

단판 적층성형 학생용 책상 · 의자의 제조적성

**Feasibility of Manufacturing Desk and Chair with Curved
Veneer Lamination**

서진석 · 박종영 · 한기만

단판 적층성형 학생용 책상·의자의 제조적성

서진석*¹, 박종영*¹, 한기만*²

Feasibility of Manufacturing Desk and Chair with Curved Veneer Lamination

Jin-Suk Suh*¹, Jong-Young Park*¹, Ki-Man Han*²

목 차

- | | |
|------------|-------------------------|
| 1. 서론 | 3-1. 적층성형 부재의 제조 |
| 2. 재료 및 방법 | 3-2. 적층성형 부재의 물리·기계적 성질 |
| 2-1. 실험재료 | 4. 결론 |
| 2-2. 실험방법 | 5. 참고문헌 |
| 3. 결과 및 고찰 | |

ABSTRACT

As physical condition of students improves, there is a need to develop human body-friendly desk and chair for students. In this study, desks and chairs were manufactured with curved veneer lamination under high frequency heating and pressing, using ten wood species such as Japanese red pine, Korean pine, pitch pine, Japanese larch, yellow poplar, black locust, oak, radiata pine, beech, and birch. The performance of these products were evaluated. The results obtained were summarized as follows:

With high frequency heating, the curved lamination of veneers with full size sheet (3×6 feet) prepared by rotary lathe peeling was successfully applied for making the members of desk top, leg frames of desk and chair.

Bending strengths of desk tops were relatively greater for yellow poplar, black locust and red pine, which were similar to those of beech and birch. Bending strengths of desk legs were classified into greater species group (red pine, yellow poplar, larch) and lower species group (radiata pine, Korean pine, pitch pine). Compressive strengths of chair legs in parallel direction to the lamination were greater in black locust and larch.

On the other hand, differences between outer and inner gap at the top and drawer bottom of desk top were rather larger for the laminations of birch and beech, and less for those of yellow poplar and pitch pine, showing greater stability of open drawer space.

In results, yellow poplar, larch, pitch pine and red pine showed good appearance and strength properties at the curved veneer lamination. Accordingly, it was believed that these domestic woods were able to substitute for birch which was being imported for the use of veneer-laminates type furniture.

Key words : human body-friendly desk and chair, high frequency heating, curved veneer lamination, desk top, leg frames of desk and chair

*1 : 국립산림과학원, The Korea Forest Research Institute, Seoul, 130-712, Korea

*2 : 벤틀퍼니처, Bentek Furniture, Kwangjoo City, Kyungki-do, 464-865, Korea

1. 서 론

목재로 된 만곡성형제는 인간에게 가장 낮은 치수인 재료라고 할 수 있다. 일찍부터 의자 등 가구와 악기부재로서 사용되어 왔으며, 접착기술의 진전에 따라 가구·악기제 뿐만 아니라 스포츠용 및 건축재로도 널리 제조·이용되고 있다. 한편, 우리나라의 국산재 현황을 살펴보면, 산림면적 6,412천ha에 448백만 m^3 가 축적되어 있으며, 그 중 소나무가 134백만 m^3 , 참나무가 128백만 m^3 , 낙엽송이 51백만 m^3 , 리기다소나무 29백만 m^3 등으로 조성되어 있어, 이들이 장령림에 도달함에 따라 국산재의 수요창출 및 고부가가치화를 위한 용도개발이 요구되는 시점이다. 특히, 본 연구에서와 같이 인체친화적인 木製 학생용 교구재를 개발하는 것은 국산재 이용을 활성화 할 수 있으며, 이 교구재를 사용하는 학생들에게는 국산재 이용에 대한 자긍심을 심어 주는 자연스런 기회도 된다.

일찍부터 유럽에서 曲木가구(의자 등) 제조시 너도밤나무에 수증기를 처리하여 휨가공하는 토네(Thonet)법이 이용되었다(2004, 李 등). 국내에서는 낙엽송재를 煮沸처리하여 인장대철을 붙인 휨가공틀을 이용하여 곡목을 제조하는 연구가 蘇(1992)에 의하여 수행된 바 있다. 또한, 黃 등(2002)은 한국산 10수종에 대한 휨가공후 품질을 평가하여 수종의 밀도가 휨가공성(bending quality)에 영향한다고 하였다. 그리고, 소나무재의 휨가공성에 대하여 대철(metal strap) 두께와 연륜배향간의 관계를 고찰하였다. R. Murakami 등(2002)은 목재의 휨가공성에 목재의 구조와 물리·화학적 성질이 영향을 미친다고 하였으며, 성형반경(r)과 시편두께(t)의 비율(r/t) 6을 지표로 하여, 방사조직 함량, 밀도 및 평균 microfibril 角의 측정에 의해 휨가공성을 평가하였다. K. Ohshima 등(2002)은 100℃ 이상의 고온 및 0~100%의 습도조건에서 목재를 압축변형시키고, 삶음처리에 의하여 응력을 완화함으로써 고정시키는 효과에 대해 연구하였다.

본 연구에서는 위에서와 같은 국산재 이용 촉진을 배경으로 하여, 기존의 蒸煮처리와 대철에 의하여 목재를 휨가공하던 것과는 달리, 두께 1.2~1.5mm의 薄단판을 여러매 접착·적층하고, 고주파가열방식으로 만곡성형함으로써 학생용 책상 및 의자 부재를 제조하고 그 성능을 평가해 보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 연구용 국산재는 참나무, 아까시나무, 백합나무, 낙엽송, 리기다소나무, 소나무, 잣나무였으며, 합판 중판에 사용되는 라디에타소나무, 그리고 가구공장에서 적층성형용으로 쓰이는 beech, birch 단판을 대조로 사용하였다. 공시단판은 인천에 소재한 합판공장에서 rotary lathe를 이용하여 절삭하였으며, 단판 절삭 두께는 1.2mm, 1.5mm였다.

적층성형시험을 위한 단판접착조건은 농축 및 미농축 요소수지, 밀가루, 염화암모늄, 초산비닐에멸전수지를 적정비율로 혼합한 상태로 glue spreader에 의하여 도포를 실시하였다.

2.2. 실험방법

본 연구는 원목 → 단판절삭 및 건조 → 단판 제단·조합 → 접착제 도포 → 고주파 가열압제(만곡성형 부재 제조) → 책상·의자 조립의 順으로 실시하였다. 책상·의자용 만곡성형틀 3종을 제작하여 적층성형 실연시험을 실시하였다. 그리고, 제조된 3종의 부재에 대하여 물리·기계적 성질을 측정하였다. 한편, 고주파가열압제로 책상상판을 성형한 후 탈형한 부재는 C형으로 만곡성형되어 응력에 의한 변형 유발을 고려하여, 폭이 약 10cm 되는 파티클보드를 버팀목으로 만곡성형합판의 개구부측에 끼었다. 이 조건으로 2일 퇴적한

후 버팀목을 꺼내어 즉시, 또는 몇 주일 지난 후 책상상판(합판) 성형후 C형 개구부 간극의 평형성, 즉, 책상상판과 서랍재 바닥간 개구부의 입구측와 안쪽의 간격(段差)을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1. 적층성형 부재의 제조

본 연구를 위하여 단판을 적층성형하는 가구업체의 협조를 얻어 공장실연시험을 실시하였다. 우선, 친인체적인 만곡성형틀을 3종 고안·제작하였으며, 이후 성형치수에 맞추어 단판을 재단하고 소정 두께의 성형품 제조를 위하여 필요한 단판매수를 조합·접착하여 고주파 가열압체를 실시하였다. 고주파 출력은 15kW, 압체시간은 적층두께 15~28mm를 기준으로 하여 12~15분을 적용하였다.

책상·의자 부재의 만곡성형 및 제조부재 3종의 모양은 Fig. 1과 같았다. 한편, 세 부재의 두께는 책상상판(서랍검용, C형)이 15mm, 책상다리(口형 유사)가 22mm, 의자다리(사다리꼴 형태)가 28mm였으며, 소요되는 최장 단판의

길이는 책상다리의 경우 1,780mm로서 이 단판 길이는 일반 합판공장에서 적용하는 rotary lathe에 장착하여 절삭할 수 있는 범위의 치수로서 별도의 slicing이 필요하지 않아 廣幅의 단판을 얻을 수 있는 장점이 있었다.

3. 2. 적층성형 부재의 물리·기계적 성질

책상상판용 합판의 밀도는 잣나무(0.49g/cm³)~아까시나무(0.82g/cm³)였다. 가구공장용 beech와 birch는 각각 0.76g/cm³, 0.72g/cm³였으며, 속성수로 알려진 백합나무는 낙엽송의 밀도(0.58g/cm³)와 같았다. Table 1과 같이, 책상상판용 합판의 휨강도에 있어서는 백합나무, 아까시나무, 소나무가 627~758kgf/cm²로서 현행 가구용 단판적층재료(LVL)인 beech와 birch의 휨강도(748~765kgf/cm²)와 비슷한 수준으로서 물성면에서 유망하였다. 휨과괴시 변형량에 있어서는 리기다소나무와 백합나무가 각각 21.3(평행방향)~27.1mm(직각방향), 22.5(평행방향)~26.5mm(직각방향)로서 birch, beech보다는 작았으나 타수중에 비해서는 비교적 탄성이 큰 경향을 나타냈다. 한편, Table 2와 같이, 책상다리용 단판적층재의 휨강도는 소나무, 백합나무, 낙엽송群이 863~944kgf/cm²로서 라디에타소나무, 잣나무, 리기다소나무群의 454~743kgf/cm²보다 높았다. 또한, 의자다리용 단판적층재의 종압축강도는 아까시나무, 낙엽송(526~556kgf/cm²) > 백합나무, 소나무, 라디에타소나무(417~468kgf/cm²)의 경향을 보임으로써 국산 침엽수재인 낙엽송의 적합성이 컸다.

한편, 만곡성형으로 제조된 책상·의자 부재(합판, LVL)의 밀도와 강도적 성질(휨강도, 압축강도)간의 상관을 살펴보았다. Fig. 2와 같이, 책상다리용 LVL의 밀도와 휨강도간의 상관(R²= 0.64)은 의자다리용 LVL의 밀도와 종압축강도간의 상관(R²= 0.57)보다 근소하게 더 높았으며, 책상상판용 합판의 밀도와 휨강도간에는 상관이 R²= 0.47로서 낮았다.

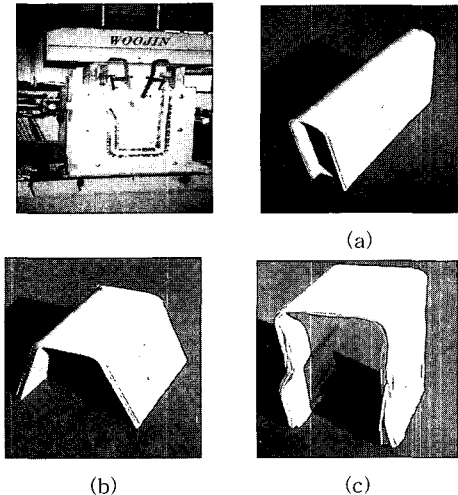


Fig.1. Curved veneer lamination under high frequency heating and laminated members (a:Desk top, b:Desk leg, c:Chair leg)

Table 1. Physical and mechanical properties of plywoods for desk top

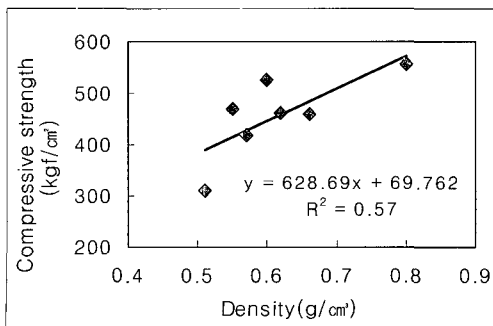
Species	Ply	Thick-ness (mm)	Density (Air-dry) (g/cm ³)	Bending strength (kgf/cm ²)		Bending MOE (10 ³ kgf/cm ²)		Displacement at bending failure(mm)		Moisture content (%)
				Parallel	Perpen-dicular	Parallel	Perpen-dicular	Parallel	Perpen-dicular	
Oak*	10	12.5	0.77	323 e	354 bc	65.5 d	29.8 c	14.3	29.3	12.2
Black locust	10	13.7	0.82	694 ab	482 a	91.0 b	40.6 a	15.2	23.6	12.0
Pitch pine	10	15.1	0.65	535 cd	306 cd	58.0 e	23.6 ef	21.3	27.1	10.4
Larch	13	15.5	0.58	435 d	289 de	65.3 d	25.1 de	9.6	19.9	9.6
Red pine	13	15.3	0.67	627 bc	358 bc	67.4 d	27.5 cd	19.1	22.5	11.0
Yellow poplar	13	15.1	0.58	758 a	351 bc	76.5 c	27.4 cd	22.5	26.5	9.8
Korean pine	10	15.0	0.49	450 d	233 e	47.7 f	21.2 f	17.6	17.3	9.3
Radiata pine	10	14.9	0.50	519 d	254 de	61.8 de	24.4 de	16.4	17.6	10.6
birch	10	13.9	0.72	748 a	397 b	99.9 a	36.4 b	24.0	27.2	-
beech	15	14.7	0.76	765 a	403 b	98.5 a	35.8 b	32.5	34.2	-

Table 2. Strengths of laminated veneer lumbers for desk legs and chair legs

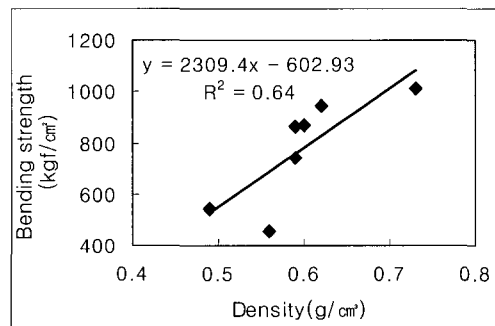
Species for desk legs	Ply	Thick-ness (mm)	Bending strength (kgf/cm ²)	Bending MOE (10 ³ kgf/cm ²)	Displacement at bending failure(mm)	Species for chair legs	Ply	Thick-ness (mm)	Compressive strength (kgf/cm ²)
Oak*	15	2.17	606 cd	77.0 d	23.0	Oak*	19	24.5	337 c
Black locust	15	1.98	1,013 a	117.8 b	32.2	Black locust*	20	28.2	556 a
Pitch pine	15	2.22	454 e	61.4 e	25.7	Larch	24	27.3	526 a
Larch	19	2.37	863 ab	106.2 c	20.9	Red pine	24	27.3	459 b
Red pine	19	2.18	944 a	117.7 b	25.4	Yellow poplar	24	27.9	461 b
Yellow poplar	19	2.20	871 ab	101.0 c	27.0	Korean pine	24	27.4	311 c
Korean pine	19	2.17	545 de	83.3 d	17.5	Radiata pine	19	28.1	417 b
Radiata pine	19	2.19	743 bc	126.9 a	15.4	Radiata pine	24	27.7	468 b

Note: 1. * : Burning and weak adhesion occurred owing to the greater moisture content of veneer by short circuit at high frequency heating in Tables 1 and 2.

2. Means with the same letters in Tables 1 and 2 are not statistically different at a 5% significance level using Duncan's multiple range test.



(a)



(b)

Fig. 2. Correlation between density and strength of LVL for chair leg(a) and desk leg(b).

책상상판(서랍겸용형)의 만곡성형에 의한 固定性을 살펴보았다. 이 성질은 개구부가 형성된 서랍재의 앞뒤 높낮이, 즉 평형성에 영향을 미치는 인자로서 국산 침·활엽수 중 백합나무, 리기다소나무는 버팀목을 빼낸 후 초기에 내·외측이 약 10cm를 유지하였으며, 몇 주일 경과한 후에도 타 수종에 비하여 비교적 초기 간격을 유지하는 경향이 큰 것으로 나타났다. 수종간에는, birch> beech> 소나무, 잣나무> 낙엽송> 리기다소나무, 라디에타소나무> 참나무> 아까시나무, 백합나무의 단차 크기경향을 나타냈다.

한편, 조립된 책상·의자는 Fig. 3과 같았다. 적층성형부재의 제조·성능면에서, 백합나무, 낙엽송, 리기다소나무, 소나무의 외관과 강도적 성질이 비교적 양호하였다. 따라서, 현재 단판적층가구용 단판으로서 수입된 beech

(표면구성), birch(중층구성)가 사용되고 있음을 감안할 때, 위의 국산 수종에 의하여 birch 등의 대체가 가능할 것으로 판단되었다.

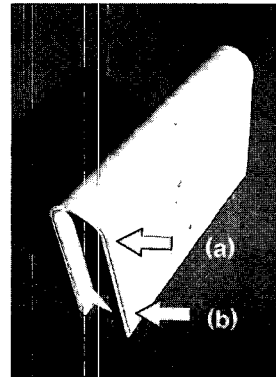


Fig.3. Inner side(a) and outer side(b) of curved desk top plywood with open-spaced drawer.

Table 3. Gap difference between inner-and outer-sides front desk top to drawer bottom.

Species	Inner side gap(mm)	Outer side gap(mm)	Gap difference (mm)	Thickness at middle area of desk top(mm)
Oak	99	84	15	12.8
Black locust	100	88	12	15.2
Pitch pine	99	82	17	15.3
Larch	98	78	20	15.2
Red pine	100	69	31	15.1
Yellow poplar	100	88	12	15.0
Korean pine	98	68	30	15.0
Radiata pine	99	82	17	14.8
Birch	96	49	47	13.5
Beech	97	58	39	14.1

Note : The gap difference was measured after a few weeks passed after decompression and drawing out supporting material of PB.

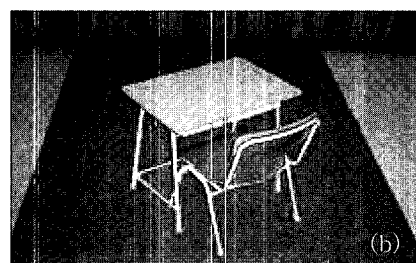
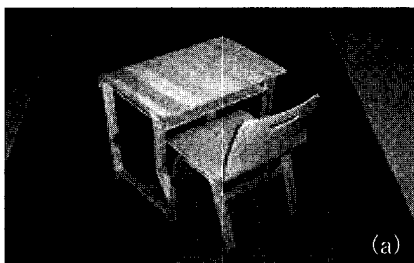


Fig. 4. Desk and chair made with curved veneer lamination(a) and commercial products of desk and chair manufactured with plywoods combined with iron frame and plastic drawer(b)

4. 결 론

최근 학생들의 체위가 향상되었으며, 이에 적합한 인체친화형 학생용 책상·의자 개발이 요구되었다. 따라서, 본 연구에서는 고주파 가열·압체를 적용하여 국산재를 이용한 적층성형 책상·의자를 제조하고 그 성능을 구명하고자 하였다. 본 연구에서 얻어진 주요결과는 다음과 같다.

1. 고주파 가열에 의하여 책상·의자 부재(상판, 다리프레임)의 적층성형이 가능하였으며, 소요단판을 합판공장의 rotary lathe로 단판 절삭할 수 있는 장점이 있었다.
2. 수종별 책상상판의 휨강도는 백합나무, 아까시나무, 소나무가 비교적 컸으며 beech, birch류에 육박하였다. 책상다리용 적층재의 휨강도는 소나무, 백합나무, 낙엽송류이 라디에타소나무, 잣나무, 리기다소나무류보다 높았으며, 의자다리용 단판적층재의 종압축강도는 아까시나무, 낙엽송의 적합성이 컸다.
3. 만곡 책상상판(서랍겸용형)의 윗판과 서랍바닥간의 개구부 입구측과 안쪽의 간격차이(段差)는 가구용재로 사용되는 birch와 beech는 오히려 컸으며, 백합나무, 리기다소나무 등은 작은 편으로서 윗판-서랍재간 개구부의 평형성이 컸다.
4. 결과적으로, 백합나무, 낙엽송, 리기다소나무, 소나무의 적층성형시 외관·강도적 성질이 양호하여, 이들 국산수종에 의하여 적층가구용 birch의 대체가 가능할 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

- 소원택. 1992. 가구용 부재의 국가공 특성. 한국가구학회지 제3권 제1호 : 8-13
- 이원희, 변희섭. 2004. 국산수종의 휨가공성

- 평가. 한국가구학회지 제15권 제3호 : 10-17
- Katsuhito Ohshima, Toshiro Morooka and Misato Norimoto. Some mechanical properties of wood under superheated steam. Wood Research No. 89 : 27-28.
- Kweonhwan Hwang, Insuk Jung, Weonhee Lee, Junpok Jang, Hyunmi Bae and Misato Norimoto. 2002. Bending quality of main Korean wood species. Wood Research No. 89 : 6-10.
- Misato Norimoto, Chiharu Ota, Hiroshi Akitsu and Tadashi Yamada. 1993. Permanent fixation of bending deformation in wood by heat treatment. Wood Research No. 79.
- Rei Murakami, Fumio Tanaka and Misato Norimoto. 2002. Relationship between bending quality and wood species. Wood Research No. 89 : 21-22.
- Zhihui Wu, Takeshi Furuno and Binyuan Zhang. 1997. Temperature properties of curved laminated veneer lumber during hot pressing with radio frequency heating. Mokuzai Gakkaishi 43(10) : 847-854

