

## 목재를 이용한 무할렐 숯잔 제조 및 발수특성

박 상 범<sup>†</sup>, 이 민

국립산림과학원 임산공학부 목재가공과

### Manufacturing of Wood Charcoal Cup by Using Carbonization Method and Its Water Repellency

Sang Bum Park<sup>†</sup>, Min Lee

Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

**Abstract:** With increased interests in environmental issues, people are looking for new materials that serve special and bio-activated functions. One of interesting materials is charcoal which has excellent adsorption ability for harmful volatile organic compounds, fireproof performance, far-infrared ray emission, and electromagnetic shielding. Since non-crack carbonized board was developed from wood-based composite materials, carbonization method might be applied to woodcraft products such as wood cup and bamboo. In this study, manufacture of wood charcoal bowl was conducted with carbonization method developed in 2009 in order to activate wood products market. Ash tree(*Fraxinus rhynchophylla*) cup was carbonized at 600°C with two pretreatments which were phenol resin and wood tar solution treatment. After carbonization of ash tree cup, non-crack charcoal cup were successfully manufactured. Phenol resin treatment affected on charcoal cup manufacturing both positively and negatively. For a positive way, it prevented shrinkage. For a negative way, it decreased water repellency. On the contrary, wood tar treatment accelerated shrinkage a bit and increased water repellency. Based on the results, wood tar can be used as pre-treatment solution for reducing post-treatment costs. We confirmed woodcraft products can be carbonized without deformation, so carbonization may provide a high value-added products from wood.

**Keywords:** wood, charcoal, bamboo, carbonization, ash tree(*Fraxinus rhynchophylla*)

## 1. 서 론

특수기능이나 생체활성 특성을 지닌 신물질 및 신소재에 대한 관심과 수요가 현대인들의 몸과 마음의 건강을 최우선으로 생각하는 ‘웰빙’ 문화로 인해 늘어나고 있다. 여러 특수기능이나 생체활성

특성 가운데 원적외선을 방사하는 소재에 대해 연구가 활발히 이루어지고 있으며 농업, 식품, 의료 분야 등 다양한 방면으로 응용 및 이용되어 지고 있다(조 2008; Berry *et al.* 1987). 그 예로 가전제품과 난방기구 및 생필품에도 원적외선 방사를 이용한 기술들이 개발되어 시판되고 있다(김 2010).

원적외선은 광파의 일종으로서 가열원에서 발생하는 열이 적외선 파장역의 진동수를 가진 전자파로서 그 파장의 범위는 근적외선 범위(0.75~1.5

2014년 6월 23일 접수; 2014년 7월 21일 수정; 2014년 7월 21일 게재확정

<sup>†</sup> 교신저자 : 박 상 범 (parksb@forest.go.kr)

$\mu\text{m}$ ), 중적외선 범위( $1.5 \sim 15 \mu\text{m}$ ), 원적외선 범위( $15 \sim 100 \mu\text{m}$ )로 나뉘지는데 이 중  $4 \sim 20 \mu\text{m}$ 의 장파장이 인체에 유익하다고 알려져 있다(박 등 1999). 또한, 원적외선은 황토, 맥반석, 석영, 규사, 규사토, 숯에서 많이 방출되는데 통증완화, 중금속 제거, 숙면, 탈취, 항균작용 등 다양한 효과가 있는 것으로 알려져 있다(조 2008; Fukuzawa 1986; Honda *et al.* 1988; Berry *et al.* 1987; Kraemer 1998; Hirai *et al.* 2002; Doan 2003; Partsch *et al.* 2004).

숯은 탄소덩어리를 일컫는 것으로 나무가  $600^\circ\text{C}$  이상의 고온에서 불완전 연소되어 재가 되기 전 상태를 말한다(하 등 2003). 이러한 숯은 무균질 상태이며 90% 이상이 탄소로 이루어진 다공질체로서 미량의 미네랄을 함유하고 있어서, 원적외선 기능, 공기정화기능, 수질정화기능, 미네랄용출기능, 전자파차단기능, 습도조절기능, 항균기능, 유해물질 흡착기능 등과 같은 많은 기능들이 널리 알려져 있어 과거에서부터 실생활에 널리 사용되어져 왔는데 그 활용은 의료, 식품, 난방, 생필품 분야에 걸쳐 두루 이루어져 왔다(문 등 2003; 박 등 2007; Park *et al.* 2014). 이러한 숯의 기능이 알려지면서 과거 단순히 연료로만 사용되던 숯이 최근에 와서는 생활자재, 건강자재, 환경자재, 건축자재, 식품자재 등 실로 다양한 분야에서 광범위하게 활용되고 있을 뿐만 아니라 최근에는 숯이 건축가나 조각가들이 예술작품을 제작하는 귀중한 재료로도 사용되고 있다(장 2006; 박 등 2009, 권 등 2013).

그러나, 지금까지의 숯 제품의 대부분은 숯가루나 숯조각을 이용하여 원하는 제품을 형상화하거나, 혼합하여 형틀에서 제작했었다(박 등 2012; 박 등 2013; 장 2006, 2007-1, 2007-2). 예를 들어 숯 분말에 각종 접착제와 첨가물을 혼합한 상태에서 열건조, 표면연마, 냉각 등의 별도 처리를 행하여 숯 자체의 기능과 더불어 강도 증가, 무흡습성, 표면 탈색방지의 기능을 갖도록 한 것과, 미세분말상의 숯, 휘발분, 회분 및 목초액을 일정 비율로 혼합하여 일정 형상으로 성형한 후 가열과 재가열 및 미세분말상의 숯과 테프론 불소수지액의 혼합물에 의한 코팅층을 형성하여 조리물이 들러붙거

나 타는 것을 방지할 수 있도록 하는 탄소성형체의 제조방법에 관한 기술 등이 있다. 상기와 같은 종래의 성형물 또는 그 제조방법은, 나무를 이용하여 숯을 만든 후 숯을 분말상태로 제조한 다음, 다른 불순물을 혼합하여 얻어지는 것이므로 숯의 고유한 기능을 제공할 수 없을 뿐만 아니라 분말에 혼합한 다른 첨가물질로 인하여 오히려 인체에 해로운 성분이 분출될 수도 있다는 단점이 있다. 또한, 장(2007)은 원목을 이용하여 숯 용기 제조에 성공하였으나 그 제조공법이 복잡하고 제조시간(15일)이 긴 단점이 있다.

박 등(2009)은 흡착성, 조습성, 고전도성, 내열성, 치수 안정성, 전자파 차폐성, 경량성 등의 특성을 가지고 있으며 높은 항균 성능과 원적외선 방사율을 가진 숯을 활용하기 위해서 목질판상제품(중밀도섬유판, 파티클보드, 합판 등)을 이용하여 무할랄 탄화보드를 제조하여 접착제 또는 다른 첨가물들에 의한 장애를 제거했을 뿐만 아니라 제조시간(2~3일)이 장(2007-3)에 비해 매우 짧은 장점이 있다. 이 같이 친환경 소재인 탄화보드는 숯(백탄)과 같은 특성을 띠고 있으며, 흡방습, 라돈흡착, 전자파차폐성, 원적외선 방사 특성에 대해 연구되어졌으며 그 성능이 뛰어난이 검증되었다(Lee *et al.* 2014; Park *et al.* 2014; Kwon *et al.* 2013).

이러한 탄화보드는 현재 실내 건축자재로 사용되고 있으며, 목재산업의 새로운 시도로 비춰지고 있다(Park *et al.* 2014). 본 연구에서는 다양한 형태를 가진 목재 생활용품(컵, 그릇, 잔 등)을 개발된 무할랄 탄화조건을 응용하여 숯 생활용품으로 제조 가능성을 검토하여 원적외선 방사와 항균 성능과 같은 숯의 성능을 부여하여 고부가가치 산업으로 육성하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

숯 용기를 제조하기 위해서 시판되는 원목 붓통, 나무 와인잔을 사용하였다. 원목 붓통(높이 125 mm, 지름 80 mm)은 물푸레나무로 옷칠을 4회한 제품이며, 나무 와인잔 역시 물푸레나무(*Fraxinus*



Fig. 1. Pictures of wood wine cup sample before carbonization.

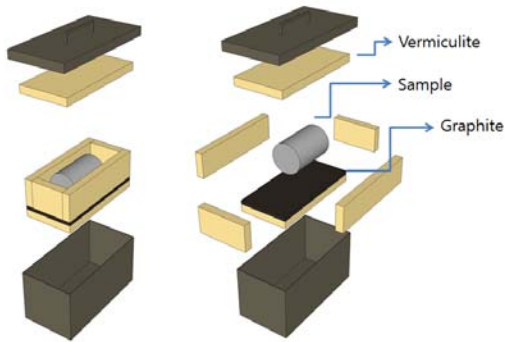


Fig. 2. Diagram of the thermal resistance stainless still container.

*rhynchophylla*)로 제조된 높이 135 mm, 지름 80 mm의 발수제 코팅 공예품이다. 페놀수지는 알칼리 촉매 하에서 폼알데하이드(F)와 페놀(P)의 몰비(F/P)를 2.0으로 조절하여 제조하였으며 제조된 페놀수지의 고형분은 50%였다. 목타르는 진성산업(진주)으로부터 제공받아 사용하였으며 고형분 함유량은 평균 60%였다.

### 2.2. 유/무기물 용액 표면 도포

유/무기물 용액은 탄화물의 수분 저항성을 증가시키기 위해 페놀수지와 목타르를 사용하였다. 각 용액을 붓으로 3회 도포하여 표면을 코팅하였으며 최종 도공량은 3 g으로 각각 시편에 도포하였다. 탄화 전 시료의 사진은 Fig. 1에 나타내었다.

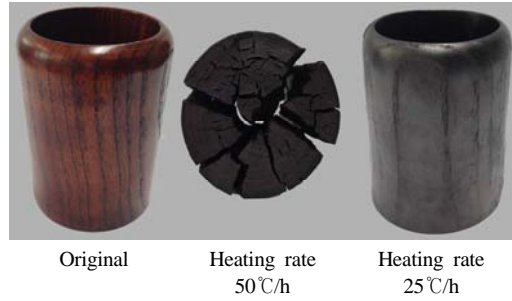


Fig. 3. Pictures of original brush-stand and carbonized brush-stand.

### 2.3. 숯잔 제조

공시재료인 나무 와인잔을 1차로 신문지로 감싼 후 2차로 알루미늄 호일을 감쌌다. 준비된 시료는 그라파이트(Graphite) 판과 질석보드로 마감된 초내열 스테인리스 용기에 삽입 후 탄화하였다(Fig. 2). 내열용기를 전기식 탄화로에 넣어 승온온도(25~50°C/h)조건으로 목표 탄화온도인 600°C 도달 후 2시간 유지시켜 탄화하였다. 2시간 온도 유지 후, 탄화로는 자연냉각 시키며 탄화로 내부온도가 80°C 이하로 떨어진 후 내열용기를 꺼냈다.

### 2.4. 숯잔의 표면 발수도 측정

나무 와인잔을 이용하여 제조된 숯잔의 표면 발수도를 확인하기 위해 접촉각 측정장치(Phoenix 300, SEO Co. Ltd., Korea)를 이용하였다. 샘플들은 X-Y stage 위에 올려놓은 후 4 µl의 증류수를 떨어뜨리고, 샘플표면과의 각도를 접촉각 측정장치에 장착된 고성능 카메라를 이용하여 지속적인 표면관찰과 이미지를 획득하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 탄화 옷칠 붓통, 나무 와인잔 및 대나무의 외관

다양한 목공예품의 신 기능성 부여를 통한 고부가가치 제품 생산을 위해 시판되는 목공예품인 옷칠 붓통을 우선 탄화하여 탄화조건을 확립하고자 하였다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 승온온도를 시간당 50°C 이상으로 탄화했을 때 터짐이 관찰되었

**Table 1.** Dimensional changes of wood cup by carbonization at 600°C

		Outer diameter (mm)	Height (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)
Original wood cup	Before	81.00	136.00	4.27	108.59
	After	55.00	112.00	3.43	29.16
	Shrinkage (%)	32.10	17.65	19.67	73.15
Phenol resin treated Wood cup	Before	80.00	135.00	4.64	106.77
	After	64.00	111.00	3.76	31.74
	Shrinkage (%)	20.00	17.78	18.97	70.27
Wood tar treated wood cup	Before	79.00	135.00	4.31	106.88
	After	56.00	111.00	3.86	30.73
	Shrinkage (%)	29.11	17.78	10.44	71.25

**Fig. 4.** Picture of non-treated and phenol resin coated wood charcoal cup carbonized at 600°C.

으나, 반면에 승온온도를 시간당 25°C 이하로 낮춰 탄화했을 때 무할렬의 탄화 붓통 제조에 성공하였다. 이와 같이 원형 또는 다른 형태의 목공예품을 터지지 않고 탄화하기 위해서는 승온온도를 최대한 낮게 설정하여 천천히 탄화하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

상기 탄화 승온조건(25°C/h)을 바탕으로 무할렬 탄화 나무 와인잔 제조를 시도하였고, 그 결과물을 Fig. 4에 나타내었다. 무처리 숯잔과 목타르를 코팅 후 제조된 숯잔의 경우, 나무 고유의 무늬를 유지한 채 원형의 모양을 유지하고 있다. 반면에 페놀수지를 도포한 후 제조된 숯잔의 경우 형상은 유지가 되지만 나무 고유의 무늬를 상실함으로써 단점으로 작용할 수 있다.

### 3.2. 치수변화율

목재를 이용하여 숯잔을 제작 후 상용화하기 위

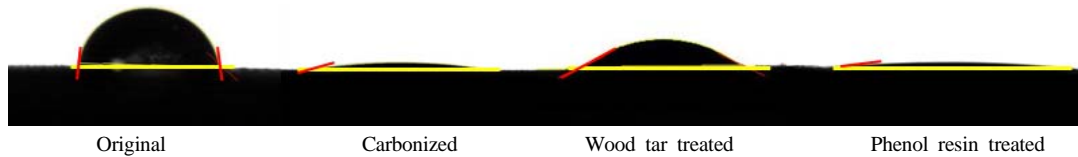
해서는 우선 동일한 품질의 제품을 낮은 불량률로 제조하여야 할 것이다. 또한 제품의 목적에 맞는 규격을 생산하기 위해서는 탄화에 의한 수축률을 확인하여야 한다. 전처리 조건에 따른 최종 결과물의 수축률을 검토하여 최상의 조건을 찾으려고 하였다. Table 1에 탄화에 따른 나무 와인잔의 수축률을 나타내었다. 무처리 탄화 나무 와인잔의 경우 주둥이 부분의 지름이 32%, 높이는 17%, 두께는 19% 감소하였고, 73%의 중량 감소율을 나타내었다. 반면, 페놀수지 및 목타르 코팅 나무 와인잔의 경우, 높이에 대한 수축률 차이는 관찰되지 않았지만, 나무 와인잔의 주둥이 지름은 표면 코팅에 따른 수축률의 차이를 보였다. 페놀수지 코팅의 경우 무처리에 비해서 10% 이상 작은 수축률이 관찰되었다. 표면 코팅에 따른 두께 수축률은 일정한 유형을 나타내기 보다는 목재의 특성에 기인하는 것으로 추정되며, 중량 감소율에서 표면 코팅에 따른 탄화 전·후의 차이는 없는 것으로 판단된다.

### 3.3. 숯잔의 발수도

Fig. 4와 5에서 보는 바와 같이 무할렬 숯잔 제조에 성공함으로써 목재 생활용품에 대한 새로운 접근이 가능할 것이며 나무잔 이외의 목제품에도 적용 가능하리라 판단된다. 하지만 탄화 나무잔이 잔의 역할을 수행하기 위해서는 수분에 대한 저항성이 필요하며 내용물을 흡수해서는 안 된다. 하지만 선행연구에서 탄화보드의 뛰어난 흡습성을 보고한바 있어, 탄화 나무 와인잔 역시 높은 흡습성

**Table 2.** Contact angle of specimens

	Original wood cup	Wood charcoal cup	Phenol resin treated wood charcoal cup	Wood tar treated wood charcoal cup
Contact angle ( $\theta$ )	85°	17°	4°	23°



**Fig. 5.** Picture of non-treated and phenol resin coated wood charcoal cup carbonized at 600°C.

이 예상되었다. 이는 탄화과정에서 셀룰로오스와 그 외 물질들이 열분해 되거나 탄소화되어 높은 다공성 성질 때문에 판단된다.

그래서 이러한 탄화 나무 와인잔의 단점인 낮은 수분 저항성을 해결하기 위해 전처리 또는 후처리가 필요할 것으로 판단된다. 후처리 방법은 탄화한 나무 와인잔에 발수제 또는 소수성 코팅제(우레탄, 옷질, 카슈 등)를 도포하는 방법인데, 이러한 방법들은 도포 작업을 하다가 탄화 나무잔이 깨지기 쉽고, 또한 약제의 용탈 등이 우려되므로 인체에 대한 적용에 무리가 있을 것으로 판단된다. 또한 후처리시 코팅제가 숯잔에 흡수되는 양이 많아 코팅제에 대한 소비가 늘어 가격 경쟁력이 낮아질 우려가 있다. 반면에 전처리 방법은 탄화 전에 발수제 또는 소수성 코팅제를 바른 후 탄화하는 방법이다. 전처리 방법은 후처리에 비해 도포작업이 매우 용이한 장점이 있어 본 실험에서 2가지의 코팅제(페놀수지, 목타르)를 표면 코팅하여 탄화하였다. 각각의 탄화 나무 와인잔에 대한 수분 저항성을 알아보기 위해 표면의 물방울을 떨어뜨려 이의 접촉각을 측정하였으며 Table 2에 나타내었다.

Table 2와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 탄화 전 나무 와인잔은 발수제 도포로 인해 높은 물방울 접촉각(85°)을 보여 높은 수분 저항성을 확인할 수 있었다. 반면에 무처리 탄화 나무 와인잔은 낮은 물방울 접촉각(17°)을 보였고, 페놀수지로 표면 코팅한 경우 물방울 접촉각이 무처리에 비해 더 낮은 4°로 페놀수지 표면 코팅이 오히려 수분 저항성

을 감소시키는 결과를 초래하였다. 한편, 목타르 표면 코팅 경우, 무처리 탄화 나무 와인잔에 비해 높은 물방울 접촉각(23°)의 결과를 보여줌으로서 수분 저항성이 약간 증가함을 확인하였다. 하지만 목타르 표면 코팅만으로는 온전한 와인잔으로서 역할은 기대하기 어려울 것으로 판단되지만 후속 처리과정에 있어서 발수제 또는 코팅제의 절약 및 시간단축에 기여할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

저자들은 새로운 탄화기법의 개발을 통하여 섬유판 등 목질판상제품으로 무할렐 탄화보드를 제조하는 기술을 확립하였다. 이러한 탄화보드는 목탄과 마찬가지로 유해물질흡착, 원적외선방사 등 다양한 기능들을 나타낸다. 본 연구에서는 물푸레나무로 제작된 나무 와인잔의 무할렐 숯잔으로의 제조 가능성을 검토하였다. 무할렐 물푸레나무 숯잔의 제조는 신문지와 알루미늄호일을 감싼 뒤 시간당 약 25°C의 승온속도로 탄화를 하였을 때 가능하였다. 제조된 물푸레나무 숯잔에 액체를 담았을 경우 빠른 수분 흡수로 인해 숯잔이 깨지는 단점이 있었고, 숯잔의 외부 도장 처리 시 도료의 흡수가 빨라 도료의 소모가 많았다. 숯잔의 내수성 확보를 위해 유기물(목타르, 페놀수지)로 코팅을 시도하였다. 목타르의 경우 발수성이 개선되었고, 페놀수지 전처리의 경우 오히려 발수성이 떨어지는 결과를 나타내었다. 탄화 와인잔의 흡수성 개선

을 위해서는 후처리 또는 다른 전처리 코팅제의 검토와 함께 강도의 보강에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- 김석기. 2010. 세라믹 원적외선 방출 기능성 압박의류 착용이 중년여성의 신체조성에 미치는 영향. 한국체육학회지 19(4): 1263-1275.
- 문성필, 구창섭, 박상범, 권수덕. 2003. 중국산 죽순대로부터 대나무 숲의 이화학적 특성. 임산에너지 22(1): 17-23.
- 박상범, 박주생. 2012. 대나무숯 성형보드의 연소특성. 목재공학 40(1): 10-25.
- 박상범. 2007. 대나무·대나무숯·죽초액. 국립산림과학원 연구자료 287호.
- 박한민, 허황선, 성은중, 남경한, 임재섭. 2013. 녹차-숯 목재섬유 복합보드의 역학적 성능에 미치는 구성원료의 종류 및 배합비율의 영향. 목재공학 41(1): 64-76.
- 장중한. 2006. 숯 성형물을 이용한 반상기 세트 및 그 제조방법. 공개특허 10-2006-0037960.
- 장중한. 2007-1. 숯 성형물을 이용한 대나무 제품 및 그 제조방법. 공개특허 10-2007-0016581.
- 장중한. 2007-2. 숯 성형물을 이용한 등 및 그 제조방법. 공개특허 10-2007-0016578.
- 장중한. 2007-3. 원목을 이용한 숯 자기의 제조방법. 공개특허 10-2007-0042362.
- 조봉희. 2008. 원적외선 방사물질 제조 및 물질의 특성 분석. 분석과학 21(4): 279-283.
- 하상도, 심상국, 이춘옥, 이재욱. 2003. 숯과 활성탄의 기능성과 연구 동향 분석. 식품과학과 산업 36(2): 99-105.
- Berry, M. J. and McMurray, R. G. 1987. Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation 66(3), 121-132.
- Doan, B. K., Kwon, Y. H., and Newton, R. U. 2003. Evaluation of a Lower-body compression garment. Journal of Sport Science, 21, 601-619.
- Fukazawa, T. 1986. Miracles of Bioceramics, Tsushin-sha: Tokyo.
- Hirai, M., Iwata, H., and Hayakawa, N. 2002. Effects of elastic compression stockings in patients with varicose veins healthy controls measured by strain gauge plethysmography. Skin Res. Technology, 8(4), 236-239.
- Honda, K. and Inoue, S. 1988. Sleep-enhancing effects of far-infrared radiation in rats. Int. J. Biometeorol, 32, 92-94.
- Kraemer, W. J. and Bush, J. A. 1988. Compression garments: Influence on muscle fatigue. The Journal of Strength and Conditioning Research, 12(4), 211-215.
- Kwon, J. H., S. B. Park, N. Ayrilmis, N. H. Kim, and S. M. Kwon. 2013. Electromagnetic interference shielding effectiveness, electrical resistivity and mechanical performance of carbonized medium density fiberboard. Journal of Composite Materials. 47(16): 1951-1958.
- Lee, M., S. B. Park, and H. S. Byeon. 2014. Sound absorption and physical properties of carbonized fiberboards with three different densities. Mokchae Konghak 42(5).
- Park, S. B., D. W. Son, J. S. Suh, S. M. Lee, J. I. Kim, M. Lee, H. S. Byeon, S. W. Oh, and K. H. Lim. 2014. Study on performance improvement of wood-based carbonized boards. Research report 14-07. ISBN 978-89-8176-351-0.
- Park, S. B., M. Lee, D. W. Son, S. M. Lee, and J. I. Kim. 2013. Fire performance of carbonized medium density fiberboard manufactured at different temperatures. Journal of Wood Science 1-6.
- Park, S. B., S. M. Lee, J. Y. Park, and S. H. Lee. 2009. Manufacture of Crack-free Carbonized Board from Fiberboard. Mokchae Konghak 37(4): 293-299.
- Partsch, H., Winiger, J., and Lun, b. 2004. Compression stockings reduce occupational leg swelling, Dermatol Surg., 30, 737-743.