

액체암모니아 힘가공 소재를 응용한 디자인^{*1}

강호양^{*2} · 강형구^{*3}

Design Using Bent Wood Plasticized with Liquid Ammonia^{*1}

Ho-Yang Kang^{*2} · Hyung-Goo Kang^{*3}

목 차

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. 서론 | 3. 작품설명
3-1 디자인 개요 |
| 2. 액체 암모니아 힘가공 소재 제작
2-1 액체 암모니아 특성
2-2 액체 암모니아 인출
2-3 공시시편
2-4 암모니아 처리 및 힘가공
2-5 액체 암모니아처리 소재의 힘가공 | 4. 결 론
5. 참고문헌 |

ABSTRACT

Steaming has been used for bending wood for a long time, but the steam-bent wood is subject to spring-back and a relatively large radius of curvature. Liquid ammonia is known as an excellent wood plasticizer swelling both crystal and amorphous cellulose. Liquid ammonia technique for wood plasticization was developed and applied for bending alder and padauk pieces, which were used as parts of wooden furniture. The study confirmed that liquid ammonia bent wood can be used for various wood working design.

*1 이 논문은 농림부 농림기술개발사업의 연구개발 결과임.

*2 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

*3 경민대학 강사 Dept. of Furniture & Interior Design, Kyung Min College, Kyunggi-Do, 480-702, Korea

1. 서론

목재는 점탄성 물질로서 약간의 가소성을 가지고 있어 힘을 가하면 아름다운 곡선을 만들 수 있으나 약제 처리하지 않은 목재로 만들 수 있는 곡선의 곡률반경은 매우 크기 때문에 구조재 이외 용도로는 사용하기 어렵다. 오랜 동안 가소성을 높이기 위해 목재를 수증기에 쪄는 방법을 사용해왔는데 이는 목재에 열과 수분을 동시에 가하면 목재성분 분자와 물분자의 운동이 활발해져 가소성이 높아지는 원리를 이용한 것이다(Hoadly, 1980). 그러나 이러한 증기처리 방법으로 만들어진 휨가공 소재는 일정한 힘을 계속 가해주지 않으면 어느 정도 원상 회복되는 단점이 있다.

액체 암모니아는 리그닌을 가소화 시킬 뿐만 아니라 셀룰로오스 수소결합을 팽윤시켜 분자의 미끄럼을 촉진한다고 알려져 왔다(Bariska 등, 1969; Schuerch, 1964). 특히 셀룰로오스의 비결정 영역은 물론 결정 영역까지 침투하기 때문에 매우 효과적인 가소성을 나타낸다. 목재 가소화에는 특별한 효과를 나타내지만 암모니아는 상온에서 기체상태로 존재하기 때문에 액체로 유지하기 위해서는 높은 압력(15기압이상)으로 보관하여야 하며 유독성이기 때문에 취급이 매우 어렵다.

이러한 어려움을 극복하고 목재에 액체암모니아를 주입할 수 있는 처리장치를 개발하여 소나무와 밤나무 시료의 가소성 효과를 조

사하였다(강, 2000). 본 연구에서는 이 장치를 이용하여 만든 액체 암모니아 휨가공 소재를 응용하여 가구작품을 만들었다.

2. 액체 암모니아 휨가공 소재 제작

2-1 액체 암모니아 특성

액체 암모니아의 분자량은 17.03g/mol이며 1기압에서 녹는점은 -77.7°C , 끓는점은 -33.35°C 로 정상조건에서 기체로 존재한다. 압력 13.3 기압일 때 끓는점이 35°C 이므로 액체상태로 보관하기 위해서는 압력을 15기압 이상 유지해야 한다. 암모니아는 기체나 액체 모두 무색이며 자극성과 부식성이 높다. 고농도 암모니아는 심한 자극성으로 사용에 주의를 요한다. 흡입할 경우 응급조치를 취하지 않으면 사망할 수도 있다. 눈에 암모니아 기체가 닿으면 매우 따가우며 고농도 기체를 마시면 기도 점막에 기포가 생겨 호흡을 막게된다. 작업시에는 물안경과 방독면을 착용하는 것이 안전하다.

그러나 암모니아는 0°C 에서 증발열은 301.7 cal/g으로 비교적 높고, 포화증기압은 4.379 kg/cm^2 으로 비슷한 분자량의 기체에 비해 낮아 비교적 안정되므로 약간의 주의만 기울이면 위험을 예방할 수 있다.

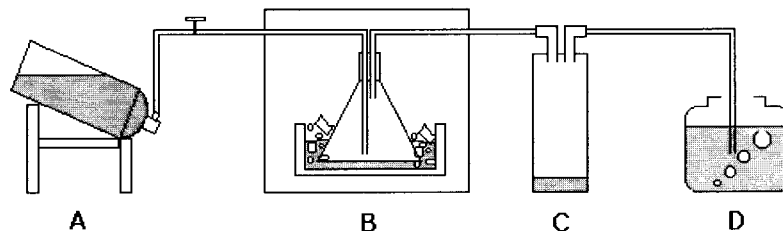


그림 1. 액체 암모니아 인출장치 모식도. A, 펌페이; B, 냉동고; C, 저수조; D, 용해수

2-2 액체 암모니아 인출

액체 암모니아를 15기압 봄베이에서 대기압으로 뽑아내는 방법에 대해서는 전보(강, 2000)에 설명되어 있다. 편의를 위해 이 과정을 모식도 나타내면 그림 1과 같다.

봄베이를 기울여 놓으므로 써 액체상태로 빠져 나오도록 하여 인출시간을 줄였다. 그림 1 B의 냉동고 내에는 드라이아이스(승화온도 -78.48°C)와 아세톤이 담긴 그릇이 있고 그 속에 삼각플라스크를 담가 삼각플라스크 온도가 순수암모니아의 어는점 (-77.7°C , 1기압)보다 낮아지도록 하여 봄베이를 빠져 나오면서 기화되었던 암모니아가 응축되도록 하였다. 그래도 응축되지 않고 삼각플라스크를 빠져 나온 기체는 D의 용해수에 모두 녹도록 하여 대기에 분산되는 것이 거의 없도록 하였다. 저수조 C는 용해수의 역류를 방지하기 설치한 것으로 만일 이것이 없으면 인출 종료 시 봄베이 밸브를 잠그면 낮은 온도로 인해 삼각플라스크의 압력이 대기압보다 낮기 때문에 용해수가 역류하게 된다. 역류한 물과 액체암모니아가 반응하면 더 이상 목재의 가소제로서 역할을 할 수 없게된다.

이렇게 뽑아낸 액체 암모니아는 영하 35°C 냉동고에 보관한다. 냉동고 온도가 이보다 높으면 암모니아가 기화되기 쉽고 이보다 낮으면 일부 삼각플라스크에서 새어나온 암모니아가 냉동고 벽면에 석출되어 주위가 매우 지저분해진다.

2-3 공시시편

액체 암모니아 휨가공 소재로 수입산인 아프리카 파덕(*Pterocarpus soyauzii*)과 국내산 오리나무(*Alnus japonica*)를 사용하였다. 파덕의 생재비중(전건무게-생재부피 기준)은 0.55-0.67(Flynn Jr. and Holder, 2001) 이며 오리나무는 0.52 이다.

그밖에 가구제작에 사용된 수종은 백참나무(*Quercus alba*)로 평균 생재비중이 0.6이다

(Flynn Jr. and Holder, 2001).

2-4 암모니아 처리 및 휨가공

작품을 위해서 직경 40mm의 원을 만들어야 하기 때문에 휨소재를 고정시킬 철물을 그림 2와 같이 특수 제작하였다. 이 철물의 내경은 50mm 인데 그 속에 암모니아 처리재를 넣고 고정시키면 목재가 줄어들어 약 40mm 직경의 원이 만들어진다.

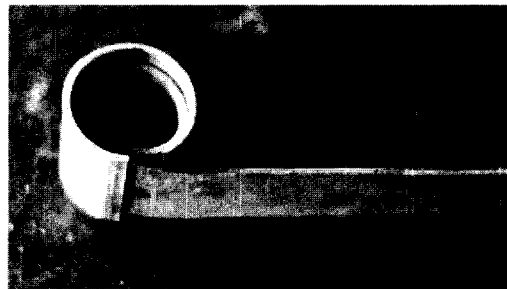


그림 2. 액체 암모니아 처리 후 고정하고 있는 모습

암모니아 처리는 다음과 같이 하였다. 영하 35°C 냉동 처리장치 안에 스테인리스 용기와 목재 시편을 넣고 문을 닫은 다음 온도평형이 될 때까지 기다린다. 만일 용기나 목재의 온도가 실온일 때 액체 암모니아를 부으면 갑자기 많은 양이 기화하여 위험하게 된다. 용기의 온도가 처리장치 내부온도에 가까워지면 냉동고에 보관하였던 액체 암모니아를 용기 속에 목재 시편이 잠기도록 충분히 붓는다. 용기 뚜껑과 냉동고 문을 닫고 정해진 처리시간동안 기다린다.

처리시간은 액체 암모니아의 투과속도에 따라 정해지는데, 투과성이 나쁜 목재와 두꺼운 목재는 처리시간이 길어진다. 두께 5mm 소나무 소재는 4시간 처리하면 충분하였다(강, 2000). 본 연구에서는 액체 암모니아를 목재에 충분히 침투시키기 위해 저녁에 담고 다음날 오전에 꺼내었다. 꺼낸 후에 약 10분 정도 공기 중에 두면, 표면에 묻은 암모니아를 증발하면서 목재 온도가 약간 정도 상

승하기 때문에 목재 유연성이 좋아져서 잘 휘어진다.

여러 차례 시행착오를 거쳐 직경 40mm 원을 만들기 위해서 파턱은 2mm, 오리나무는 3mm 두께를 넘어서는 안 된다는 것을 알게되었다. 목재의 두께와 원 직경과의 관계는 다음 식으로 표기할 수 있다.

$$\epsilon = \frac{a}{2R} \times 100\% \dots [1]$$

여기서 ϵ 는 변형율(%), a 는 목재두께(mm), $2R$ 은 원의 직경이다.

천연건조된 너도밤나무(beech)의 변형율은 0.75~1.0%이고 증기처리하면 1.5~2.0%가 된다 (Kollmann and Cote, 1984). 여기서 변형율이란 목재가 늘어나는 비율을 의미하는데 액체 암모니아는 목재의 변형율을 이보다 훨씬 높여준다. 위 식[1]을 이용하여 본 실험에서 얻어야 할 파턱과 오리나무의 변형율을 계산해 보면 각각 5%와 7.5%가 된다. 이 값은 증기처리의 변형율 2%보다 매우 큰 것이다. 그러나 파턱과 오리나무의 실제 최대 변형율은 이보다 크다. 그 이유는 원래 변형율은 목재 시편의 양단을 잡고 구부렸을 때 중앙에서 얻을 수 있는 최소곡률반경을 가지고 구해야 하는데 위 값들은 한쪽 끝을 휘어서 얻을 수 있는 곡률반경이기 때문이다. 목재 시편의 중앙보다 한쪽 끝을 휘는 것이 더 힘들고 곡률반경이 커진다.

2-5 액체 암모니아처리 소재의 휨가공

본 연구에 사용된 소재 형태는 소재 끝을 내경 40mm의 원으로 휘 것과 소재 전체 길이를 나선모양으로 휘 것의 두 가지였다.

2-5-1 소재1: 40mm원과 직선

오리나무는 폭 65mm, 두께 3mm, 길이 1000mm 소재를, 파턱은 폭 35mm, 두께 2mm, 길이 500-1000mm 소재를 사용하였다. 액체 암모니아 처리된 소재를 손힘을 가해 굽힌 다음, 특수 제작된 철풀에 넣었다 (그림

2). 직선부분은 액체 암모니아 처리하지 않아도 되나 그 부분만 피할 수 없기 때문에 처리된 부분을 무거운 것으로 눌러 폼다 (그림 3). 암모니아가 모두 증발되면 냄새도 나지 않을 뿐만 아니라 소재의 원래 강도를 되찾게된다 (그림 4). 보통 24시간 하중을 가해 두었다.

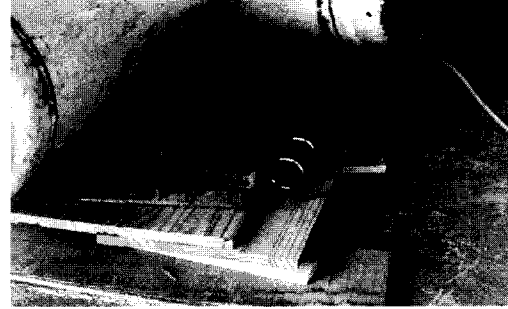


그림 3. 액체 암모니아 처리 후 하중을 가해 펴는 모습

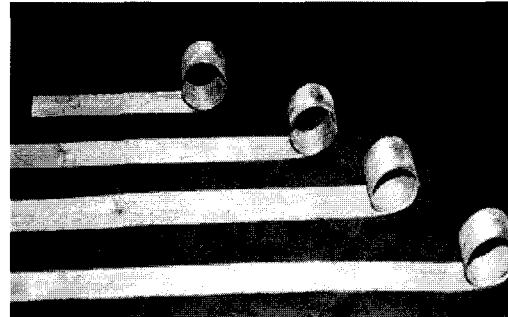


그림 4. 완성된 휨가공 파턱 소재

2-5-2 소재2: 나선모양

폭 23-33mm, 두께 1.5mm, 길이 600-800mm 파턱 소재를 사용하였다. 손힘을 천천히 그리고 조금씩 증가시키면서 작품에 필요한 오른 나선과 왼 나선을 구분하여 휘었다 (그림 5). 소재에 하중을 가할 수 없으므로 암모니아가 모두 증발될 때까지 계속 손으로 힘을 가해 주었다.

3. 작품설명

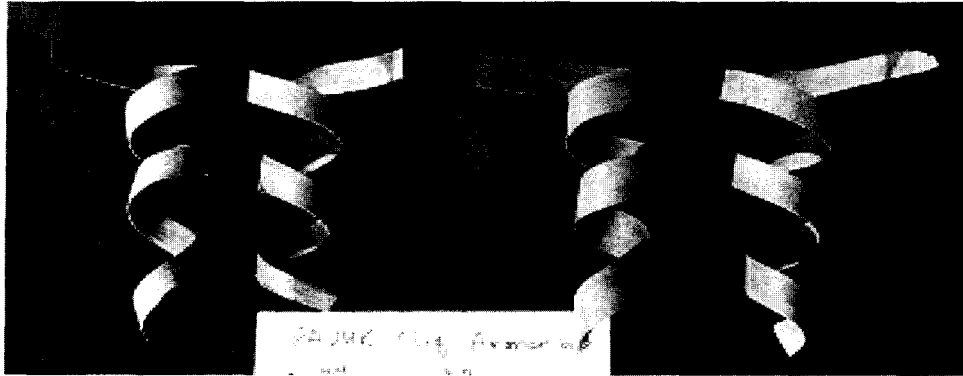


그림 5. 완성된 나선모양의 파덕 소재

3-1 디자인 개요

본 연구 작품은 조형의 기본 요소 가운데 하나인 선을 이용한 기하학적인 구성으로서 선적인 요소를 중시하였다. 또한 가구제작에서 사용되어지는 일반적인 휨가공인 스팀 벤딩(steam bending)이나 고주파 벤딩(High-Frequency Bending)으로 해결하기 힘든 디자인적인 부분을 액체 암모니아 휨 가공 소재를 이용하여 그 문제점을 해결하였다.

액체 암모니아 휨 가공을 이용하여 표현해 낼 수 있는 곡선적 이미지를 직선적 형태와 조화시켜 친편일률적인 가구형태에서 벗어나 소비자에게 새로운 수용미학을 제시함과 동시에 가구제작 공법으로서 액체 암모니아 휨 가공을 응용하는데 그 의미가 있다.

3-1-1 작품1: Geometric Composition 0106-Chest (180×180×1690) Oak, Padauk (그림 6)

Geometric Composition 0106은 오크와 파덕 원목으로 만들어진 CD장으로서 가운데 붉은 선과 이어진 원의 형태가 손잡이의 기능을 하고 있다. 이 원은 전체적 이미지가 직

선으로 이루어진 형태에서 조형적 요소로서의 시각적인 메시지를 전달함과 동시에 손잡이라는 기능적 역할을 동반하고 있다. 내경이 35mm에 폭 20mm 두께 2mm인 파덕 원목을 액체 암모니아 휨 가공에 의해 제작함으로써 일반적인 휨 가공 기술로서 해결하기 힘든 디자인적인 요소를 해결하고 더불어 자체 경도를 갖고 있어 손잡이로서의 기능도 무난하게 소화해 내고 있다.

3-1-2 작품2: Geometric Composition 0107 Chest of drawers (1100×200×200) Oak, Padauk (그림 7)

이 작품은 벽걸이용 서랍장으로서 작품 1에서 보여진 재료와 동일하게 사용되어 졌으며, 가운데 보이는 파베기 형태의 선이 파덕 원목으로서 액체 암모니아 휨 가공으로 만들어진 것이다. 이 선의 형태가 갖는 느낌은 사물놀이 패가 흔들어대는 리듬에 맞춰 자연스럽게 생겨나는 곡선의 흐름을 표현한 것이며, 장식적, 기능적 역할을 동반하고 있다.

3-1-3 작품3: Geometric Composition 0110 A Hanger (140×130×1800) Maple, Alder (그림 8)

이 작품은 작품1과 같은 이미지를 갖고



그림 6. 작품1: Geometric Composition 0106-Chest (180×180×1690)Oak, Padauk

있으나 또 다른 기능을 수반하고 있다. 세 개의 서로 다른 원형의 고리 모양이 옷걸이로서 양쪽 측면과 정면의 고리가 서로 다른 위치를 가지므로 해서 시각적 변화와 함께 옷을 거는 위치에 차이를 두어 사용상의 불편함을 최소화 하였다. 또한 옷의 무게를 감당하기 위하여 앞에서 사용한 두께보다 더 두



그림 8. 작품3: Geometric Composition 0110 A Hanger (140×130×1800) Maple, Alder

꺼운 재료를 얻기 위하여 오리나무를 사용하 3였고, 최소한의 두께를 사용하면서 동시에 옷의 무게를 감당할 수 있게 되었다.

3.1.4 작품4: Geometric Composition 0111 A Napkin Holder Alder (그림 9)

이 작품은 테이블에서 사용되어지는 소품으로서 Napkin을 꽂아 놓는 기능을 한다. 기본적인 형태는 작품1과 3에서 사용되어진 것

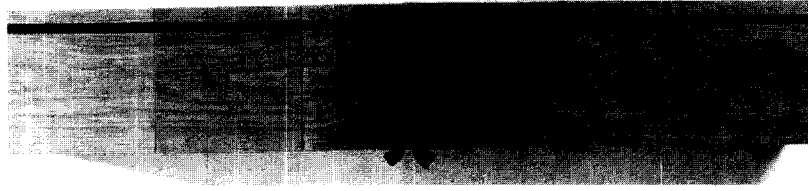


그림 7. 작품2: Geometric Composition 0107 Chest of drawers
(1100×200×200) Oak, Padauk

과 동일하나 원의 폭 일부분에 틈을 주어 Napkin을 꽂을 수 있도록 하였다. 재료는 오리나무를 사용하였고 붉은 계열의 장미목 스테인(wood stain)으로 마감하여 좀 더 무게감이 있고 고급스러운 이미지를 주었다.

4. 결 론

목재의 자연스럽게 흰 모습보다 더 아름다운 것은 드무나, 원하는 형태의 천연적으로 흰 목재 소재를 구하기는 어렵다. 지금까지는 증기처리로 목재를 휘었으나 한정된 곡률반경과 높은 회복력으로 다양한 소재를 만들지 못하였다. 액체 암모니아 처리는 이러한 한계를 극복할 수 있었다. 오리나무와 파닥의 액체 암모니아 휨소재를 이용하여 몇 가지 작품을 만들었다. 본 연구를 통해 인위적이긴 하지만 자연스럽게 흰 모양을 자유자재로 연출할 수 있음을 보았다. 이러한 휨가공 소재의 이용은 디자

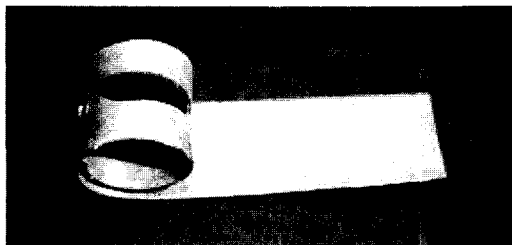


그림 9. 작품4: Geometric Composition 0111
A Napkin Holder Alder

인의 새로운 영역을 확장시키는데 큰 도움이 될 것이다.

5. 참고문헌

1. Bariska, M., C.Skaar and R.Davidson. 1969. Studies of the wood-anhydrous ammonia system. *Wood Science* 2(2):65-73
2. Flynn, Jr., James H. and Charles D. Holder. 2001. *A Guide to Useful Woods of the World 2nd edition*. Forest Products Society, Wisconsin
3. Hoadly, R.Bruce. 1980. *Understanding Wood*. The Taunton Press, Inc. Newtown, Connecticut
4. Kollmann, Franz F.P. and Wilfred A. Cote, 1984. *Principle of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag, New York
5. Schuerch, Conrad. 1964. Wood plasticization. *Forest Products Journal* 14(9):377-381
6. Weast, Robert C. 1985. *CRC Handbook of Chemistry and Physics 66th edition*. CRC Press, Florida
7. 강호양. 2000. 액체암모니아를 이용한 국산재의 가소화(I)-처리장치 및 기초실험. *한국가구학회지* 11(2):55-60