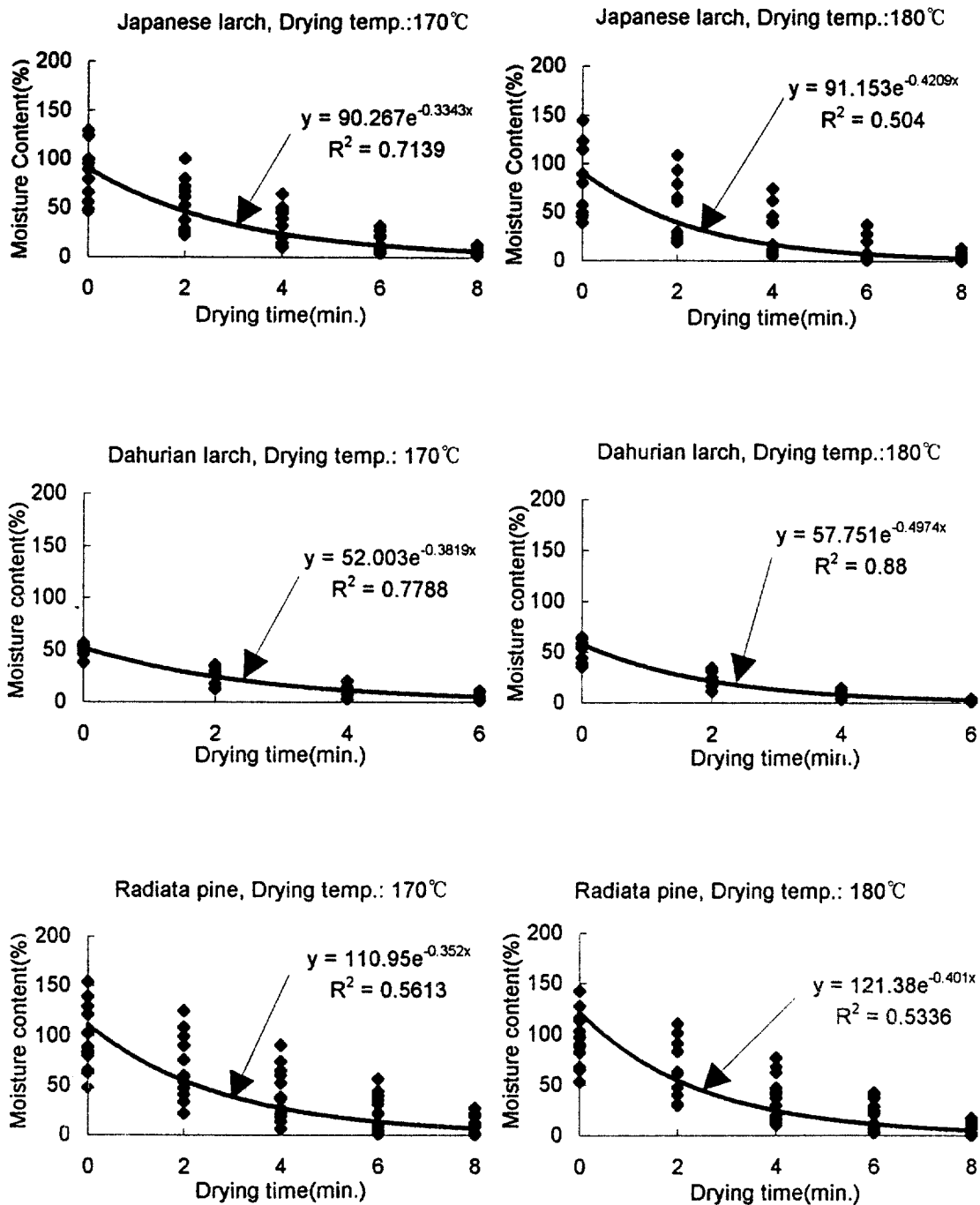


Fig. 3. Change of moisture content by drying time for 1.5mm thick veneer in the high temperature drying.

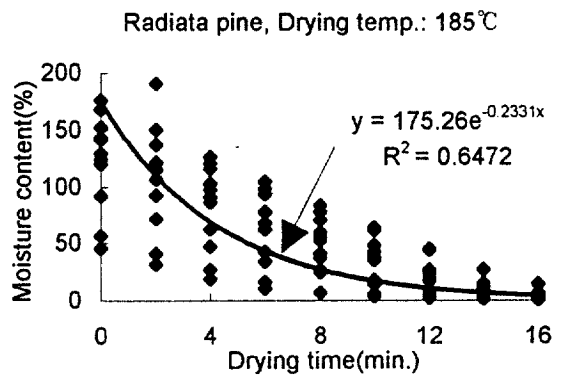
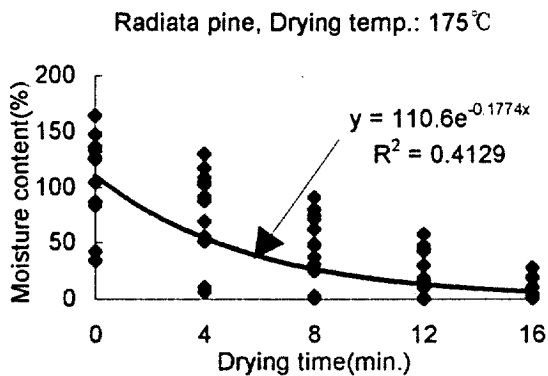
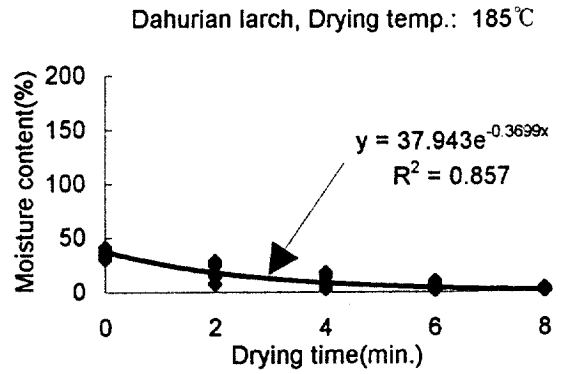
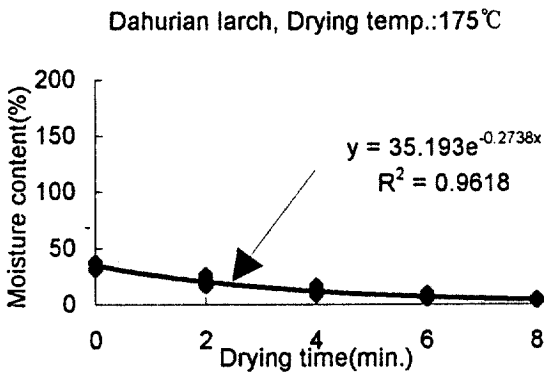
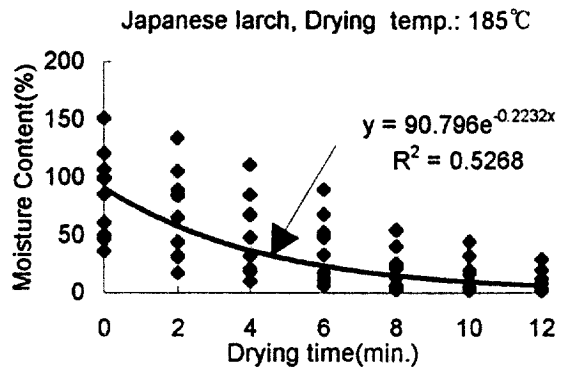
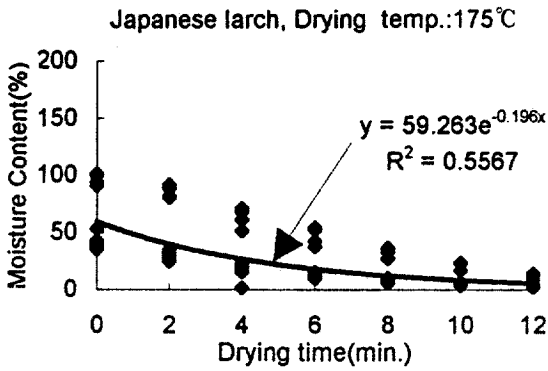


Fig. 4. Change of moisture content by drying time for 2.5mm thick veneer in the high temperature drying.

다후리안낙엽송과 라디에타소나무 단판의 경우는 약간 낮은 상관관계를 나타내고 있었다.

최종함수율과 초기함수율 및 건조시간의 관계식은 Table 5와 같으며, 또한 최종함수율과 초기함수율, 건조시간 및 단판 두께와의 관계식은 Table 6과 같이, 최종함수율에 영향을 미치는 인자로 초기함수율과 건조시간의 함수로서 최종함수율식 그리고 초기함수율, 건조시간과 단판두께의 함수로서 최종함수율식을 보면 수종별로 상당한 차이를 나타내고 있었는데, 일본잎갈나무 단판의 경우 비교적 높은 상관관계를 나타내었으나, 다후리안낙엽송 단판의 경우 매우 낮은 상관관계를 나타내고 있었다. 단판의 건조 속도에 대하여 Tsoumis(1991)는 단판의 두께, 초기함수율, 밀도, 변재와 심재 등의 목재조건과 건조온도, 풍향과 풍속 등 외주조건에 의해 영향을 받게 되고, 이 밖에도 단판의 투과성이라든가 단판의 활렬 정도 등 여러 인자에 의하여 영향받을 수 있다고 하였다. 동일 조건의 건조속도에서 최종함수율은 건조시간에 따라 좌우된다. 따라서 최종함수율에 영향을 미치는 인자와 조건의 작용 정도는 상이할 수 있기 때문에 최종함수율과 이들 영향인자 및 조건간의 상관관계의 구명은 어려운 문제이고 더 연구되어야 할 것이다.

### 3.3.2 고온건조 단판의 함수율

단판의 고온 건조온도별 건조곡선은 Fig. 3, 4와 같이 모든 수종의 단판 두께별 건조속도는 온도가 높을수록 컸었다. 두께 1.5mm 단판의 최종함수율은 건조온도 170℃에서 일본잎갈나무와 다후리안낙엽송 단판의 경우 각각 8분과 6분간 건조에서 과소함수율까지 건조되었으나,

라디에타소나무는 8분 건조에서 적절한 함수율로 건조되었다. 두께 2.5mm 단판의 최종함수율은 일본잎갈나무 단판의 경우 건조온도 185℃와 12분 건조에서 적절한 함수율까지 건조되었으나, 건조온도 175℃에서 다후리안낙엽송은 단판은 8분간 건조에서 과소함수율까지 건조되었으며 라디에타소나무 단판은 16분간 건조에서 적절한 함수율까지 건조되었다.

일본잎갈나무와 라디에타소나무 단판의 최종함수율의 변이는 다후리안낙엽송의 것보다 컸었는데, 이는 초기함수율의 변이에 비례한 것으로 생각된다. 수종간 건조시간별에 따른 함수율의 관계에서는 다후리안낙엽송 단판의 경우 상관관계가 비교적 컸었고, 일본잎갈나무와 라디에타소나무 단판의 경우 비교적 적었는데 이와 같은 결과는 이 수종의 초기함수율의 변이 크기와 유관한 것으로 사료된다.

### 3.4 단판의 두께수축률

단판의 건조 중 두께수축률과 함수율의 관계는 Fig. 5와 같이, 단판 두께수축률은 함수율이 감소할수록 직선적으로 감소하였다. 수종간 두께수축률 비교에서 다후리안낙엽송 단판이 가장 컸고, 일본잎갈나무 단판이 중간이며, 라디에타소나무 단판이 가장 적었다. 이와 같은 차이는 단판 비중의 차이에 기인된 것으로 여겨진다. 또한 단판 두께간 수축률에 있어서 일본잎갈나무와 라디에타소나무 단판의 경우 두께 2.5mm 단판의 두께 수축률은 1.5mm의 것보다 컸었으나 다후리안낙엽송 단판의 것은 두께간에 비슷한 값을 나타내고 있었다. 단판두께간의 두께수축률의 차이는 Lutz(1978)와 Koch(1985)가 건조

Table 4. Final moisture content of dried veneer for jet drying and high temperature drying.

Species	Nominal veneer thickness (mm)	Jet drying		High temp. drying	
		Drying time (min.)	Final MC (%)	Drying temp. (°C)	Final MC (%)
Japanese larch	1.5	4.0	29.4 (14.1) <sup>*1</sup>	170	6.5 (4.2)
		6.0	14.9 (5.2)	180	5.2 (4.2)
	2.5	7.0	20.6 (10.1)	175	6.7 (4.8)
		10.0	86.4 (37.9)	185	9.4 (9.4)
Dahurian larch	1.5	4.0	3.1 (2.3)	170	5.9 (3.2)
		6.0	3.1 (1.6)	180	2.8 (1.1)
	2.5	7.0	2.5 (1.2)	175	3.9 (0.9)
		10.0	2.4 (1.5)	185	2.4 (1.3)
Radiata pine	1.5	6.0	11.9 (5.6)	170	9.8 (8.9)
		7.5	2.2 (1.4)	180	8.4 (7.0)
	2.5	9.0	12.7 (6.4)	175	10.2 (9.4)
		12.5	10.2 (9.4)	185	4.8 (5.1)

\*1 : The values in round brackets refer to standard deviation.

Table 5. Final MC as functions of initial MC and drying time.

Species	Nominal thickness (mm)	Regression equation	R <sup>2</sup>
Japanese larch	1.5	$y = 0.2358m - 8.3803t + 44.6711$	0.7879
	2.5	$y = 0.1503m - 6.0059t + 52.1553$	0.6945
Dahurian larch	1.5	$y = 0.0111m - 0.0248t + 2.4457$	0.0035
	2.5	$y = 0.0656m - 0.0666t + 0.4986$	0.2248
Radiata pine	1.5	$y = 0.0409m - 0.6147t + 47.0946$	0.6181
	2.5	$y = 0.0404m - 3.2011t + 36.8578$	0.5969

Notes : y : Final moisture content(%).  
 m : Initial moisture content(%).  
 t : Time(min.).

Table 6. Final MC as functions of initial MC, drying time and veneer thickness.

Species	Regression equation	R <sup>2</sup>
Japanese larch	$y = 0.1959m - 6.4704t + 14.332b + 12.755$	0.7027
Dahurian larch	$y = 0.0366m - 0.0225t - 0.2411b + 1.9423$	0.0780
Radiata pine	$y = 0.0404m - 3.6178t + 13.172b + 4.7264$	0.5288

Notes : y : Final moisture content (%).  
 m : Initial moisture content (%).  
 t : Time (min.).  
 b : Thickness (mm).

온도가 상승하면 두께수축률이 증가된다는 보고 내용과 같이 두께 2.5mm 단판의 건조온도가 1.5mm의 것보다 5℃ 높았던데 기인된 것으로 생각된다. 또한 수중간 두께수축률의 차이는 일본잎갈나무와 라디에타소나무 단판의 경우 초기함수율이 다후리안낙엽송의 것보다 매우 높았던데 기인된 것으로 여겨진다.

### 3.5 단판의 裏割

무처리와 온수처리 단판의 裏面의 裏割 간격과 裏割率は Table 2와 같다. 모든 수종의 처리와 단판두께에서 裏割 간격은 수종과 단판 두께에 따라 차이가 있었으며 다후리안 낙엽송의 무처리와 가열처리의 2.5mm 단판 그리고 라디에타소나무의 무처리 2.5mm 단판을 제외하고는 매우 적었다. 모든 단판두께에서 무처리와 온수가 열처리 단판간의 裏割 간격은 라디에타소나무의 1.5mm 단판을 제외하고는 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

裏割率は 낙엽송류의 단판의 경우 비교적 적었으나 라디에타소나무의 단판의 경우 컷었다. 무처리와 가열처리 단판간의 裏割率は 모든 수종과 두께에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 본 연구결과는 徐와朴(1988)이 보

고한 일본잎갈나무의 무처리와 온수가열처리별 두께 2.3mm 단판의 裏割간격은 각각 4.7개/cm와 4.1개/cm 이고, 裏割率は 56.9%와 54.0%의 보고 내용과 비교하면 본 연구의 裏割간격은 컷으며 裏割率は 적었다. 또한 Kinoshita와 Takano(1989)가 보고한 라디에타소나무의 두께 1.5와 3.0mm 단판의 평균 裏割간격은 각각 1.02와 1.23mm 이고, 裏割率は 각각 41.4와 40.3%와 비교하면 본 연구의 裏割간격은 매우 컷었고 裏割率は 약간 큰 경향을 나타내었다. 본 연구의 라디에타소나무의 1.5mm 단판을 제외하고는 Tsoumis(1991)의 가열 전 처리에 의해 할렬의 감소와 Lutz(1978)의 裏割率は 적절한 가열처리와 노즈바 가압에 의해서 최소화시킬 수 있다는 보고 내용과 부합하지 않았다. Kinoshita(1984)는 가열온도가 상승할수록 裏割率は 감소하고 온도의 영향은 수중에 따라 다르며 바그티칸과 아피통보다 적다고 보고하였다. 이상과 같이 가열 효과는 수종과 단판 두께에 따라 다르고 본 연구에서와 같이 얇은 단판 절삭에는 가열효과가 뚜렷하지 않음을 알 수 있었다.

### 3.6 단판표면 거칠기

3수종의 단판 두께별 단판 이면의 처리별 중심선 평균

거칠기( $R_a$ )와 최대 높이( $R_{max}$ )의 값과 처리간의  $t$  검정 결과는 표 7과 같다. 수종간의  $R_a$ 와  $R_{max}$  값의 크기는 다후리안낙엽송이 가장 컸고 다음은 일본잎갈나무, 라디에타소나무 순위였고 모든 수종의 단판 두께 간에는 일정한 관계가 나타나지 않았다. 가열처리에 의해서 유일하게 라디에타소나무 1.5mm 단판의  $R_a$ 와  $R_{max}$  값은 무처리 단판의 값보다 유의적으로 적었으나, 일본잎갈나무 1.5mm 단판과 다후리안 낙엽송 2.5mm 단판의  $R_a$ 의 값은 무처리 단판의 값보다 유의적으로 컸었으며 이밖에 일본잎갈나무와 라디에타소나무의 2.5mm 단판, 다후리안 낙엽송 1.5mm 단판의  $R_a$ 와  $R_{max}$  값은 무처리의 것과 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 본 연구의 라디에타소나무 1.5와 2.5mm 두께 단판의 중심선 평균 거칠기( $R_a$ )는 Kinoshita와 Takano(1989)의 라디에타소나무 두께 1.5와 3.0mm 단판의 십점 평균 거칠기( $R_z$ )보다 적게 나타났었다. 단판의 표면 거칠기는 목재 조직의 배향, 생장율, 나이프의 에리도와 적정 가열 여부 등 여러 인자의 영향을 받는 것으로 알려져 있고, Haygreen과 Bower(1982)와 Tsoumis(1991)는 가열 처리에 의해 단판의 평활도가 개선될 수 있다고 보고한 바 있으나 본 연구에서는 가열 처리가 단판의 평활도에 미치는 영향은 수종과 단판 두께에 따라 상이하게 나타났다.

#### 4. 결 론

일본잎갈나무, 다후리안낙엽송과 라디에타소나무 원목을 온수온도 66℃에서 코아온도가 60℃될 때까지 가열한 원목과 무처리 원목에서 단판 기준두께 1.5와 2.5mm의 로타리단판을 잔존 코아지름 11.4cm될 때까지 절삭하였다. 가열처리 일본잎갈나무의 1.5와 2.5mm 단판의 실제 두께는 무처리 단판의 것보다 얇았으며, 가열처리 다후리안낙엽송의 2.5mm 단판의 실제두께는 무처리 단판의 것보다 두꺼웠으나, 두께 1.5mm 다후리안낙엽송 단판과 1.5 및 2.5mm 라디에타소나무 단판은 각각 처리간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

가열처리 라디에타소나무의 1.5mm 단판의 裏割間격은 무처리단판의 것보다 넓었으나 일본잎갈나무와 다후리안낙엽송의 1.5와 2.5mm 단판 및 라디에타소나무의 2.5mm 단판은 처리간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 모든 수종의 裏割率도 처리간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 일반적으로 이들 얇은 단판의 품질은 가열 전처리에 의한 영향은 미미하였다.

가열처리한 라디에타 소나무의 두께 2.5mm 단판의

수율은 무처리의 것보다 유의적으로 컸었고 다른 수종의 모든 두께와 라디에타 소나무의 1.5mm 단판의 수율은 무처리의 것과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 일본잎갈나무, 다후리안낙엽송과 라디에타소나무의 생단판수율은 각각 57.1%, 55.1%와 54.0%이고, 모든 수종의 2.5mm 단판의 수율은 1.5mm 단판의 수율보다 컸었다.

젯건조에서 단판의 초기함수율, 건조시간과 단판두께가 최종함수율에 미치는 영향은 일본잎갈나무의 경우 뚜렷하였고, 라디에타소나무단판의 경우 덜 뚜렷하였으며, 다후리안낙엽송의 경우 매우 미미하였다. 고온건조에서 단판의 건조 중 함수율과 고온건조시간 간의 관계는 초기함수율의 변이가 적은 다후리안낙엽송 단판의 경우가 초기함수율의 변이가 큰 일본잎갈나무와 라디에타소나무단판보다 뚜렷한 상관을 나타냈다. 일본잎갈나무와 라디에타소나무의 2.5mm 단판의 두께 수축률은 1.5mm 단판의 것보다 컸었으나, 다후리안낙엽송 단판의 수축률은 두께간에 비슷하였다.

#### 참 고 문 헌

1. Baldwin, R.F. 1980. Plywood Manufacturing Practices. 2nd ed. San Francisco : Miller Freeman
2. Comstock, G.L. 1971. The Kinetics of Veneer Jet Drying. *Forest Prod. J.* 21(9) : 104~110
3. Fleischer, H.O. 1965. Heating Rates for Logs, Bolts and Flitches to be Cut into Veneer. U.S. Forest Prod. Lab. Report No. 2149
4. Kinoshita, N., and T. Takano. 1989. Rotary Veneer Peeling of Softwoods(I). *Bull. For. & For. Prod. Res. Inst.* No. 356 : 63~86
5. Kinoshita, N. 1984. Effects of Peeling Conditions on Veneer Qualities in Thick Veneer Peeling. *Bull. For. & For. Prod. Res. Inst.* No. 326
6. Koch, P. 1965. Effects of Seven Variables on Properties of Southern Pine Plywood I. Maximizing Wood Failure. *Forest Prod. J.* 15 : 355~361
7. Koch, P. 1972. Utilization of the Southern Pines. USDA Agric. Handbook. No. 420 : 903
8. Koch, P. 1985. Utilization of Heartwoods Growing on Souther(?) Pine Sites Vol. II.

USDA. Agric. Handbook. No. 605

9. Lutz, J. F. 1978. Wood Veneer : Log Selection, Cutting, and Drying. USDA. Forest Prod. Lab. Technical Bulletin. No. 1577 : 1~137
10. Lutz, J. F., A. Mergen, and H. Panzer 1967. Effect of Moisture content and Speed of Cut on Equality of Rotary- Cut Veneer. USDA Forest serv. Res. Note FPL - 0176 : 13
11. Laity, W.W., G.H. Artherton, and J.K. Welty. 1974. Comparisons of Air and Steam as Veneer Drying Media. *Forest Prod. J.* 24(6) : 21~29
12. Research Team on the Wood Properties of Native Hardwoods. 1988. Studies on the Wood Properties of Native Hardwoods of Major Importance(V). Res. Rept. For. Res. Inst. No. 36 : 79~92
13. Suh, J. S., and J. Y. Park. 1988. A Study on the Veneer Peeling, Drying Properties and Plywood Properties Relevant to Softwood Species. Res. Rept. For. Res. Inst. No. 37 : 55~62
14. Takano, T., and N. Kinoshita. 1989. Rotary Veneer Peeling of Softwoods(II). Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No. 356 : 87~132
15. Tsoumis, G. 1991. Science and Technology of Wood. Van Nostrand Reinhold : 309~326
16. US. Forest Products Laboratory. 1962. The Manufacture of Veneer. Report No. 285.
17. Woodfin, R.O. Jr. 1973. Wood Losses in Plywood Production. *Forest Prod. J.* 23(9)
18. Yoshida, H., T. Taguchi, K. Nozaki, and T. Ogura. 1974. Some Factors Effecting the Qualities of Peeled Larch Veneer. *J. the Hokkaido Forest Prod. Res. Inst.* 2 : 1~5