

목 가구 디자인에서 곡면 성형을 위한 베큘프레스의 활용

Practical Use of Vacuum Press for Curvature Formation in Wooden Furniture Design

주저자 : 위한림 (Wee Han-Lim)

협성대학교 가구디자인학과

1. 서론

- 1-1. 연구배경 및 목적
- 1-2. 연구방법 및 범위

2. 목재벤딩의 의미와 필요성

3. 목재벤딩기법의 종류와 특징

- 3-1. 건식벤딩
- 3-2. 습식벤딩
- 3-3. 적층벤딩

4. 목재의 종류와 방법에 따른 벤딩의 상관관계

- 4-1. 벤딩을 위한 수종의 선택
- 4-2. 벤딩과 스프링백

5. 베큘프레스의 활용

- 5-1. 베큘프레스의 작업성
- 5-2. 베큘프레스의 원리와 특징
- 5-3. 베큘프레스와 접착제
- 5-4. 베큘프레스의 활용성과 벤딩 응용

6. 결론

참고문헌

(要約)

가구디자인의 분야는 다른 제품디자인 분야와 다르게 순수 디자인영역과 함께 스튜디오작업을 병행하는 경우가 많다. 이러한 경우는 대량 생산하는 산업가구보다는 다품종 소량생산이나 맞춤형 주문가구, 혹은 부가가치를 극대화한 작품가구 등을 들 수 있으며, 이러한 작업은 주로 소규모의 공방에서 이루어진다. 이와 같은 소규모 가구 스튜디오에서의 디자인과 제작은 대량생산에 비해 형태와 조형성에서 비교적 자유로울 수 있으며 그에 대한 대표적 조형의 요소는 '곡선'이라고 볼 수 있다. 나무는 그 재료적 특성 상 원목의 곡선 카빙을 제외한 자유로운 곡선의 조형이 까다롭기 때문에 특별한 벤딩기법을 적용해야하는데 이를 위해서 본 연구에서는 베큘프레스의 벤딩기법의 효율성과 가능성을 연구하였다. 베큘프레스의 특징과 다양한 기능분석 및 이를 바탕으로 한 기법개발과 실험을 통해서, 특히 가구디자이너를 위한 소규모 스튜디오에서의 베큘프레스의 효율성과 생산성의 가치를 파악하고 보다 효과적인 벤딩의 작업성을 위해 적절한 충족조건 등을 찾아내고자 하였다.

(Abstract)

In contrast with product design field, some designers who work in furniture field tend to do their own studio works as well as typical designing part. Especially in the small furniture studios for the limited quantity batch production, custom made or handmade craft furniture which is finished with high quality, the propensity for their own production is more obvious than in the big furniture companies in this case. In this kind of small-scale furniture studios, they have more chance to create the various formative works and 'curved shape' is one of the most important elements to form creative pieces. Except by carving, it is very difficult to make curved wooden shape because of own characteristic of wood. Therefore, the special techniques of bending wood are essential to formative furniture production and vacuum press system is introduced as a main subject for the bending wood method in this study. Especially for the designers who work as makers as well at the small furniture studios, the value of vacuum press system on efficiency and productivity of work was sought by testing and improving the method of wood bending techniques. According to this practical searching, ideally sufficient condition on vacuum pressing work was founded as a result on this study.

(Keyword)

Vacuum Press, Wood Bending, Furniture Design

1. 서 론

1-1. 연구배경 및 목적

가구디자인에 있어서 목재벤딩의 시도는 과거에도 종종 있었지만, 1855년 미하엘 토네(Michael Thonet)¹⁾의 곡목의자 No.14가 대량 생산되면서 목재의 벤딩 기법이 본격화 되었고 이는 가구디자인에 있어서 목재의 조형적 표현의 범위를 확장시키는 중요한 기술로 인식 되었다. 이후에도 다양한 목재 벤딩기법이 개발되어 현재 가구디자인에 응용되고 있다. 본 연구는 벤딩 기법 중에서 진공성형의 원리를 응용한 베큘프레스를 이용한 성형방법에 대한 고찰로서, 국내에서는 잘 소개되지 않았지만 그 우수한 활용도와 효율성을 통한 소규모 공방 등에서 활동하는 가구 디자이너들의 디자인과 작업 영역을 확대시킬 수 있는 계기를 마련하고자 한다.

1-2. 연구방법 및 범위

가구의 중요한 재료 요소인 목재를 벤딩하는데 있어서 기존의 건식벤딩, 습식벤딩, 적층벤딩 등과 함께 베큘벤딩의 원리와 특성을 비교하고 이해함으로써 베큘벤딩의 활용도를 알아보고자 한다. 특히 일반적으로 알려진 베큘프레스의 기술적 제약의 해결을 위해서 다양한 응용기법의 실험을 통해 활용 가능성을 알아본다. 이와 같은 기술적 사례 연구를 통해서 다른 벤딩기법에 비해서 보다 효율적인 곡면형태의 창출과 이를 위한 응용기법의 실용적 가능성을 도출하고자 한다.

2. 목재벤딩의 의미와 필요성

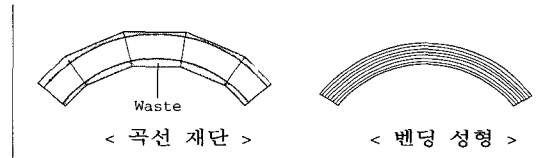
목재는 가구나 건축 등에 주재료나 부재료로 사용되는 재료로서 자연 상태의 다양한 수종으로부터 가공 재단하여 사용되는 중요한 재료이다. 목재는 수종에 따라 무른 것과 단단한 것으로 나뉘며 소나무나 삼나무 등의 무른 침엽수종의 목재는 주로 건축 재료나 가구의 보조재로 사용되고 비교적 단단한 단풍나무나 호두나무, 뱀나무 등의 활엽 수종은 고급가구의 주재료로 많이 사용된다. 과거에는 가구에 쓰이는 재료가 다양하지 않아 대부분 목재를 사용했으나, 현재까지 다양한 소재가 개발되어 가구의 형태와 구조에 큰 변화를 가져오게 되었다. 그러나 목재는 아직까지도 원목이 지니고 있는 친근함과 고급스러움 때문에 높은 가격에도 불구하고 많이 선호되고 있다.

그러나 목재 특유의 재료적 특성 때문에 디자인에 있어서 구조와 형태 성형에 많은 제약이 따른다. 목재는 조직에 방향성을 가지고 있고 습기에 변하기 때문에 각별한 주의를 필요로 한다. 목재는 보관 상태에 따라서 습기와 온도에 의해 자연적으로 휘는 성질이 있지만, 앞에서 말하는 목재의 벤딩은 의도하는 곡률로 성형하는 것으로서 목재 자체의 성질로는 자연 상태에서의 성형이 어렵다. 따라서 목재를 원하는 형태로 휘기 위해서는 다양한 방법이 동원되는데, 그 중 가장 오래되고 대표적인 방법이 적층벤딩이다. 적층벤딩은 전통적인 클램프

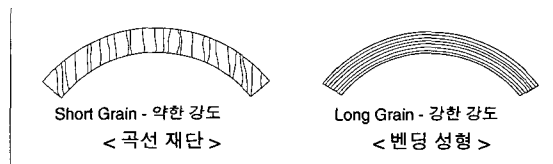
1) Michael Thonet (1796~1871)는 1830년경부터 그의 아들들과 너도밤나무를 재료로 하여 스팀을 이용한 벤딩기법을 개발하고 여러 버전의 곡목가구의 디자인을 선보였으며 그가 디자인한 의자 중에 No.14는 세계적인 베스트셀러가 되었다.

벤딩과 현재 산업체에서 많이 사용하는 고주파 고압프레스벤딩, 그리고 아직까지 국내에는 잘 알려지지 않았지만 개인 공방의 사용에 적합한 베큘벤딩으로 나눌 수 있다. 또한 미하엘 토네에 의해 개발된 습식벤딩도 현재까지 산업체에서 많이 사용되고 있는 방법이다.

벤딩기법은 목재 재료적 특성의 한계를 극복하여 표현하고자 하는 곡선을 다양하게 표현할 수 있으며, 값비싼 목재의 낭비를 최소화할 수 있고 그 구조적 강도가 매우 강하다는 점에서 큰 의미를 둘 수 있다. [그림-1], [그림-2]



[그림-1] 벤딩 성형의 자재 절감 효과



[그림-2] 벤딩 성형의 강도 상승 효과

3. 목재벤딩기법의 종류와 특징

모든 목재벤딩은 다음과 같은 세 가지 기본 요소에 의해 이루어진다.

- 첫째, 목재가 구부러질 수 있도록 형질 변경
 - 둘째, 성형을 위한 적절한 압력의 제공
 - 셋째, 변형된 형태의 고정과 유지를 위한 본딩
- 위와 같은 기본요소를 어떠한 기법으로 충족시키느냐에 따라서 각각 건식, 습식, 적층벤딩으로 분류할 수 있다.

3-1. 건식벤딩

가장 오래되고 전통적인 벤딩 방법으로 나무의 두께를 조절함으로써 곡선 형태를 만들어낸다. 이 방법으로는 판재벤딩(Plate Bending)과 커프벤딩(Kerf Bending)이 있다.

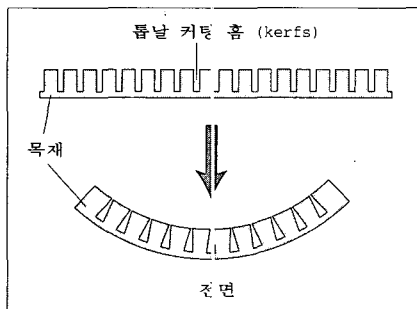
(1) 판재벤딩 (Plate Bending)

목재의 수종에 따라 해당 지름이 형성될 수 있는 적정두께의 판재로 가공하여 얇은 판재가 가지는 유연성에 물리적 힘을 가하면서 형태를 유지하는 방법이다. 곡선의 형태가 유지되기 위해서는 가구의 안쪽에 동일한 곡선의 형태로 재단된 보강 구조나 고정을 위한 별도의 연결 구조가 필요하다.

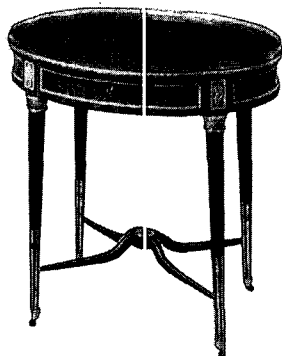
이 방법은 주로 장의 곡선형태의 천판이나 측판 등, 두께가 비교적 얇은 부분의 벤딩 처리에 많이 사용되며 다양하고 자유로운 곡선의 표현이 가능하지만 단일판재의 탄성에 의해 곡선이 표현되므로 곡선형태가 성형, 유지되기 힘들고 두께 조절을 위해서는 수종의 선택이 중요하다.

(2) 커프벤딩(Kerf Bending)

비교적 두꺼운 원목을 벤딩하고자 할 때 사용되는 방법으로 목재의 한쪽 면을 일정한 간격으로 홈을 내어 휘게 하는 방법이다. 주로 동양의 소반이나 서양의 원형 사이드테이블에서 상판을 받쳐주는 에이프론(Apron)²⁾ 부분의 곡면 처리나 두꺼운 원목의 부분벤딩에 주로 활용된다. 그러나 구조가 상대적으로 견고하지 않기 때문에 반드시 다른 구조와 연결하여 약한 구조를 보완해야한다. 돌출곡면과 함몰곡면 둘 다 표현이 가능하지만 다양한 곡면을 표현하기가 어렵고 수종에 따라 커프의 간격과 곡률의 상관관계를 이해해야만 한다는 단점이 있다.



[그림-3] 커프벤딩의 기본 원리



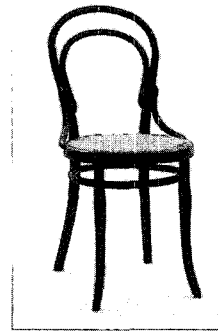
[그림-4] Russian Table, Mahogany, 1790 (커프벤딩의 적용 사례)

3-2. 습식벤딩 (Wet Bending)

습식벤딩의 기본원리는 습기를 목재에 적용하여 목재의 조직을 부드럽게 만듦으로써 벤딩을 원활하게 하는 것이다. 습식벤딩은 일반적으로 단순히 습기를 적용하는 방법과 뜨거운 증기를 적용하는 방법(Steam Bending)이 있는데, 주로 뜨거운 증기를 적용하는 방법이 널리 사용되고 있다. 스팀벤딩은 너도밤나무 등의 수종을 뜨거운 증기 탱크에 넣고 썬서 조직을 무르고 부드럽게 만든 후 벤딩을 위한 틀을 이용해서 곡선 형태를 유지한 채 건조하여 곡선을 유지하는 방법이다. 미하엘 토네가 이 방법을 개발하여 곡목가구를 대량으로 생산함으로써 유명해진 벤딩기법이다. 이 방법은 어느 정도 두께가 두꺼운 원목도 가공이 가능하며 곡선의 표현이 매우 자유로울 수 있다는 것이 큰 장점이다. 그러나 대량생산을 위해서는 설비비가 비교적 많이 소요되고 원목의 특성 상 습도와 온도에 영향을 받아 다른 벤딩방식에 비해 스프링백

2) 테이블의 상판 과 다리를 연결시켜 전면부에 해당하는 부분이다.

(Spring-Back)³⁾현상이 많이 발생할 수 있다는 단점이 있다.



[그림-5] Michael Thonet, No.14, 1859, 너도밤나무 (습식벤딩 적용)

최근에는 암모니아 처리에 의한 휨 가공이 많은 관심을 불러 일으키고 있다. 그러나 이 방법은 현재 개발단계로 소규모 작업실에서 사용한다는 것은 비현실적이며 매우 위험하다.⁴⁾

3-3. 적층벤딩 (Laminate Bending)

적층벤딩은 원목을 얇게 판재로 가공하거나 이미 가공된 베니어(Veneer)에 본드를 바르고 여러 겹 쌓아서 성형몰드에 올려놓고 압력을 가하여 굳히는 방법으로, 대량생산 뿐 아니라 소규모의 공방 제작에서도 간편하게 사용할 수 있는 방법이다. 적층되는 레이어의 개수는 최소 단위는 3개 이상의 홀수 단위로 이루어진다. 그 이유는 견고성의 향상을 위해서인데, 각 레이어의 나뭇결의 방향을 서로 수직 방향으로 교차되게 하고 각 앞면과 뒤면 표면의 결 방향은 서로 일치되어야 하기 때문이다. 그러나 원목을 판재 가공하여 폭이 좁고 긴 곡선을 성형할 때는 각 레이어를 같은 방향으로 정렬하여도 무방하며 이때의 레이어는 짝수가 되어도 상관없다. 이 방법은 여러 방법에 의해서 제작된 성형몰드가 사용되는 데 성형을 위해 압력을 가하는 방법도 다양하다. 전통적 클램프벤딩, 고주파프레스벤딩, 베큘프레스벤딩이 모두 여기에 속한다. 적층벤딩의 알맞은 작업성을 위해서는 다음과 같은 조건을 포함한다.

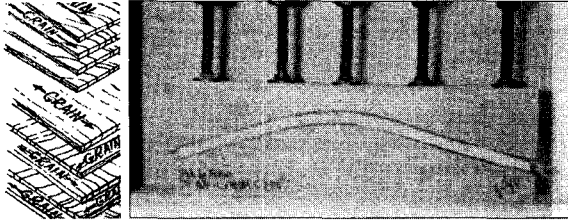
- ① 올바른 수종의 선택
- ② 용이 등이 없는 곧은결 목리(木理) (Straight Grain)⁵⁾의 목재사용
- ③ 정확하고 견고한 몰드 사용 (반복사용 시에는 합판이 적당함)
- ④ 가능한 벤딩 스트레스⁶⁾의 최소화
- ⑤ 일정시간동안의 충분한 압력
- ⑥ 수종과 상황에 알맞은 접착제 사용
- ⑦ 습기가 없고 통풍이 잘되는 작업환경

3) 벤딩된 목재가 일정 시간이 지나고 나서 곡선의 형태가 다시 어느 정도 퍼지면서 제 자리로 돌아가려는 현상

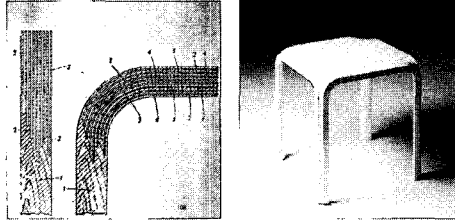
4) 태지 프리드, 박주희 역, 가구디자인 & 목재가공 2, 도서출판 예경, 1995, p2

5) 낫은결 목리는 곧은결 목리보다 벤딩 스트레스에 약하고 벤딩 과정에서 섬유조직이 파열될 가능성이 많다.

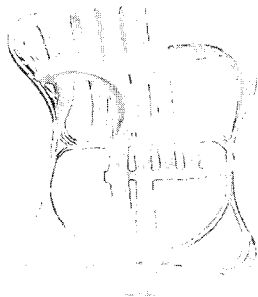
6) 목재의 두께와 곡률의 정도에 의해 정해지며, 목재가 얇고 곡률이 완만할수록 벤딩 스트레스는 낮아진다.



[그림-6] 적층벤딩의 레이어 구조와 성형원리



[그림-7] 적층벤딩을 응용하여 부분벤딩에 적용한 사례7)



[그림-8] Frank O. Gehry, Powerplay, 1990-1992

4. 목재의 종류와 방법에 따른 벤딩의 상관관계

4-1. 벤딩을 위한 수종의 선택

기본적으로 소프트우드나 하드우드 모두 벤딩이 가능하다. 그러나 하드우드의 경우 적당한 휨과 동시에 반발력을 갖고 있어 벤딩에 적합하다. 그러나 단단함의 정도가 심한 수종들은 오히려 벤딩에 적합하지 않다.

수종의 선택 이상으로 중요한 것이 목리(木理)의 방향과 모양이다. 가능한 곧은결⁸⁾의 나무결을 갖는 목재를 사용하는 것이 바람직하다.

벤딩은 목재의 두께에 직접적인 영향을 받는다. 따라서 만들고자 하는 형태의 마감을 위한 선택 뿐 아니라 벤딩의 성형도를 감안하여 두께를 조절할 필요가 있다.

특히 스팀벤딩의 경우, 몰드를 사용했을 때 벤딩의 특성이 매우 뛰어난 수종들이 있는데, 특히 너도밤나무(Beech)는 벤딩 특성이 우수하고 스프링백이 타 수종에 비해 없는 편이어서 많이 사용되고 있으며, 건식과 적층벤딩을 위해서는 가공 곡률에 따라 적당한 수종이 다양하게 사용된다.

[표-1] 수종에 따른 벤딩의 특성⁹⁾

수 종	벤딩 가공이 가능한 최소 반지름		
	건식벤딩 (두께 3mm) (mm)	스팀벤딩 (두께 25mm)	
		몰드 적용 (mm)	몰드 비적용 (mm)
울푸레나무	122	110	330
너도밤나무	114	38	330
자작나무	*	76	430
벗나무	150	51	430
밤나무	191	460	840
미송나무	198	360	690
느릅나무	117	43	320
진나무	223	480	910
히코리	147	46	380
마호가니	216	910	810
메이플	163	*	*
오크	137	25	290
소나무	150	860	740
포플러	160	810	660
시카 스프러스	137	910	810
시카모어	102	38	370
호두나무	152	25	280
적삼나무	203	390	940

*표는 관련 자료 없음

4-2. 벤딩과 스프링백(Spring Back)

벤딩은 사용 자료와 형태에 따라서 적당한 방법을 사용해야 하지만 가장 중요하게 고려해야 할 부분이 스프링백 현상이다. 스프링백이란 일정시간이 흐른 후에 벤딩했던 작업물이 다시 원래의 형태로 돌아가려는 현상을 말한다.

벤딩 후에 발생하는 스프링 백은 건식이나 적층 벤딩보다 스팀 벤딩에서 두드러지게 나타나는데, 이것은 수종을 포함하여 원목의 두께와 습도, 적용 곡선의 정도에 따라 상대적이다. 스프링백의 현상을 최소화 하기 위해서는 적층 벤딩이 가장 적합하다고 볼 수 있다. 만약에 어쩔 수 없이 스프링백이 일어나는 경우에는 별도의 고정물이나 구조들 간의 결합에 의해 이를 보완해야한다. 스프링백은 수종에 따라 다르게 나타나지만, 일정한 두께를 성형하기 위해서는 원목을 가능한 얇게 썬 커서 많은 레이어를 적용하고 각 레이어마다 목리를 엇갈리게 위치시켜야 하며 건조하고 통풍이 잘되는 환경에서 작업해야 스프링백 현상을 최소화할 수 있다. 또한 예폭시 수지 등의 접착제를 사용하면 스프링백을 더욱 감소시킬 수 있다.

5. 베큘프레스의 활용

5-1. 베큘프레스의 작업성

베큘프레스는 적층벤딩 공법 중의 하나로 국내에서나 산업체에서는 그리 일반적인 방법은 아니다. 구조상 대량 생산의 방법으로는 적당하지 않지만, 장비가 비교적

7) 이은주, 알바 알토의 가구 디자인에 관한 연구 <목재성형기법을 이용한 가구를 중심으로>, 홍익대학교, 1995, p60.

8) 주로 쿼터쏘(Quarter-Sawed)방식으로 가공된 목재에서 얻을 수 있다.

9) William D. Umstadd: Modern Cabinetmaking, GW Publisher, 1996, p513

저렴하고 사용하기가 편리하며 다양하게 응용할 수가 있기 때문에 개인 공방 등의 사용에 적당하다.

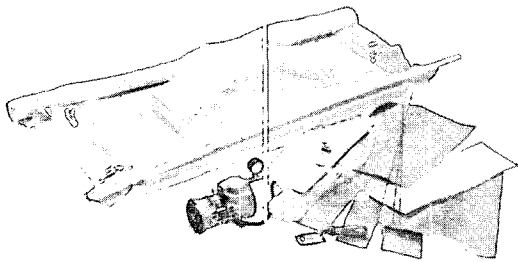
[표-2] 벤딩공법 간의 작업성 비교

	경제성	생산성	편리성	응용력
고주파집성기	하	상	상	하
베큘프레스	상	중	상	상
전통적 클렘핑	상	하	하	중

5-2. 베큘프레스의 원리·특징

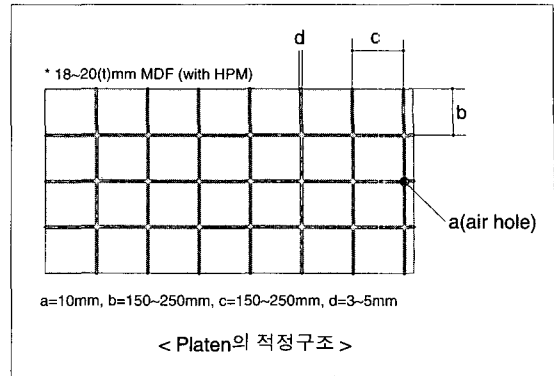
베큘프레스는 진공펌프와 베큘백 등 크게 2가지의 구성물로 이루어져있다. 벤딩하고자 하는 작업물과 성형 몰드를 우레탄 재질의 베큘백 안에 집어넣고 이를 진공펌프를 사용하여 백 안에 있는 공기를 빨아내어 성형하는 방법으로, 흔히 진공포장의 방법과 매우 유사하다.

베큘프레스는 클렘핑에 의한 광법에 비해 더욱 고르게 성형된 표면을 얻을 수 있고, 산업용 고압프레스는 암·수몰드가 둘 다 필요한 반면, 수몰드(돌출몰드)만 있으면 성형이 가능하므로 보다 더 경제적이다. 그러나 공기배출을 위한 통로의 확보를 위한 플레이트(Platen)이 별도로 필요하며 베큘백의 손상을 방지하기 위해 플레이트와 몰드, 라미네이션 원목판재들의 모서리들을 날카롭지 않을 정도로 부드럽게 다듬어주어야 한다. 우연적인 효과를 위한 자유벤딩 시에는 플레이트와 몰드가 없어도 가능하다.



[그림-9] 베큘프레스의 구성물¹⁰⁾

플레이트는 주로 멜라민수지를 접합한 18~20mm 두께의 MDF를 사용하면 효과적이며 공기배출의 통로를 위한 그루브(Groove)는 가로 세로 방향으로 각각 150~250mm 정도 간격의 그리드 모양으로 그루브의 두께와 깊이는 약 3~5mm 정도로 하는 것이 사용에 적당한 효율성을 보인다. 만약 그보다 홈을 넓게 하거나 깊게, 혹은 그리드의 간격을 좁혔을 경우, 진공성형 시 플레이트에 휨 현상이 발생하였으며, 그리드의 간격이 너무 넓게 하였을 때에는 공기의 진공효율이 떨어지는 것으로 나타났다. [그림-10]



< Platen의 적정구조 >

[그림-10] 플레이트의 적정구조

5-3. 베큘프레스와 접착제(Adhesive)

다양한 목공용 접착제들이 베큘프레스에서 어떠한 특성을 나타내는지 알아보았다. 주어진 조건에 따라 각각 다른 작업특성을 나타냈다. 흔히 목공에 사용되는 종류는 폴리초산비닐(Polyvinyl Acetate), 지방족화합수지(Aliphatic Resin), 요소수지(Urea Resin Glue), 에폭시(Epoxy), 콘택트 시멘트(Contact Cement) 계열 등을 들 수 있다.

(1) 폴리초산비닐(Polyvinyl Acetate)

흔히 화이트글루(White Glue)나 PVA로 많이 알려져 있으며 국내에서 가장 많이 사용하는 범용 목공접착제이다. 수용성이며 독성이 없고 가연성이 아니다. 그러나 공기와의 접촉에서 반응하므로 베큘프레스의 사용에는 적당하지 않았고, 제대로 건조되지 않는 결과를 보였다. 그러나 벤딩성형이 아닌 무늬목 접합이나 평판라미네이션을 위해서는 최소한의 작업성을 보여준다. 그러나 추천할 정도는 아니다. 심지어 베큘프레스의 사용이 아닌 전통적인 클렘핑의 사용에서조차도 목재의 두께와 본드의 사용량, 그리고 외부의 습도 등의 영향에 의해 경화되지 않거나, 경화 후 심한 스프링백의 결과를 보였다.

(2) 지방족화합수지(Aliphatic Resin)

흔히 옐로우글루(Yellow Glue)로 알려져 있으며 국내에서는 많이 사용하지 않지만, 화이트글루보다 접착강도가 강하고 솔벤트나 락카같은 화학물질에 대한 저항력이 우수하여 미국 및 유럽 지역에서는 화이트글루보다 오히려 많이 사용한다. 또한 실온에서 화이트글루보다 세팅타임¹¹⁾과 클렘핑타임¹²⁾이 짧고 경화 후에는 사포처리가 간편한 것이 장점이다. 그러나 역시 공기와의 반응을 통한 경화가 이루어지므로 베큘백 안에서의 클렘핑타임은 일반 작업에 비해서 매우 길어졌다. 특히 과다한 양을 사용했을 때 목재가 수분을 빨아들여 경화에 부정적인 영향을 끼쳤다. 그러나 일반 평판 적층을 위한 사용에는 긍정적인 효과를 보였다.

(3) 요소수지(Urea Resin)

합판이나 파티클보드 등의 제작에 많이 쓰이는 접착제로서 주로 분말과 액상수지로 나뉘어져 있으며 사용할 때 이들을

- 11) 접착제가 목재에 발려져서 굳기 시작하기까지의 작업시간을 말한다.
- 12) 목재에 접착제를 적용한 후에 접착이 완전히 고착될 때까지 압력을 가하는 시간을 말한다.

10)

http://www.rockler.com/ecom7/product_details.cfm?sku=1292&filter=vacu

서로 적절비율로 섞어서 사용한다. 요소와 포름알데히드의 축합반응에 의해 경화가 일어나므로 진공상태인 베큘프레스에서도 적합하다. 경화 후에 목재의 변형을 최대한 잡아주므로 건식무늬목 접합과 판재접성을 포함해서 벤딩성형에까지 추천할 수 있다. 특히 벤딩 후의 스프링백도 최소화하는 특성을 보였다.

(4) 에폭시(Epoxy)

주재와 경화제로 나뉘며 이들의 혼합으로 화학반응을 일으켜 경화가 이루어지는 대표적인 화학합성 접착제로서 목재 뿐만 아니라 목재와 다른 재료간의 결합에도 많이 쓰인다. 에폭시수지접착제는 종류도 다양하며 화학구성비율에 의해 세팅타임과 클램핑타임의 시간도 다양하여 작업의 복잡함의 정도에 따라 선택하여 사용할 수 있다. 에폭시는 접착성이 매우 우수하고 습기에 의한 변화에도 민감하지 않으며 스프링백 현상도 거의 없었다. 그러나 합착과정에서 스며나온 에폭시 덩어리들을 제거하기가 힘든 편이며, 이를 잘 처리하지 못한 경우에는 베큘백의 손상을 가져오기도 했다.

(5) 컨택트시멘트(Contact Cement)

건식무늬목을 평판에 붙일 때 간혹 사용하기도 한다. 에어브러시에 희석하여 분무하면 고르게 접착도포를 할 수 있으나, 접착력은 시간의 경과나 열, 습기 등에 따라서 다소 변질될 수가 있으므로 신뢰할만한 접착재료는 아니다. 특히 벤딩을 위한 접착력은 기대할 수 없었다.

[표-3] 베큘프레스에서 각 접착제의 작업특성 분석표

접착제종류	폴리초산비닐 Polyvinyl Acetate	지방족화합수지 Aliphatic Resin	요소수지 Urea Resin	에폭시 Epoxy	컨택트시멘트 Contact Cement
접착강도	우수	우수	매우우수	매우우수	보통
세팅타임	40분	15분	20분	15-30분	15분
클램핑타임	24시간	12시간	6시간	6시간	24시간
항 스프링 백	니쁨	보통	우수	우수	매우니쁨
내 수	보통	보통	우수	매우우수	보통
내 열	니쁨	우수	우수	우수	니쁨
내 화학(신너)	니쁨	우수	우수	우수	니쁨
샌딩작업성	니쁨	우수	우수	보통	니쁨
갭필링 ¹³⁾	니쁨	보통	보통	매우우수	니쁨

※ 실온 약 20-25℃, 습도 약 40-60%의 환경에서의 벤딩성형

위의 실험 결과로 보면 베큘프레스를 위한 접착제로 적당한 종류는 에폭시 > 요소수지 > 지방족화합수지 > 폴리초산비닐 > 컨택트시멘트의 순이며, 현실적 사용이 가능한 접착제는 에폭시, 요소수지, 지방족화합수지 계열의 접착제라고 볼 수 있다.

13) 빈 공간을 접착력을 갖고 채워줄 수 있는 특성

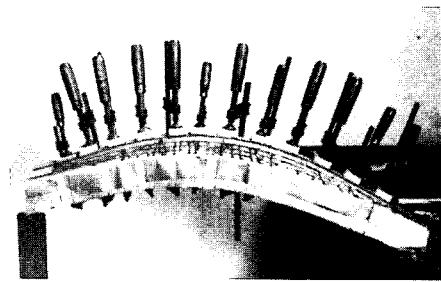
5-4. 베큘프레스의 활용성과 벤딩 응용

일반적으로 베큘프레스는 사용이 간편한 대신 벤딩의 형태에 몇 가지 제약이 있다고 알려져 있으나 여러 가지 응용기법을 이용함으로써 이러한 문제들을 상당부분 해결할 수 있다.

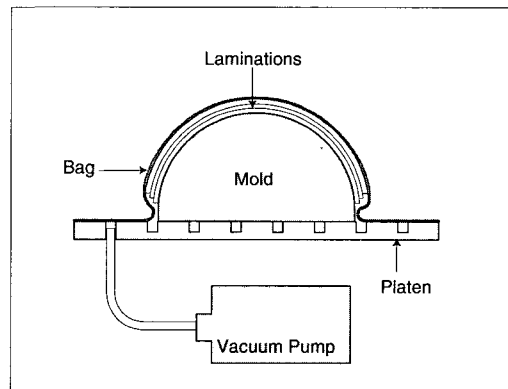
(1) 돌출몰드를 이용한 벤딩성형

가장 일반적인 벤딩성형의 방법이다. 돌출몰드를 사용하였을 때 클램프벤딩에 의한 방법은 결과물의 표면에 미세하게 클램핑의 흔적이 전사되어 다소 깨끗하지 못한 결과가 발생하는 경우가 많다. 이를 최소화하기 위해서는 암·수 몰드를 함께 사용하거나, 결과물의 표면을 보호하기 위한 추가 판재들을 충분히 보강해야 한다.

그러나 베큘프레스를 적용하였을 때는 암·수 몰드의 동시 사용 없이 돌출몰드 하나만 사용하여도 보다 깨끗하고 고른 곡면의 성형결과물을 얻을 수 있었다. 이는 베큘프레스가 고르고 일정한 양의 압력을 몰드에 동시에 적용하기 때문이다. 특히 베큘프레스는 곡면에 건식 무늬목을 합착 시키는 경우 다른 방법과는 비교할 수 없는 최상의 작업성을 보였다.

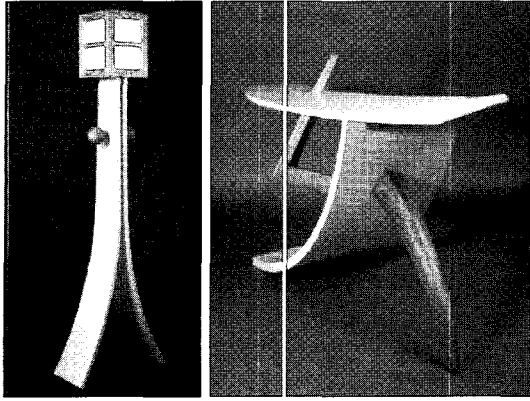


[그림-11] 일반적인 돌출몰드에서의 클램프벤딩¹⁴⁾



[그림-12] 일반적인 돌출몰드에서의 베큘벤딩

14) 태지 프리드, 박주희 역, 가구디자인 & 목재가공 2, 도서출판 예경, 1995, p13



[그림-13] 좌: 일반곡면의 베컴벤딩 사례 - 램프 '룻', 예쉬목, 1998

[그림-14] 우: 베컴프레스를 이용한 건식무늬목 합착 사례 - 확장대 '女', 메이플무늬목, 마호가니, 1998

(2) 기성제품의 몰드 활용 가능성

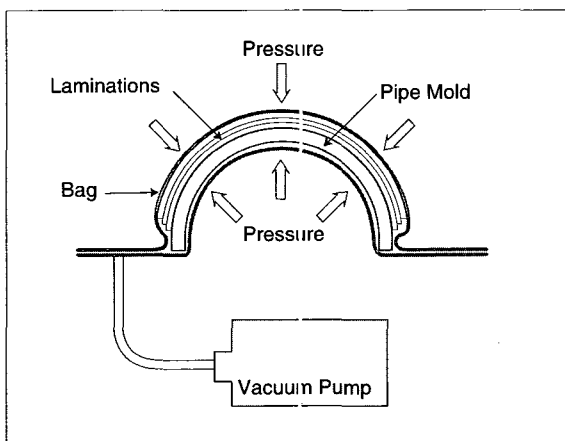
일반적으로 벤딩을 위해서는 원하는 곡률의 몰드를 따로 제작 사용해야한다. 이것은 베컴프레스 뿐 아니라 전통적 벤딩 방법도 마찬가지다. 그러나 베컴프레스를 이용하면 제작된 몰드 뿐 아니라 곡률이 일치되는 다른 기성품들을 몰드로 대체할 수 있다. 예를 들면 PVC나 아크릴 파이프 등의 사용이 가능하며 이 경우에는 플레이트 없이 사용한다¹⁵⁾.

이는 일정한 두께를 갖는 반으로 절단된 파이프가 몰드로 사용되었을 때, 베컴백의 특성에 의해서 파이프의 외경과 내경에 고른 압력을 받을 수가 있기 때문에 가능한 것이다.

전통적 클램프벤딩기법으로는 충분한 압력을 일정하게 가할 수 없으므로 파이프 등의 사용이 불가능하다.

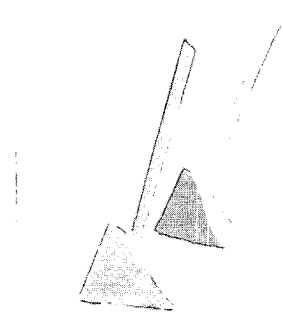
단, 몰드로 이용할 재료의 모서리가 날카롭지 않게 연마하여 야만 베컴백의 손상을 막을 수 있다.

실제로 200mm 직경의 PVC파이프를 반으로 절단한 후 1mm 두께의 체리판재목 5장을 이용하여 베컴프레스 성형을 실행한 결과 매우 만족스런 성형결과물이 나왔다. [그림-15]



[그림-15] 절단 파이프를 이용한 베컴벤딩

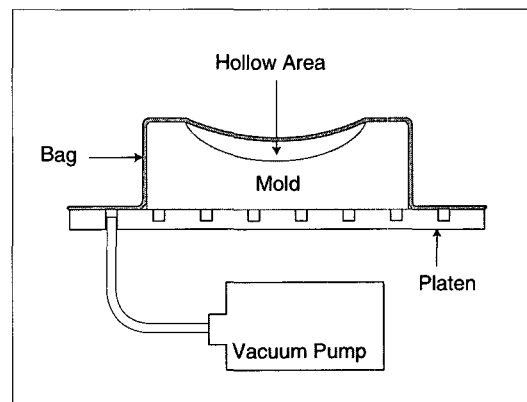
15) 플레이트를 사용하면 파이프에 변형이 가거나 파손되는 결과를 초래하게 된다.



[그림-16] PVC파이프를 몰드로 이용한 벤딩사례 - 김성아, 구두주거, 2003

(3) 합몰몰드를 이용한 벤딩성형

베컴프레스에서의 합몰곡선은 성형하기 힘들다고 알려져 있다. 합몰된 형태의 곡률이 완만한 경우는 어느 정도의 벤딩이 가능하나 일정한 곡률 이상의 상태에서는 작업이 어렵다. 이는 돌출된 곡선은 진공과정에서 구조적으로 자연스럽게 밀착되는 것에 반해서, 합몰곡선은 진공과정에서 구조적으로 들뜨는 부분이 발생하기 때문이다. 실제로 합몰곡선의 경우 베컴프레스 상에서 벤딩을 실행한 결과 곡선의 정도에 따라 상당부분 들뜨거나 혹은 충분한 압력이 가해지지 않는 현상이 발생하였다. [그림-17]



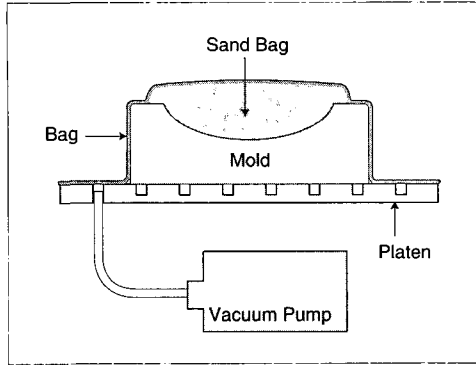
[그림-17] 합몰곡선몰드에서의 들뜸현상

그러나 이 문제는 고운 모래를 채운 샌드백을 이용함으로써 해결할 수 있었다.

샌드백이 빈 공간에 채워진 후 진공압력을 가하면 샌드백이 빈 공간에 자연스럽게 맞아 들어가 수 몰드의 역할을 하게 되므로 성공적인 성형물을 얻을 수 있었다.

이러한 방법을 통하지 않고 바로 합몰된 곡면에 베컴프레스의 진공압력을 작용했을 때에는 비록 들뜸 현상이 발생하지 않았다 하더라도, 샌드백 등을 이용하여 인위적으로 돌출된 면을 만들어 작업하는 것보다 부재에 미치는 압력이 훨씬 약했다.

[그림-18]

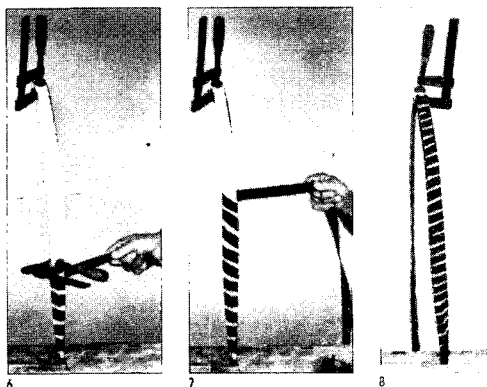


[그림-18] 샌드백을 이용한 들뜸현상의 문제해결

이 경우 샌드백은 가능한 공기가 포함되지 않게 고운 모래로만 채우는 것이 좋다. 또한 주머니를 비닐 등의 공기가 통과할 수 없는 재질을 사용할 경우 주머니 속에 남아있는 미세한 공기층으로 인해 고른 압력이 전달되지 않을 수 있으며 배큘의 압력으로 인해 주머니가 파열될 가능성이 있다. 따라서 미세하게 공기가 투과될 수 있는 직물 등의 재질 사용이 좋다.¹⁶⁾

(4) 몰드를 사용하지 않는 자유벤딩

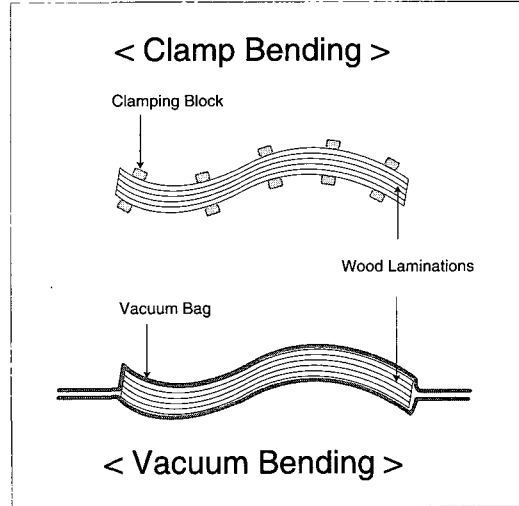
일정한 곡률을 갖지 않는 자유로운 곡선 형태를 만들 때에는 몰드의 사용 없이 클램핑 과정에서 바로 곡선의 형태를 조심스럽게 조정하면서 성형하기도 한다. 그러나 이는 많은 경험과 숙달된 기술을 전제로 한다. 일반적으로 글루의 세팅타임 내에 곡선의 형태를 이루어야 하므로 글루의 적용 이전에 시뮬레이션이 반드시 필요하다. 자유벤딩은 주로 가늘고 긴 판목재들을 주로 사용한다. 이 방법은 효율적인 작업을 위해서 최소한 3명의 인원이 필요하다. 나무의 양쪽 끝에서 각각 형태를 유지한 채 잡고 있는 상태에서 또 한 사람이 배큘펌프를 작동시킨 후에 배큘백이 말리거나 들뜨지 않게 조심스럽게 목재의 한쪽 부분부터 밀착시켜나간다.



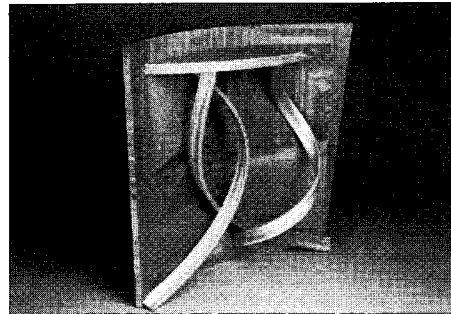
[그림-19] 전통적 방법에 의한 자유벤딩¹⁷⁾

16) 고은 짜임의 면이나 마 등을 주머니로 사용했을 때 적당한 결과를 보였다.

17) 태지 프리드, 박주희 역, 가구디자인 & 목재가공 2, 도서출판 예경, 1995, p20



[그림-20] 전통클램핑과 배큘프레스에서의 자유벤딩 비교



[그림-21] 자유곡목의 사례 - 김성아, 테이블, 체리목, 1999

6. 결론

가구를 디자인하는 과정에서 디자이너는 형태 조형의 제약에서 전적으로 자유로워 질 수는 없지만 대부분을 사용 재료의 특성과 신기술·기법을 이용하여 해결할 수 있었다. 이 중 어떤 부분을 차지하는 것이 목재의 벤딩이다. 이는 목재가 갖는 물질적 특성에서 비롯되는 조형의 제약에서부터 상당부분의 자유를 가져다주었다. 앞서서도 언급한 바와 같이 미하엘 토네(Michael Thonet)의 벤딩기법에 의해 곡목가구의 대량생산이 가능해졌고 이를 통해서 곡선적 가구디자인이 활성화, 대중화 되었지만, 가구디자인에 있어서의 벤딩은 전통적으로도 이미 사용되었던 고급기법 중 하나였으며 이는 형태와 상황에 따라 다양한 기법들로 개발되었다.

배큘프레스에 의한 벤딩기법은 비교적 최근에 알려진 기법으로 전통 수공예의 벤딩기법과 산업의 대량 벤딩기법의 단점을 극복할 수 있다.

본 연구는 여러 가지 기법의 실험과 응용을 통해서 배큘프레스의 활용을 위한 최적의 조건을 찾아내고 그동안 배큘프레스의 제약으로 알려져 있던 몇 가지 문제점들을 극복하고 이를 통해서 활용도를 더욱 높이고자했다. 특히 여러 가지 사용상의 기법개발과 실험을 통해서 본 결과 특히 개인 스튜디오나 소규모의 맞춤형가구를 디자인하고 생산 하는 분야에서 배큘프레스의 활용도는 매우 생산적이며 효율적이라는 것을 알 수 있다. [표-4]

[표-4] 베쿰프레스의 작업성 비교

	베쿰프레스	고주파집성기	클램핑
일반돌출벤딩	◎	◎	○
파이프등의 몰드활용	◎	×	×
부분적 함몰곡선	○	◎	○
자유곡선 벤딩	◎	×	○
2중곡면의 벤딩	△	◎	△
건식무늬목의 곡면합착	◎	◎	×
가격대비생산성	◎	○	○

※ 작업성에 대한 구분

◎: 우수, ○: 보통, △: 작업가능, ×: 불가능

베쿰벤딩은 진공상태에서 작용하므로 요소수지(Urea Resin)와 에폭시(Epoxy)수지 계열 등 화학반응에 의해 경화하는 접착제에만 효과를 기대할 수 있다는 점과, 작업 시 날카로운 부분에 의해서 베쿰백이 손상될 수 있으므로 작업물과 몰드의 날카로운 부분들을 항상 사전에 제거해야한다는 점은 다른 벤딩기법에 비해 단점으로 작용한다고 볼 수 있다. 그러나 이를 제외한 대부분의 작업성과 효율성 등에 있어서는 전반적으로 다른 방법에 비해 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

- 김상권: 가구제작테크닉, 조형사, 1997
- 이은주: 알바 알토의 가구 디자인에 관한 연구 <목재성형기법을 이용한 가구를 중심으로>, 홍익대학교, 1995
- 태지 프리드, 박주희 역: 가구디자인 & 목재가공 2, 도서출판 예경, 1995
- Andy Rae: The Complete Illustrated Guide to Furniture and Cabinet Construction, The Taunton Press, 2001
- Charlotte, Peter Fiell: 1000 Chairs, Taschen, 1997
- Lonnie Bird: The Complete Illustrated Guide to Shaping Wood, The Taunton Press, 2001
- Patrick Spielman, Ernest Joyce, Joyce Ernest: Encyclopedia of Furniture Making, Sterling Publishing, 1987
- Stephen Corbett: The Complete Practical Woodworker, Lorenz Books, 2001
- William A. Lincoln: The Complete Manual of Wood Veneering, Linden Publishing, 1995
- William D. Umstadd: Modern Cabinetmaking, GW Publisher, 1996
- http://www.thonet.com/Thonet_History/thonet_history.htm
- <http://www.rockler.com>