

삼나무 간벌재로 제조된 우드세라믹의 성질 - 증기분사 및 그 시간의 영향 -

오 승 원*²

Properties of Woodceramics Made from Thinned Logs of *Cryptomeria japonica* D. DON

- Effect of steam injection and its time -

Seung-Won OH*²

요 약

우드세라믹은 목재나 목질재료에 페놀수지를 함침한 후 고온에서 소성하여 만든 새로운 다공질 탄소재료이다. 이러한 우드세라믹의 성질은 재료의 밀도에 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 증기분사를 하지 않은 보드와 증기분사를 1분, 5분, 10분 실시한 보드 등 4가지 타입의 보드를 만든 다음 우드세라믹을 제조하여 증기분사 시간에 따른 우드세라믹의 성질을 검토하였다. 그 결과 우드세라믹의 중량감소율은 4가지 타입 모두 밀도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 중량, 길이 및 두께 감소율은 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹이 증기분사를 실시한 보드로 제조된 우드세라믹보다 약간 크게 나타났다. 또한 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 휨강도 및 압축강도가 컸으나 증기분사 시간에 따라서는 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the properties of woodceramics made from thinned logs of *Cryptomeria japonica*. In order to find the effect of steam injection time on the woodceramics fabricated with boards, boards were made with the non-steamed treatment and steamed treatment 1, 5, 10 min. at 250°C. The percentage of weight loss was proportional to the increased density of board. The reducing rate of length and thickness, however, decreased with increasing density of board. The rate of weight loss, length and thickness reduction in non-steamed board were slightly higher than those of steamed

* 1 접수 2001년 3월 9일, 채택 2001년 4월 30일

* 2 전북대학교 농업과학기술연구소 Institute of Agriculture Science and Technology, Chonbuk National University.

board. When the resin impregnation rate increased, the bending strength and compressive strength of woodceramics had a tendency to increase. The bending strength and compressive strength of woodceramics in non-steamed board was higher than those of steamed board. But there was little difference between dimensional and strength properties of woodceramics and steam injection time of board.

Keywords: woodceramics, steam injection, non-steamed board, steamed board

1. 서 론

우드세라믹은 목재나 목질재료에 페놀수지를 함침 한 후 건조시켜 높은 온도에서 소성(燒成)하여 만든 탄소재료로서 목탄의 성질을 유지하고 강한 특성을 지닌 새로운 다공성 탄소물질이다(Okabe & Saito, 1995a). 이는 생태학적으로나 공업적으로 우수한 특성을 지니고 있어 가볍고 단단하며, 내부식성, 내구성, 전자파 차폐 및 원적외선 방사효과가 있으며, 또한 목재의 독특한 성질인 다공질 구조를 유지하고 다른 C-C 화합물(carbon-carbon composite)보다 생산가격이 저렴하다. 그러므로 우드세라믹의 용도는 전자기 제품의 원료, 마찰재료, 자동차 부속재료, 건강 보조기구의 재료 등 공업적으로 매우 다양하게 사용될 것으로 기대되어 이에 대한 기초연구가 최근 진행되고 있다(Hokkirigawa *et al.*, 1995, 1996a, 1996b; Kano *et al.*, 1996; Kasai *et al.*, 1996; Okabe & Saito, 1995b; Okabe *et al.*, 1995a, 1995b, 1996; Shibata *et al.*, 1997).

그러나 우드세라믹의 성질은 보드의 밀도, 수지함침 방법 및 함침율, 소성온도, 냉각온도 등 다양한 제조방법에 따라 영향을 많이 받으며, 특히 보드의 밀도 변화에 따라 수지함침율이 달라 탄화과정 중에 변환되는 유리질탄소(glassy carbon)가 우드세라믹의 성질에 큰 영향을 미치기 때문에 보드제조시 밀도경사를 작게 하기 위하여 증기분사 방법에 의한 연구가 진행되어 왔다(Oh, *et al.*, 2000a, 2000b). 따라서 본 연구에서는 일본 아오모리(Aomori) 산 삼나무 간벌재를 재료로 증기분사를 하지 않은 보드와 1분, 5분, 10분 증기분사를 한 보드 등 4가지 타입의 보드를 만든 후 650°C로 소성하여 우드세라믹을 제조하고, 증기분사시간에 따른 우드세라믹의 물성변화를 검토하

여, 금후 적절한 우드세라믹 제조 방법에 대한 기초 자료를 얻고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 시험에서 사용한 공시재료로서 일본 Aomori 산 삼나무(*Cryptomeria japonica* D. DON) 간벌재를 시료로 사용하였다.

2.2 보드 및 우드세라믹 제조

보드를 제조하기 위하여 2.1의 공시재를 실내에서 3개월 정도 음건시킨 후 칩퍼와 리파이너(Toyo press Co., Ltd.)를 이용하여 분쇄하였으며, 입자크기는 3 mm 이하, 함수율은 약 13%로 조정하였다. 보드제조시 분말 접착제는 페놀수지(BRP-5993, Showa Highpolymer Co., Ltd.)를 사용하여 목질 분쇄물에 대하여 중량비 10 : 1로 혼합하였고, 증기처리를 하지 않은 보드로 만든 우드세라믹과 증기처리 한 보드로 만든 우드세라믹의 물성 변화를 비교하기 위하여 증기처리를 하지 않거나 1, 5, 10분 증기처리를 하여 열판 온도 250°C에서 4가지 타입의 보드를 제조하였다. 보드의 크기는 300×300×13mm, 목표비중 0.5~0.9 g/cm³의 보드를 각 5 반복제조하였다. 이때 thickness bar를 사용하였으며, thickness bar까지의 도달 시간은 15초로 하였으며, 보드제조 공정은 Table 1과 같다.

보드를 만든 후 우드세라믹을 제조하기 위하여 초

Table 1. Manufacturing condition of board.

Species	Board type	Density (g/cm ³)	Pressing time	Pressure	Steaming time
Aomori Sugi	Steamed board	0.5~0.9	15min.	30kg/cm ²	1, 5, 10min.
	Non-steamed board	0.5~0.9	15min.	30kg/cm ²	

Table 2. Characteristics of phenol resin.

Powder resin(Novolac type)		Liquid resin(Resol type)	
Density(g/cm ³)	0.26~0.34	Non-volatile content(% 1hr/135°C)	46.0
Plate flow(mm)	30~40	Specific gravity	1.12
Melting point(°C)	74~84	Viscosity(Poise/25°C)	0.16
Gelation time(Sec)	80~120	Gelation time(Min./135°C)	11.0
Moisture content(%)	below 1	pH(25°C)	8.5
Amount of hexane(%)	5.9~6.9	Water tolerance	2.8

음과 수지 함침장치(Okabe *et al.*, 1995a, 1996a, 1996b)를 이용하여 액상 페놀수지(PX-1600, Honen Corporation)에 130×130×13mm 크기로 재단된 보드를 1기압에서 2시간 동안 함침시켰다. 보드제조에 사용한 분말 페놀수지와 함침에 사용한 액상 페놀수지의 특성은 Table 2와 같다. 함침 후 보드를 꺼내어 송풍건조기에 넣고 60°C에서 8시간, 135°C에서 8시간 건조한 다음 우드세라믹 제조를 위하여 간접가열식 소성장치(Okabe & Satio, 1995a; Okabe *et al.*, 1995a, 1996a, 1996b)를 이용하여 650°C에서 소성하였다. 이때 소성장치의 온도는 5°C/min. 속도로 승온하였으며, 730°C에서 2시간 유지한 다음 0.5°C/min. 속도로 냉각시켰다(Shibata *et al.*, 1997).

2.3 중량 및 치수변화 측정

증기분사를 하지 않은 보드와 증기분사를 1분, 5분, 10분 한 보드로 제조된 우드세라믹의 중량 및 치수변화를 측정하기 위하여 130×130×13mm의 보드를 각 보드의 형태별로 30개씩을 선택하여 함침 후 건조시킨 보드와 우드세라믹에 대하여 무게와 치수를 측정하였다. 두께 및 길이는 버어니어 캘리퍼스(Mitutoyo

Co., Ltd.)로, 무게는 전자식저울(ER-120, A&D Co., Ltd)을 이용하여 측정하였다.

2.4 기계적 성질 측정

우드세라믹을 제조한 다음 진공 데시케이터 속에 2주간 방치한 후 만능강도시험기(Autograph, AGS-10KNG, Shimadzu)를 이용하여 압축강도 및 휨강도를 측정하였다(KS F 2206, 2208). 이때 시험편의 특성상 압축강도 시험편의 크기는 1×1×1.5cm, 하중속도는 0.5mm/min.이었으며, 휨강도는 스패의 길이를 70mm로 하고, 하중속도는 5mm/min.의 조건에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 중량 및 치수변화

증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹과 증기분사를 1분, 5분, 10분 한 보드로 제조된 우드세라믹의 밀도에 따른 중량 및 길이와 두께변화를 측정

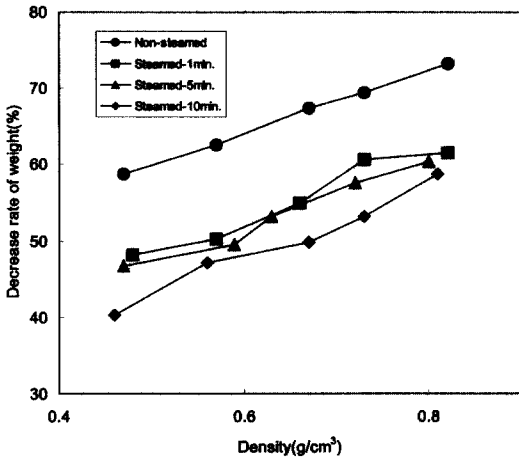


Fig. 1. Relationship between density and decrease rate of weight after making woodceramics.

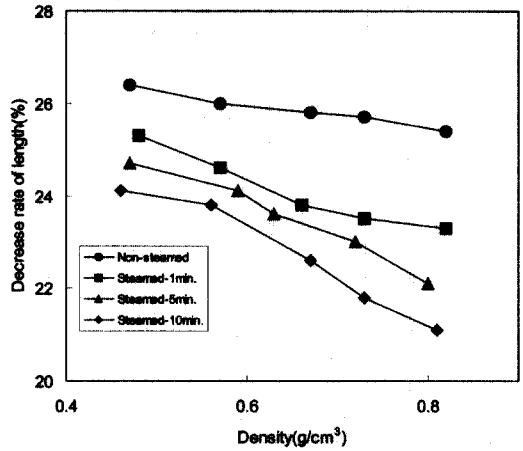


Fig. 2. Relationship between density and decrease rate of length after making woodceramics.

한 결과를 Fig. 1, 2, 3에 나타냈다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 증량감소율은 보드의 밀도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 증량 감소율이 밀도에 따라 58.7~73.2%로 증기분사를 실시한 보드로 제조된 우드세라믹의 증량 감소율보다 높게 나타났으나, 증기분사 시간에 따른 우드세라믹의 증량 감소율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 우드세라믹 제조 후 길이와 두께 변화는 Fig. 2, 3에서 보는 바와 같이 보드의 밀도가 증가함에 따라 길이와 두께 감소율이 완만히 감소하는 경향을 보였으며, 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 길이 감소율은 보드의 밀도에 따라 25.4~26.4%, 두께 감소율은 27.7~35.2%로서 증기분사를 한 보드로 제조된 우드세라믹 보다 높았으나, 증기분사 시간에 따른 우드세라믹의 길이 및 두께 감소율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Okabe 등(1996a)이 MDF를 재료로 우드세라믹을 제조한 후 길이 및 두께 감소율을 측정 한 결과, 소성온도 400°C에서 길이는 8%, 두께는 14%, 소성온도 600°C에서 두께는 55%, 두께는 18% 감소하였다고 보고한 바 있으나, 본 연구에서는 이들 값보다 약간 크게 나타났는데, 이는 Okabe 등의 공시 재료인 MDF와 본 연구에서 제조된 보드의 밀도경사

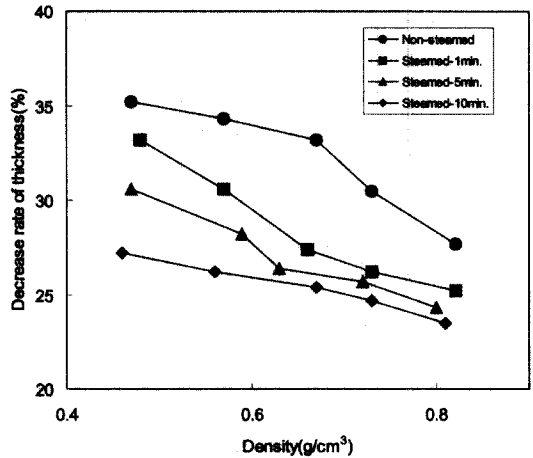


Fig. 3. Relationship between density and decrease rate of thickness after making woodceramics.

차이에 의한 수지함침율에 기인된 것으로 판단된다. Oh 등(2000a)은 본 연구의 보드제조 조건과 같은 방법으로 보드를 제조한 결과, 보드의 밀도경사는 증기처리를 하지 않은 보드가 컸으며, 수지함침율은 증기처리를 하지 않은 경우 표층의 밀도가 너무 높아 수지의 침투를 방해하기 때문에 증기처리를 하여 밀도경사를 적게 한 보드가 높았다고 보고한 바 있다. 또한

Oh 등(2000b)은 일본 아오모리 산 히바(Aomori Hiba)를 재료로 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 중량 및 치수변화를 측정된 결과, 보드의 밀도에 따라 중량 감소율은 57.1~62.0%, 길이 감소율은 18.7~23.2%, 두께 감소율은 22.2~27.1%로서 증기분사를 5분 실시한 보드로 제조된 우드세라믹의 중량 및 치수변화보다 높게 나타났다고 보고한 바 있어, 본 연구결과도 이와 비슷한 경향을 나타냈다. 그러나 보드제조시 증기분사시간에 따른 우드세라믹의 중량 및 치수변화는 별 차이가 없는 것으로 나타나, 우드세라믹의 용도에 따라 원료가 되는 보드의 증기분사 처리 여부를 선택하여야 할 것으로 생각된다.

3.2 기계적 성질

증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹과 증기분사를 1분, 5분, 10분 실시한 보드로 제조된 우드세라믹의 수지함침율에 따른 기계적 성질을 측정된 결과는 Fig. 4, 5와 같았다. 휨강도는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 수지함침율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 휨강도는 수지함침율이 증가함에 따라 115.2kg/cm²에서 165.2kg/cm²로 증가하였으며, 증기분사를 한 보드로 제조된 우드세라믹보다 컸다. 그러나 보드제조시 증기분사 시간에 따른 우드세라믹의 휨강도 차이는 별로 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Okabe 등(1996)이 밀도 0.66g/cm³의 MDF로 제조된 우드세라믹의 휨강도를 측정된 결과, 소성온도 500°C에서 86.7kg/cm², 소성온도 600°C에서 142.7kg/cm², 소성온도 700°C에서 234.5kg/cm²라고 보고한 바 있으며, Oh 등(2000a)이 아오모리산 히바를 재료로 증기분사를 5분한 보드로 제조된 우드세라믹의 휨강도 측정에서 수지 함침율이 50%에서 110%로 증가함에 따라 휨강도가 71.4kg/cm²에서 96.9kg/cm²로 증가한다고 보고한 바 있어, 본 연구 결과도 이와 비슷한 경향을 보였다. 압축강도는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 수지함침율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 압축강도는 수지함침율이 33%에서 93%로

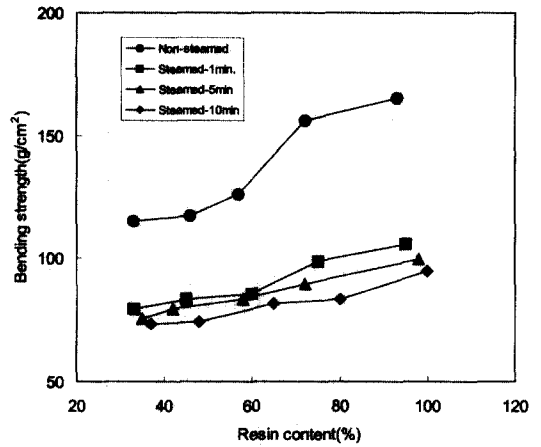


Fig. 4. Relationship between resin content and bending strength of woodceramics.

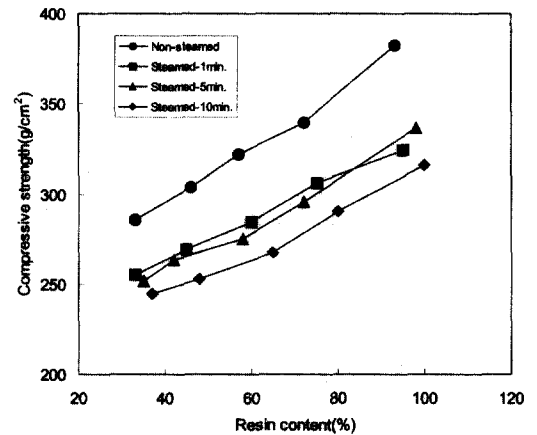


Fig. 5. Relationship between resin content and compressive strength of woodceramics.

증가함에 따라 285.5kg/cm²에서 382.4kg/cm²로 증가하였으며, 증기분사를 실시한 보드로 제조된 우드세라믹보다 컸다. 그러나 휨강도에서와 같이 증기분사 시간에 따른 우드세라믹의 압축강도 차이는 별로 없는 것으로 나타났다. Oh 등(2000b)은 아오모리산 히바를 재료로 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹과 증기분사를 5분한 보드로 제조된 우드세라믹의 압축강도를 측정된 결과, 증기분사의 경우 수지함침율이 50%에서 110%로 증가함에 따라 244.7

kg/cm²에서 326.3kg/cm²로 증가하였으며, 증기분사를 하지 않은 경우 275.3kg/cm²에서 367.1kg/cm²로 증가한다고 보고한 바 있어, 본 연구에서도 같은 결과를 얻었다. 이와 같이 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹의 휨강도 및 압축강도가 증기분사를 한 보드로 제조된 우드세라믹 보다 컸는데, 이는 증기분사를 하지 않은 보드의 표층과 중층의 밀도경사가 커서 중층의 세포벽에 들어있는 많은 양의 폐물 수지가 탄화과정에서 유리질탄소(glassy carbon)로 변하여 세포벽을 강화시켰기 때문으로 판단된다 (Okabe & Satio, 1995a; Okabe *et al.*, 1996a). 따라서 우드세라믹의 용도에 따라 강한 특성을 지닌 우드세라믹을 제조하기 위해서는 보드제조시 증기분사를 하지 않는 것이 좋을 것으로 판단되며, 치수안정성을 고려한다면 밀도경사를 줄여 균일한 수지함침을 이룰 수 있는 증기분사를 한 보드로 우드세라믹을 제조하는 것이 좋을 것으로 판단되어, 앞으로 물성을 고려한 다양한 제조 방법에 대한 연구가 더욱 필요하리라 생각된다.

4. 결 론

삼나무 간벌재를 이용하여 증기분사를 하지 않은 보드와 1분, 5분, 10분 증기분사를 실시한 보드 등 4가지 타입의 보드를 만든 후 650°C로 소성하여 우드세라믹을 제조하고 증기분사 시간에 따른 우드세라믹의 물성 변화를 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보드의 밀도에 따른 우드세라믹의 중량감소율은 4가지 타입 모두 밀도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈으며, 길이 및 두께 감소율은 밀도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다.
2. 중량, 길이 및 두께 감소율은 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹이 증기분사한 보드로 제조된 우드세라믹보다 약간 크게 나타났으나, 증기분사시간에 따라서는 뚜렷한 차이는 없었다.
3. 수지함침율에 따른 우드세라믹의 휨강도 및 압축강도는 수지함침율이 증가함에 따라 증가하는 경

향을 보였으며, 증기분사를 하지 않은 보드로 제조된 우드세라믹이 증기분사를 실시한 보드로 제조된 우드세라믹보다 컸다. 그러나 증기분사 시간에 따라서는 뚜렷한 차이가 없었다.

참 고 문 헌

1. Hokkirigawa, K., T. Okabe and K. Saito. Development of porous carbon material "woodceramics" - Fundamental wear properties under unlubricated condition on air, under base-oil impregnated condition and in water - Journal of the society of materials science Japan. 44(501): 800-804 (1995).
2. Hokkirigawa, K., T. Okabe and K. Saito. Wear properties of new porous carbon materials: woodceramics. Journal of porous materials. 2: 229-235 (1996a).
3. Hokkirigawa, K., T. Okabe and K. Saito. Friction properties of new porous carbon materials : woodceramics. Journal of porous materials. 2: 237-243 (1996b).
4. Kano, M., M. Momota, T. Okabe, K. Saito and R. Yamamoto. Thermogravimetric and differential thermal analysis of woodceramics. Transactions of the materials research society of Japan 20: 40-43 (1996).
5. Kasai, K., K. Shibata, K. Saito and T. Okabe. Humidity Sensor characteristics of woodceramics. Transactions of the materials research society of Japan 20: 92-95 (1996).
6. Oh, S. W., T. Hirose and T. Okabe. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small logs(I). - Resin impregnation rate and bending strength - Mokchae Konghak 28(4): 51-55 (2000a).
7. Oh, S. W., T. Hirose and T. Okabe. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small logs(II). - Dimensional change, weight change and compressive strength - Mokchae Konghak 28(4): 56-60 (2000b).
8. Okabe, T. and K. Saito. Development of wood-

- ceramics. Transactions of the material research society of Japan 18: 681-684 (1995a).
9. Okabe, T. and K. Saito. The examination of the manufacturing method of woodceramics(I) - Structural changes affected by burning temperature - . International Ecomaterial Conference. Xian. China. p. 1-4 (1995b).
 10. Okabe, T., K. Saito, H. Togawa and Y. Kumagai. Electromagnetic shielding characteristic of porous carbon material "woodceramics". International Ecomaterial Conference. Xian. China. p. 9-12 (1995a).
 11. Okabe, T., K. Saito, H. Togawa and Y. Kumagai. Development of porous carbon material "woodceramics" - Electromagnetic shielding characteristics - . Journal of the society of materials science Japan 44(498): 288-291 (1995b).
 12. Okabe, T., K. Saito and K. Hokkirigawa. New porous carbon materials woodceramics : Development and fundamental properties. Journal of porous materials 2: 207-213 (1996a).
 13. Okabe, T., K. Saito and K. Hokkirigawa. The effect of burning temperature on the structural changes of woodceramics. Journal of porous materials 2: 215-221 (1996b).
 14. Okabe, T., K. Saito, M. Fushitani and M. Otsuka. Mechanical properties of porous carbon material ; Woodceramics. Journal of porous materials. 2: 223-228 (1996).
 15. Shibata, K., T. Okabe, K. Saito, T. Okayama, M. Shimada, A. Yamamura and R. Yamamoto. Electromagnetic shielding properties of woodceramics made from wastepaper. Journal of porous materials 4: 269-275 (1997).