

國產材 曲木家具 製造를 위한

Microwave-Heating System 活用に 관한 研究 ( I )<sup>\*1</sup>

- Microwave-Heating에 의한 아까시나무의 素材翫가공 특성 -

蘇元澤<sup>\*2</sup> · 蔡正基<sup>\*2</sup>

Study on the Application of Microwave-Heating System  
for Making Bent-Wood Furniture ( I )<sup>\*1</sup>

- Solid-Wood Bending Properties of *Robinia pseudo-acacia* L.  
by Microwave-Heating -

Won-Tek So<sup>\*2</sup> · Jyung-Ki Chai<sup>\*2</sup>

ABSTRACT

Black locust trees(*Robinia pseudo-acacia* L.) are growing widely in Korea and have been used to get honey and animal feed, but they have seldom been used as manufacturing materials.

This study was carried out to evaluate the possibility of using black locust as bent-wood furniture materials. Softening methods were steaming and micro-wave heating. The specimens of 15×15×350mm were all air-dried.

For softening, specimens were steamed at 100℃ for 7 min. or microwave heated for 35 seconds. It is known that microwave heating softens wood much faster than steaming.

The bending processing conditions are showed in Table 7. The minimum solid-bending radii of black locust were 40mm for steaming and 150mm for micro-wave heating, respectively. In conclusion the steamed black locust showed very good solid bending properties, but the bending properties of micro-wave heated black locust were not sufficient for bent-wood furniture.

*Keywords* : Microwave-Heating, bent-wood, *Robinia pseudo-acacia*

\*1 접수 1995년 6월 9일 Received June 9th, 1995

본 연구는 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

\*2 전남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

# 1. 서 론

세계적인 목재자원의 감소추세와 함께 원목생산국들의 자원보호정책 강화는 날로 심각해지고 있으며 1992년 리우에서 개최된 유엔 환경개발회의(UNCED) 이후 국제적인 산림감시기능이 더욱 본격화해질 전망이다. 현재 우리나라의 목재수급구조가 85%이상 수입재에 의존하고 있고 장기적인 목재수급도 해외산림자원에 크게 의존해야 할 실정인만큼 UNCED의 산림의정서에 따라 열대목 재벌채량의 감소, 그리고 엄격한 벌채규정에 따른 목재 가격 상승으로 국내 목재산업에 막대한 영향을 미칠 것이 예상되고 있다.

따라서 이러한 목재자원공급의 어려움을 극복하기 위해서는 조금씩 생산량이 증가하고 있는 국산재를 산업에 전량 이용할 수 있도록 다각적인 용도개발연구가 선행되어야 할 것이며 기술적인 측면에서도 목재이용률을 높이고 기존의 박리다매 형태보다는 고품질의 고급제품을 생산하여 부가가치를 높이는 방향으로 전환해야 한다고 생각한다.

그동안 소나무와 낙엽송을 중심으로한 국산침엽수재는 일반 건축재와 마루판 및 기타 포장재 등으로 생산량 대부분이 산업적으로 이용되고 있으나 활엽수자원은 국내 생산량이 극히 적고 원목의 형질 또한 매우 불량하여 표고버섯골목, 지주목, 연료 등에 일부 이용될 뿐 거의 활용되고 있지 못하는 실정이며 산업용 가공재료로서의 활엽수재 이용은 거의 수입원목에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 20년 이상 조림에 힘쓴 결과 지금은 점차 국산 원목생산량이 증가되고 있는 추세이며 따라서 이들 국산재의 이용개발 특히 국산활엽수자원의 이용은 매우 시급히 해결해야 할 과제로 대두되고 있다.

국산 유용활엽수 자원의 하나인 아까시나무는 근래에 들어서 아까시나무 연구회를 중심으로 아까시나무의 중요성을 강조하고 있으나 아직까지 아까시나무에 대한 국민의 인식과 이에 대한 국내의 학술적 연구의 뒷받침이 매우 부족한 실정에 있다.

또한 본 연구주제인 곡목 제조이용은 목재의 손실을 줄이고 강도를 저하시키지 않으면서 필요한 형태의 판곡재료를 생산하는 방법(Kollmann *et al.*, 1968 : Stevens *et al.*, 1970)으로 구미선진국에서는 고급가구제조에 적극 이용되고 있으나 국내가구업계에서는 대중적인 일반 실용가구생산에 주력해 왔고 또한 이 분야의 전문기술부족 등으로 아직까지 접근하지 못하고 있는 형편이며 단지 소규모로 등나무를 이용한 소가구류 및 실내장식용품과 일

부 적층 곡목재를 수공업적으로 생산하고 있는 초보적인 수준을 면치 못하고 있다. 또한 곡목제조의 기술적인 측면에서도 종래의 증자법과 직화법이 이용되고 있는 정도이며, microwave-heating에 의한 곡목제조는 아직 산업화되지 못하고 있다. microwave-heating system은 오래전부터 목재건조(Barnes *et al.*, 1976 : Illingworth *et al.*, 1977 : Olson *et al.*, 1983) 및 집착분야에서 널리 이용되어 그 효율성이 인정받고 있으나 곡목 제조분야에서는 얇은 단판을 여러 장 집착해서 휨가공하는 집성곡목제조에 일부 적용되는 정도이고 아직까지 두꺼운 solid wood 상태의 곡목제조에는 이용되고 있지 않는 실정이며 국내연구에서도 감나무건조(姜, 1995)에 이용한 정도이다.

따라서 본 연구에서는 국산활엽수종 중 아까시나무를 대상으로 microwave-heating system에 의한 목재의 온도 및 함수율 변화, 연화처리시간, 휨곡률반경 등 소재 휨가공특성을 구명하고 오래전부터 관행적으로 사용해 온 증자처리 곡목법과 비교함으로써 새로운 소재곡목법으로서의 가능성을 진단하며 국산재 이용 곡목가구생산을 위한 기술축적으로 국산활엽수재의 활용도를 제고시키는데 목적을 두고 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 實驗材料

#### 2.1.1 공시목 준비

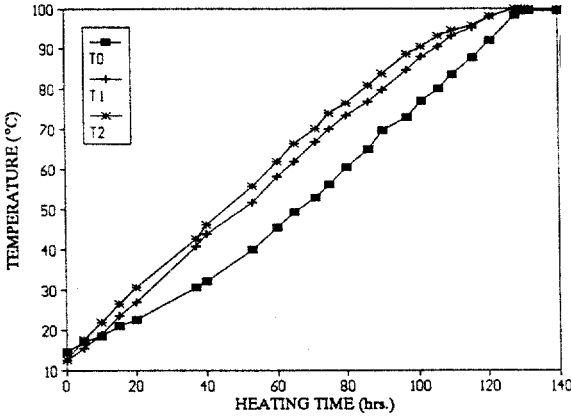
본 연구는 전남 장성에 자생하고 있는 아까시나무를 공시수종으로해서 수간이 통직하고 흉고직경 20cm 이상의 생장이 양호한 수령 31~32년생의 長齡林木 2본을 공시목으로 선정, 벌채한 후 길이 110cm로 횡절해서 총 10개의 원목을 사용하여 실험을 수행하였다.

준비된 원목은 폭 2cm 간격으로 판목제재한 후 실내에서 3개월 이상 천연 건조를 실시하여 함수율 12% 이하로 기건시킨 다음 시험편을 제작하였다. 시험편의 치수는 시험편의 제작수율을 높이고 곡목가공을 용이하게 하기 위하여 15×15×350mm의 소형으로 대패가공하여 시험편으로 사용하였다.

#### 2.1.2 軟化處理裝置

##### 2.1.2.1 Steaming vat

증기가열 연화처리를 위해 사용된 증자처리조는 electric-heating system의 스테레스강철 제4각형 수조를 사용하였다. 증자처리시에는 덮개를 씌워서 증기를 집결시켰으며 증기압이 상압을 초과하지 않도록 덮개를 클램



T0 : temp. of steam  
 T1 : temp. of water in center  
 T2 : temp. of water in corner

Fig. 1. Steaming capacity of treating vat.

평하지 않고 온도계 삽입용 코우크를 개방하였으며 응축된 물방울이 시편에 떨어져 함수율이 부분적으로 높아지는 현상을 방지하기 위해 처리조 내부에 경사판을 설치하여 응축수가 경사판을 따라서 측벽으로 떨어지도록 조치하였다.

증자처리조의 가열시간에 따른 온도상승은 Fig. 1과 같다.

### 2. 1. 2. 2 Microwave-heating oven

시편의 Microwave-heating에 의한 연화처리를 위해 가정용 전자레인지에 이용하였으며, 사용된 전자레인지의 성능은 발진주파수 2,450Mhz, 정격고주파출력 Max. 700w로서 중앙에 회전원판이 설치된 내부치수 22×37×39cm, 용량 35 l 였다.

## 2. 2 實驗方法

### 2. 2. 1 목재의材質 특성 조사

한국공업규격 KS F2202-2212에 따라 목재의 평균 연륜폭, 변재율, 비중, 수축률, 압축강도, 휨강도, 휨탄성계수, 충격휨 흡수에너지, 전단강도 등을 측정하였다.

시험편은 용이, 할렬, 부후 등의 결점을 제외한 흉고 건전부위에서 채취하고, 시험편의 제작 및 처리방법은 표준 목재시험기준을 따랐으며 목재의 함수율 및 수축팽창에 대한 영향을 최소화하기 위해 적정 온·습도 조건하에서 조습처리를 실시하였다.

시험측정 반복수는 항목에 따라 변이가 있으며 평균 10

반복을 기준하였다.

## 2. 2. 2 목재의 素材휨가공 특성시험

### 2. 2. 2. 1 목재의 内部溫度 측정

적정연화처리시간을 산출하기 위하여 가열연화처리 중 시험편의 내부온도변화를 측정하였으며 온도측정기구는 열전식 온도지시계를 사용하였다. 사용된 thermometer의 성능은 온도측정범위 -220~1370℃, 정도 0.1% ±1 digit,이며 CA형 열전대가 부착되어 있다. 온도의 측정부위는 시험편 횡단면의 중앙에 직경 2.3mm의 구멍을 깊이 30mm까지 뚫은 후에 열전대를 삽입하여 1℃ 단위로 내부온도를 측정하였다.

### 2. 2. 2. 2 휨가공 裝置

연화처리된 시험편은 여러가지 곡률반경으로 휨 수 있도록 간단한 수가공장치를 고안제작하여 휨가공하였다. 휨가공세트는 작업대 위에 4조를 설치하고 휨가공 형틀의 곡률반경은 20mm에서 200mm까지는 10mm간격, 200mm에서 400mm까지는 20mm간격, 400mm에서 800mm까지는 50mm간격으로 37개를 제작하여 사용하였다.

휨가공시 처리재의 인장파괴를 피하기 위하여 인장대철을凸면에 설치하였으며 대철의 재료는 1.2mm 스텐레스강철과 0.5mm 스프링강철을 사용하였다. 대철의 양단에 전후 이동할 수 있는 나사식 end stop을 부착하여 처리재의 신장을 제한하도록 하였다. 대철 중앙부 측면에 역시 나사식 side press를 설치하여 처리재에 적당량의 측면압을 가해줌으로써 휨가공시 정확한 곡률반경을 갖게 하고 또한 처리재가 형틀로부터 이탈되지 않도록 하였다. 휨가공시 end stop부분이 뒤로 쫓겨지는 현상은 충분한 길이의 reversed lever로 방지하고 휨가공후 처리재의 곡형이 후처리에 의하여 안정될 때까지 turn buckle 또는 철사를 사용하여 고정시켰다.

### 2. 2. 2. 3 蒸蒸處理에 의한 素材휨가공 특성조사

Steaming vat에 가법계 덮개를 씌우고 격렬하게 물을 끓여서 증기를 충분히 집결시킨 후 시험편을 넣어서 100℃ 상압의 포화가열증기를 이용하여 증자연화처리를 실시하였다.

사용된 시험편의 함수율은 12%이하로 조습된 기건목재이며 가열연화된 시험편은 휨가공장치를 사용하여 기준곡률반경을 중심으로 전후 20mm간격으로 휨가공을 실시하고 그때의 휨가공상태를 평가하여 적정곡률반경을 구명하였다.

### 2. 2. 2. 4 휨가공성의 評價

곡목의 휨가공성 평가는 가공후의 표면상태를 관찰해

서 일본 임업시험장의 평가기준(1977)을 보완하여 다음과 같이 4단계로 구분하고 각 곡률반경에 대해서 5분의 시험편을 사용하여 A, B급이 3개 이상일 때 곡가공 가능으로 판정하였다.

- A급: 압축측, 인장측 모두 전혀 손상이 없는 것.
- B급: 압축측에 약간의 파괴주름이 보이지만 연마시 제거될 수 있는 것.
- C급: 일단 휨 수는 있으나 압축파괴가 심한 것.
- D급: 切損 또는 인장파괴가 심한 것.

### 2.2.2.5 Microwave-heating에 의한 素材翹 가공 특성조사

Microwave oven을 이용하여 시험편을 가열연화처리하고 재래식 증자처리 곡목제조와 동일한翹 가공장치를 사용하여 곡목을 제조하였으며 이때의 적정 곡률반경을 구명하고 제조된 곡목의 상태를 관찰하여 증자처리법과 비교분석함으로써 microwave-heating system의 적용가능성을 판단하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 供試木の 性狀 및 形質

공시목으로 사용한 아까시나무 원목의 정상 및 형질을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of sample tree.

Log No.	Diameter (cm)	Length (cm)	Age (year)	Bark (mm)	Sapwood (mm)	Ann. ring (mm)	Latewood (%)	Eccentricity (%)
1-1	24~19	110	31	Max. 19	7	2.7	10	11.3
1-2	20~18							
1-3	19~17							
1-4	18~17							
2-1	25~22	110	32	Max. 22	10	2.9	10	8.8
2-2	22~21							
2-3	20~18							
2-4	19~18							
2-5	18~17							
2-6	17~17							

Note : Data except diameter came from DBH.

Table 2. Physical and mechanical properties of black locust

Sp.Gr.*		Shrinkage(%)		Compr. strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	M.O.R. (kgf/cm <sup>2</sup> )	M.O.E. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Shear strength (kgf · m/cm <sup>2</sup> )	Impact strength (kgf m/cm <sup>2</sup> )
Sap.	Heart.	$\alpha_s$	$\alpha_l$					
0.71	0.85	5.42	7.09	751	1,482	126,500	186	1.49

\* : based in air dry weight and volume.

아까시나무의 육안적 구조는 횡단면상 연륜식별이 뚜렷하고 미세한 도관이 관찰되며, 심재는 갈색, 변재는 담황연녹색으로 심·변재의 경계가 분명하였다. 방사조직은 방사면에서는 육안식별되지만 접선면에서는 식별하기 곤란하였다. 판목재에서는 나뭇결무늬가 뚜렷하고 美觀한 반면에 정목재에서는 통직목리형태를 나타내기는 하나 매우 불명하였다.

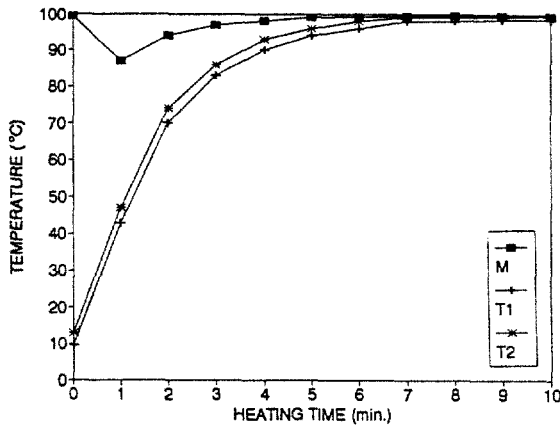
변재폭은 7~10mm로서 대부분 심재로 구성되어 있으며 따라서 비중을 제외한 모든 시험편은 심재에서 채취하였다. 생장속도는 수령 10년까지의 유령목에서는 평균 연륜폭 5mm 이상을 보이나 그 이후의 생장은 매우 완만하여 전체 평균연륜폭은 2.7~2.9mm에 불과하였다.

### 3.2 木材의 物理 機械의 性質

아까시나무의 기초재질을 파악하기 위하여 비중, 수축률, 압축강도, 휨강도, 휨영계수, 충격강도 및 전단강도 등을 측정하였으며 그 결과를 종합한 평균치는 Table 2와 같다.

### 3.3 木材溫度變化

목재를 손상없이翹 가공하기 위한 전처리로서 가열에 의한 연화처리를 실시하여 목재의 靛性を 증대시키며 이때 가열원에 따른 목재내부의 온도변화를 조사하여 적정



T0 : temp. of steam  
 T1 : temp. of wood in end 1  
 T2 : temp. of wood in end 2

Fig. 2. Change in internal temperature of black locust by steaming.

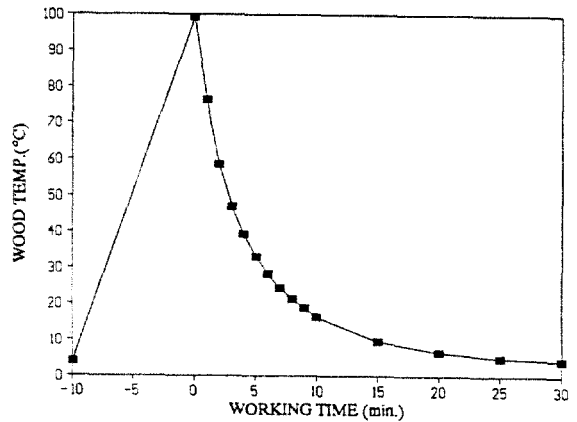
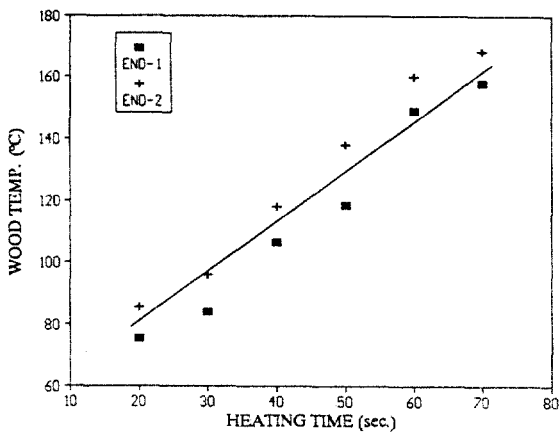


Fig. 3. Change in internal temperature of black locust by working time right after steaming



END1 : Temp. of wood in end 1  
 END2 : Temp. of wood in end 2

Fig. 4. Change in internal temperature of black locust by microwave-heating.

에 98°C까지 상승하였다. 또한 증자완료후 放置時間에 따른 曲木의 내부온도변화는 Fig.3에서 보이는 것처럼 역시 곡선적으로 하강하였으며 온도상승에 비하여 상당히 완만하게 진행되었다.

Saito 등(1952)의 실험에서 나타난 곡목의 내부온도가 80°C 이하에서는 연화효과가 현저하게 저하되는 사실을 적용하여 초기온도에서 연화처리 한계온도인 80°C까지 냉각되는데 소요되는 시간을 산출해본 결과 약 1분정도로서 곡목작업의 여유시간이 매우 짧은 문제점이 제기되고 있다.

Microwave가열연화시 가열시간에 대한 곡목의 내부온도변화는 Fig.4와 같이 시간이 증가할수록 거의 직선적으로 증가하였다. 가열시간 35초정도면 100°C에 도달하고 1분 경과시 150°C이상에 도달하였다. 가열된 곡목을 실온의 대기상태에서 방치했을 때 방치시간에 따른 내부온도변화는 Fig.5와 같이 곡선적으로 하강하는 경향을 나타내며 작업 중 온도자연하강을 예상할 때 작업시간 5분이 경과하면 목재온도가 80°C이하로 떨어져서 연화효과 현저한 상실이 예상되었으므로 곡목작업이 적어도 5분이내에 완료되어야 할 것이다.

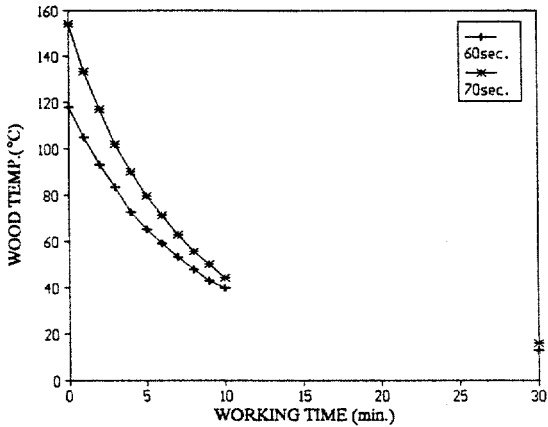
연화처리시간을 산출하였다.

먼저 증기가열에 의한 목재온도변화를 측정된 결과는 Fig.2에 나타난 것과 같이 목재내부온도가 증자초기 2분까지는 급격히 상승하였고 그 후 둔화되어 목재내부온도가 90°C에 이르는 4분경부터는 매우 완만해졌으며 7분경

### 3. 4 목재의 含水率 변화

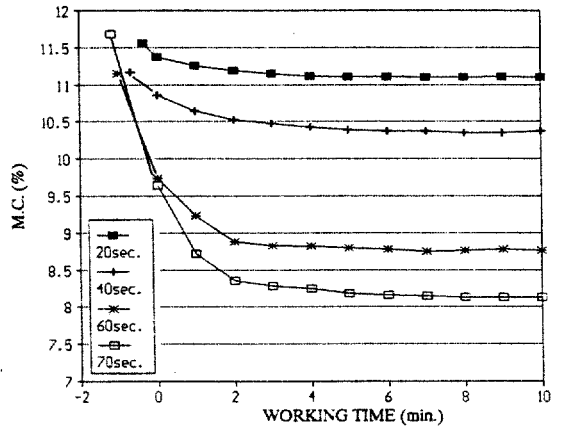
가열연화처리에 의한 목재의 함수율변화를 加熱源別로 조사한 결과 각각 Fig.6 및 Fig.7과 같이 나타났다.

먼저 증기가열시 가열시간을 5분에서 30분까지 4단계로 구분하여 연화한 결과 Fig.6에서 보이는 바와 같이 처리후 목재의 함수율이 2.0~3.2%정도 증가하였다. 증



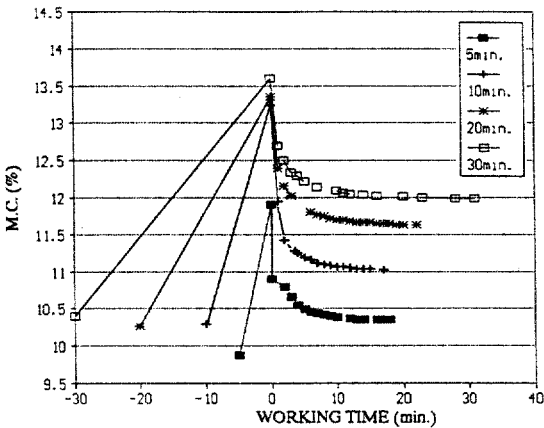
60sec : microwave-heated for 60sec.  
70sec : microwave-heated for 70sec.

Fig. 5. Change in internal temperature of black locust by working time right after microwave-heating.



20sec : microwave-heated for 20sec.  
40sec : microwave-heated for 40sec.  
60sec : microwave-heated for 60sec.  
70sec : microwave-heated for 70sec.

Fig. 7. Change in moisture content of black locust by microwave-heating.



5min : steamed for 5min.  
10min : steamed for 10min.  
20min : steamed for 20min.  
30min : steamed for 30min.

Fig. 6. Change in moisture content of black locust by steaming.

자중 함수율상승은 초기에 급격히 증가한 다음 점차 완만해지는 곡선경향을 나타냈으나 microwave가열시와 비교를 위해 증자곡선경향은 그림에서 생략했다. 처리목재를 대기상태에 방치하였을 경우 목재온도의 냉각과 함께 초기 3분까지는 함수율이 급격히 하강하는 경향을 보였

으나 15분이후에는 거의 안정되었으며 이때의 함수율은 연화처리전에 비해 0.5~1.6%정도 높은 상태를 유지하고 있었다.

따라서 증자처리에 의해 목재의 함수율은 상수리나무를 이용한 蘇(1985)의 연구결과와 같이 증가되어지며 처리후 휨가공작업과정에서 증가된 수분이 자연 증발되어 함수율이 감소되어지나 30분이상 장시간 처리할 경우에는 휨가공작업이 완료된 후에도 함수율 증가분의 절반이상 잔존하게 되므로 곡목의 이용함수율을 맞추기 위해서는 후건조를 실시할 필요도 있다고 본다.

Fig. 7은 microwave가열시 가열시간을 20초에서 70초까지 4단계로 구분하여 연화한 결과이며 처리직후 목재의 함수율은 증자처리와는 반대로 0.2~2.0%정도 감소하였다.

가열시간 20초일 때의 목재온도는 80°C에서 70초일 때 165°C로 가열시간이 길수록 목재온도가 높아서 처리목재를 실내에 방치하였을 경우 경과시간에 따른 수분증발에 의한 함수율 감소속도가 증가하였으며 전체적으로 비교적 완만한 함수율감소경향을 보였다. 함수율이 안정되는 시간도 증자처리의 15분보다 훨씬 짧은 5분경에 거의 안정되고 있고 이때까지의 총 함수율 감소량은 0.5~3.5%에 이르고 있다. 즉 증자처리에서는 처리후 목재함수율이 증가되고 있으며 장시간 처리에 대한 지나친 함수율 증가를 고려해야하는 반면에 microwave처리에서는 처

Table 3. Basic conditions of softening for solid-wood bending.

Heating method	Specimen	M.C. (%)	Annual ring placement	Softening temp. (°C)	Softening time (min.)
Steaming	Heartwood	12±1	Flat-grain	99±1	20
Microwave	Heartwood	12±1	Flat-grain	155±5	1

Table 4. Solid-wood bending of black locust wood by steaming.

R.O.C. tested (mm)	No. of specimens graded in bending				Bending possibility	Minimum R.O.C. (mm)
	A	B	C	D		
80	4	1			PS	
60	2	2	1		PS	40
40	1	3	1		PS	

Table 5. Solid-wood bending of black locust by microwave-heating.

R.O.C. tested (mm)	No. of specimens graded in bending				Bending possibility	Minimum R.O.C. (mm)
	A	B	C	D		
200	2	2	1		PS	
150	1	3	1		PS	150
100		1	3	1	IS	

Note : R.O.C. : Radius of curvature

- A: without bending failure
- B: with minor compressive failure - negligible for practical use - in the concave side
- C: with remarkable compressive failure
- D: with breakage or tension failure
- PS: possible. IS: impossible

리전보다 오히려 함수율이 감소하므로 최종 제품의 이용 함수율에 맞추기 위한 휨가공전 목재의 함수율을 조정할 필요가 있다.

### 3.5 목재의 素材 휨가공성

#### 3.5.1 Steaming에 의한 휨가공

아까시나무의 steaming에 의한 소재 휨가공성은 Table 3의 기본조건을 적용하여 휨가공을 실시하였으며 얻어진 결과는 Table 4와 같이 측정되었다.

증자가열 휨가공시 曲率半徑 80mm에서는 4개의 곡목이 A급으로서 전혀 압축파괴가 없는 우수한 휨가공성을 보였으며 단지 1개만이 B급으로 판정되었으나 미세한 압축주름이 일부 보이는 정도로 양호하였다. 한단계 작은 60mm에서도 역시 C급 압축파괴가 1개 있으나 휨가공이 양호하였다. 또한 40mm의 곡률반경에서도 C급 압축파괴 1개를 제외한 나머지 4개의 곡목이 A, B급으로서 휨가공가능으로 판정되었으므로 더 작은 곡률반경인 30mm이하로 실험을 계속해야 할 것이나 본 연구의 수가공법으로서는 30mm이하의 곡률까지 만곡시킬 수가 없었기 때문에 최소 40mm의 곡률반경까지만 측정하는

것으로 곡률반경 구명시험을 완료하였다. 그러나 40mm에서의 휨가공상태로 판단해볼 때 아까시나무의 경우 40mm이하에서도 휨가공의 가능성이 예상되고 있다. 따라서 아까시나무의 곡목재두께(t)와 곡률반경(r)의 비(t/r ratio)는 적어도 2.67이하임을 알 수 있었다. 유럽산 아까시나무의 경우는 두께 25mm의 기건재를 증자에 의한 곡목제조시 38mm까지 휨가공가능하며 휨가공성이 매우 우수한 그룹에 속하고 있다(FPRL, 1967).

#### 3.5.2 Microwave-heating에 의한 휨가공

아까시나무의 microwave가열에 의한 소재휨 가공성도 마찬가지로 Table 3의 기본조건을 적용하여 곡목가공을 실시해본 결과 Table 5와 같이 측정되었다.

Microwave가열시 곡률반경 200mm와 150mm에서는 C급 압축파괴가 모두 1개씩 있었으나 휨가공이 양호하였으며, 100mm에서는 휨가능한 B급의 1개를 제외하고는 압축파괴가 심하여 휨加工이 곤란하였다. 특히 압축파괴가 내부까지 깊게 진행되어 절손에 가까운 경우도 관찰되었다.

따라서 이때의 最小曲率半徑은 150mm으로 결정되었는 바 증자곡목법의 40mm에 비해 매우 큰 곡률로서 당초 예상보다 훨씬 못미치는 결과이며 microwave에 의한 휨가공성이 불량한 것으로 나타났다. 그 원인으로서 증자곡목의 경우 목재온도상승과 증습된 수분의 이중 연화효과를 나타내어 휨가공을 용이하게 할 수 있었으나 microwave곡목에서는 온도상승에 의한 단일 연화효과만 작용하였을 뿐만 아니라 Fig.7에서 보이는 것처럼 연화처리 중에 오히려 목재의 함수율이 감소되는 문제가 수반되었기 때문이라고 생각된다. 즉 기건상태의 목재를

microwave가열할 경우는 함수율의 감소 특히 표면수분의 감소로 인한 목재의 경직성이 증가되어 조직파괴없이 휨용력을 흡수할 수 없게 되고 유연한 휨가공이 어려워진다고 보여진다. 결과적으로 가열에 의한 소성증대보다는 수분감소에 의한 소성상실이 더 크게 작용함으로써 연화처리의 효과가 반감되는데 그 원인이 있다고 할 수 있겠다. 따라서 심한 곡률로 휨가공할 때 기계적으로 압축되지 않는 다량의 내부수분은 압축파괴의 원인이 된다(Jorgensen, 1965; Peck, 1968)고 하지만 microwave곡목시 적어도 가열중 감소되는 양만큼의 목재함수율을 높일 필요가 있다고 생각된다.

결론적으로 증자휨가공에서는 아까시나무 기건재를 사용했을 경우 양호한 곡목을 제조할 수 있었고 특별한 함수율 문제가 제기되지 않았으나 microwave휨가공에서는 기건재를 사용했을 경우 곡목제조가 불량하였으며 이는 목재의 함수율을 조정함으로써 개선될 여지가 있을 것으로 생각되는 바 앞으로 추가실험을 통해 목재함수율과 microwave휨가공의 관계를 구명하고 이에 따른 microwave휨가공의 가능성을 재검토하고자 한다.

#### 4. 결 론

국산 활엽수 자원의 하나인 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia* L.)는 재질이 매우 견고하고 미려한 색상과 무늬를 가지고 있어서 외국에서는 특수용재로서 많이 이용되고 있을 뿐만 아니라 그 가치를 높이 인정받고 있다. 국내에서도 전국적으로 이미 상당량의 임목축적을 보유하고 있으나 산업용 가공재료로서는 거의 이용되지 않고 있으며 왕성한 맹아생장력을 가지고 있어서 타수종의 성장을 억제하기 때문에 산림에서는 오히려 장애식물로 기피되어 왔었다.

따라서 본 연구에서는 수입외재의 국산재대체를 위해 전국토에 널리 분포되어있는 아까시나무를 대상으로 곡목가구로서의 용도개발가능성을 구명하기 위하여 microwave가열처리에 의한 소재휨가공특성을 조사하고 종래의 증자곡목법과의 비교분석으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아까시나무는 판목면에서 나뭇결무늬가 뚜렷하고 색상이 美麗하여 화장단판 제조용으로 가능하며, 기초재질특성 또한 Table 2와 같이 비중이 높고 우수한 강도를 지니고 있어서 일반 산업용 가공재료로서도 충분한 가능성을 보여주었다.
2. 목재내부온도 100℃에 이르는 연화처리시간은 증자곡목시 7분이 소요되었으나 microwave곡목에서는

35초만에 도달하였다.

3. 연화처리후의 목재함수율변화는 증자곡목시 가열시간에 비례하여 2.0~3.2%정도 증가한 반면에 microwave곡목에서는 0.2~2.0%정도 감소하였다.
4. 연화처리목재를 대기상태에 방치하였을 경우 증자처리재는 목재온도의 냉각과 함께 증가되었던 함수율이 0.5~1.6%로 감소하는 경향을 보였으나 microwave처리재는 계속 함수율이 감소하여 전체 함수율 감소량이 0.5~3.5%에 달했다.
5. 아까시나무 기건재의 증자곡목법에 의한 최소 곡률반경은 40mm로서 매우 우수한 휨가공성을 나타냈으나 microwave곡목법에 의한 최소 곡률반경은 150mm로서 휨가공성이 불량하였다.

#### 참 고 문 헌

1. Barnes, D., L. Admiraal, R. Pike and V. N. P. Mathur. 1976. Continuous system for the drying of lumber with microwave energy. *Forest Prod. J.* 26(5): 31~42
2. Forest Products Research Laboratory. 1967. The steam bending properties of various timbers. FPRL Leaflet No. 45: 10
3. Illingworth, P. and H., Jr. Klein 1977. Microwave drying of ponderosa pine cross-sectional disks. *Forest Prod. J.* 27(2): 36~37
4. Jorgensen, R.N. 1965. Furniture wood bending. Part I. An inquiry into the theory and practice of bending wood. *Furniture Design & Manufacturing* 37(12): 60, 62
5. Kollmann, F.F.P. and W.A., Jr. Cote. 1968. Principles of wood science and echnology. I. Solid wood. Springer-Verlag, New York : 541~551
6. Olson, J.R. and D.G Arganbright. 1983. Drying sweetgum veneer with combination of impinging hot air and microwave energy. *Forest Prod. J.* 33(5): 51~56
7. Peck, E. C. 1968. Bending solid wood to form. Agr. Handbook 125. USDA Forest Ser. : 1~37
8. Saito, Y., K. Kitahara and S. Kano. 1952. A fundermental study on the drying condi-



- tions of wood-bending. *Wood Industry* 7(10): 440~443
9. Stevens, W.C. and N.Turner. 1970. Wood bending handbook. Forest Prod. Lab.: 110.
10. Working group on utilization of tropical woods. 1977. Properties of some Papua New Guinea woods relating with manufacturing process V. Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 295 : 175~220
11. 姜瑋陽. 1995 Golf club head용 감나무재의 Microwave 건조(I). *木材工學* 23(1):35~41
12. 蘇元澤. 1985. 煮沸, 蒸煮 및 藥劑處理가 상수리 나무와 소나무의 靱加工性에 미치는 影響. *木材工學* 13(1):19~62