

삼나무 간벌재로 제조된 우드세라믹의 전기적성질

오승원*¹ · Toshihiro Okabe · Takashi Hirose*²

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

Seung-Won Oh*¹ · Toshihiro Okabe · Takashi Hirose*²

ABSTRACT

Woodceramics are new porous carbon materials obtained by carbonization of wood or woody materials impregnated with thermosetting resin in a vacuum furnace. This study examined the electrical properties of woodceramics made from thinned logs of *Cryptomeria japonica* as a use for electric articles. The summarized results were as follows:

1. The volume resistivity of woodceramics decreased with increasing density of woodceramics made from 3 type board. And the volume resistivity of woodceramics made from non-steamed board was somewhat higher than steamed board.
2. The consumption of electric power of woodceramics decreased with increasing density of woodceramics and resin contents made from 3 type board. And the consumption of electric power of woodceramics made from non-steamed board was somewhat higher than steamed board.
3. When the woodceramics were coated by silicon, the consumption of electric power increased about 7%.

Keywords : Woodceramics, Volume resistivity, Consumption of electric power

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

*2 일본 아오모리현 공업시험장 Industrial Research Institute of Aomori Prefecture 80 Fukuromachi, Hirosaki, Aomori, 036-8363, Japan

1. 서 론

오래 전부터 많은 종류의 탄소재료가 개발되어 여러 가지 목적으로 사용되어왔다. 탄소 물질은 탄소 전극, 모터 브러쉬, 활성탄 뿐만 아니라 원자로 내 중성자의 감속체, 전기로의 반도체 등 고도의 기술이 필요한 용도에 사용되어왔다. 특히 목탄의 역사는 매우 길다. 목탄은 가정의 취사용, 난방용, 흡착제, 환원제 원료, 정화제 등 그 용도가 매우 다양하다. 그러나 이것은 제조에 사용되는 수종에 따라 제조시 온도, 함수율 등을 달리 해야 하고 제조자의 기술에 따라 성질이 매우 다양하며 틀어짐과 균열 등이 일어나기 때문에 그 적용범위가 한정되어있다. 이러한 점에 착안하여 최근에 Okabe와 Saito(1995a)가 목재나 목질재료에 페놀수지를 함침한 후 진공상태에서 열 성형시켜 새로운 다공질 탄소재료인 우드세라믹을 개발하였다. 이는 목탄의 성질을 유지하고 강한 특성을 갖는 신 탄소물질이다.

일반적으로 세라믹 이라고 하면 점토나 광물을 원료로 만든 자기나 도기 모양을 말하는 것이나, 넓은 의미의 정의에는 이온결합 및 공유결합을 갖는 무기질 재료를 가리키는 것으로 무기질 재료에 속하는 탄소재료도 세라믹에 포함된다고 할 수 있다. 따라서 목재를 주원료로 하여 열 경화성 수지를 함침한 후 소성시켜 만든 글래스 모양의 탄소에 조직을 보강한 다공질 탄소재료인 세라믹을 우드세라믹 이라고 명명하였다(岡部. 齋藤, 1996). 이러한 우드세라믹의 명칭에 대해서는 現代用語의 基礎知識(自由國民社, 1994), 朝日現代用語知惠藏(朝日新聞社, 1995) 등에 신용어로 기재되어 일반용어로 인식되고 있다. 우드세라믹은 생태학적으로나 공업적으로 우수한 특성을 지니고 있어 단단하며, 가볍고, 내부식성, 내구성, 전자파 차폐효과가 있으며, 또한 목재

의 독특한 다공질 구조를 유지하고 가격이 다른 C-C 화합물(carbon-carbon composite) 보다 저렴하다. 그러므로 우드세라믹의 용도는 전자기제품의 원료, 마찰재료, 자동차 부속재료 등 공업적으로 매우 다양하게 사용될 것으로 기대된다(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).

따라서 본 연구에서는 일본 아오모리산 삼나무 간벌재를 재료로 3가지 타입의 보드를 제조한 후 소성하여 우드세라믹을 만들어 전기적 성질을 조사하여 금후 전기제품의 재료로서의 이용 가능성을 타진하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

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

2.2 보드 및 우드세라믹 제조

채취한 삼나무 공시재료 보드를 제조하기 위하여 실내에서 3개월 정도 음건시킨 후 Chipper와 Refiner(Toyo press Co., Ltd.)를 이용하여 입자크기 3mm이하로 분쇄하였으며 함수율은 약 13%로 조정하였다. 보드제조시 분말 접착제는 Phenol수지(BRP-5993, Showa Highpolymer Co., Ltd.)를 사용하여 중량비 10:1로 혼합하였고, 증기처리를 하지 않은 보드로 만든 우드세라믹과 증기처리한 보드로 만든 우드세라믹의 전기적 성질을 비교하기 위하여 1, 5분 증기처리를 하여 3가지 타입의 보드를 제조하였으며, 보드제조 공정은 Table 1과 같다.

Table 1. Manufacturing condition of board

Species	Board type	Density	Pressing time	Pressure	Steaming time
Aomori	Steamed board	0.5-0.9	15 min	3 Mpa	1, 5 min
Sugi	Non-steamed board	0.5-0.9	15 min	3 Mpa	

보드를 만든 후 우드세라믹을 제조하기 위하여 초음파 수지 함침장치(Okabe et al., 1995a, 1996a, 1996b)를 이용하여 액상 페놀수지(PX-1600, Honen Corporation)에 1기압에서 2시간동안 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 가마의 온도는 5°C/min 속도로 승온하였으며, 730°C에서 2시간 유지한 다음 0.5°C/min 속도로 냉각시켰다(Shibata et al., 1997).

2.3 전기적 성질 측정

제조한 우드세라믹의 전기적 성질을 측정하기 위하여 10 x 10 x 1cm 의 크기로 재단한 다음 시편의 양쪽 단면에 구리용액을 발라 전극을 만든 후 전기선을 납땜 연결하였다. 모든 시험편은 전건 후 데시케이터 속에서 2주일 동안 보관하였다. 우드세라믹의 체적고유저항률 측정은 JIS K 7194에 준하여 저저항률계(Mitsubishi Chemical Co., Ltd.)를 이용하여 probe는 ASP, 허용전압 10V에서 9점을 선택하여 측정하였다. 소비전력은 항온 항습실(습도 65±5%, 온도 20±2°C)에서 우드세라믹의 체적고유저항률이 각각 같은 부위의 표면온도를 55°C로 설정하여 목표치에 도달할 때까지의 소비전력량을 측정하였다. 또한 실리콘수

지로 코팅하여 절연처리한 우드세라믹과 절연처리를 하지않은 우드세라믹의 소비전력을 비교하기 위하여 우드세라믹의 중심표면 온도를 35, 40, 45, 50, 55°C로 설정하여 적산전력계(Watt meter)를 이용하여 측정하였으며, 표면 온도의 측정은 Thermo Recorder(T and D Co., Ltd. TR-71S)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 체적고유저항률

3가지 타입의 보드로 제조된 우드세라믹의 밀도에 따른 체적고유저항률은 Fig. 1에 나타났다. 그림에서 보는바와 같이 3타입모두 우드세라믹의 밀도가 증가함에 따라 체적고유저항률은 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 증기처리를 하지않은 보드의 우드세라믹의 체적고유저항률이 11.3Ω.cm - 8.2Ω.cm로 증기를 1분, 5분 처리한 보드의 우드세라믹 보다 약간 큰 값을 나타냈다. 이는 증기처리를 가하지 않은 보드의 밀도경사가 컸기 때문에(Oh et al., 1999) 페놀수지 함침량이 달라서로 다른 체적고유저항률 값에 영향을 미친 것으로 생각되며, 증기처리 시간 1분과 5분간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 기능성 목질 신소재 기술 연구조합(1999)의 우드세라믹 면상 발열체의 개발에서 우드세라믹 분쇄 성형품의 비중이 증가함에 따라 저항률은 감소한다는 연구결과가 있는데 이와 일치하였다. 또한 소성온도와 체

Table 2. Characteristics of phenol resin

Powder resin(Novolak type)		Liquid resin(Resol type)	
Density(g/cc)	0.26-0.34	Non-volatile(% 1hr/135°C)	46.0
Plate flow(mm)	30-40	Specific gravity(D 25/4)	1.119
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

적고유저항률과의 관계에서 소성온도가 높아짐에 따라 체적고유저항률은 급격히 감소하는 경향을 보인다는 연구결과도 있다(Shibata *et al.*, 1996a, 1996b). 그러나 우드세라믹의 전기재료로서의 이용 가능성에서 볼 때 각각의 전기재료에 적합한 저항률이 다르므로 용도에 맞는 우드세라믹을 제조하여 사용해야 할 것으로 생각된다.

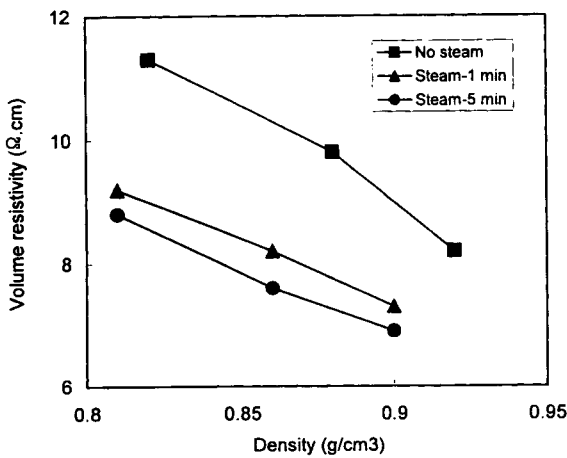


Fig 1. Relationship between Woodceramics density and volume resistivity.

3. 2. 소비전력

체적고유저항률 측정시 측정 부위중 저항률이 같은 부위의 표면온도를 55°C로 설정한 후 소비전력을 측정하였다. 3가지 타입의 보드로 제조된 우드세라믹의 밀도와 수지 함침율에 따른 소비전력과의 관계는 Fig. 2와 3에 나타났다. 그림에서 보는 바와 같이 우드세라믹의 밀도와 수지 함침율이 증가함에 따라 소비전력은 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 증기처리를 하지 않은 우드세라믹의 소비전력은 밀도 0.82에서 67Wh, 0.92에서 49Wh로 증기를 1분, 5분 처리한 보드의 우드세라믹보다 약간 큰 값을 나타냈으며, 증기처리 시간 1분과 5분간의 소비전력에는 별 차이가 없었다. Fig. 4는 절연을 위하여 실리콘 수지로 코팅한 우드세라믹과 코팅 처리 하지 않은 우드세라믹의 표면 온도에 따른 소비전력과의 관계를 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 우드세라믹의 표면온도가 증가함에 따라 소

비전력도 증가함을 보였다. 또한 실리콘으로 코팅한 우드세라믹의 소비전력이 코팅하지 않은 우드세라믹의 소비전력보다 약7% 높게 나타났다. 이것은 코팅에 의해서 어느 정도의 열 전달이 차단되므로 인해 소비전력이 증가되었음을 의미한다. 그러나 우드세라믹은 도전체 이므로(Shibata *et al.*, 1996) 이를 전기재료로 이용하기 위해서는 적절한 코팅기술의 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

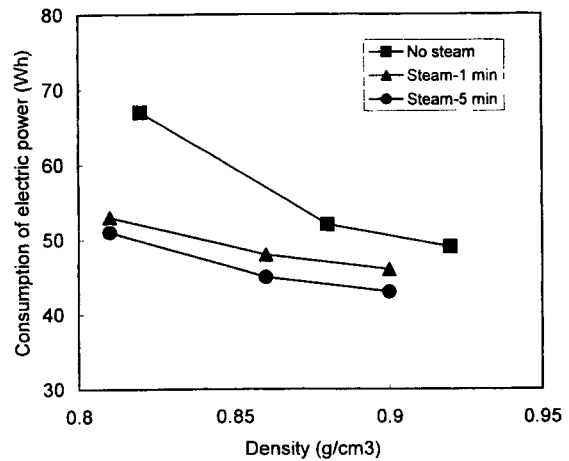


Fig 2. Relationship between Woodceramics density and consumption of electric power.

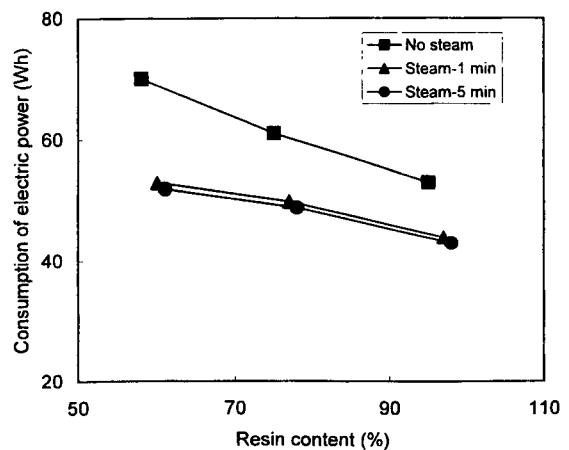


Fig 3. Relationship between resin content and consumption of electric power.

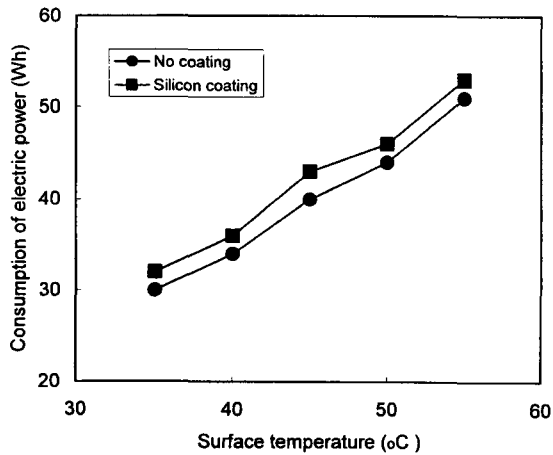


Fig 4. Relationship between surface temperature of woodceramics consumption of electric power.

우드세라믹의 소비전력에 대한 연구는 아직 미흡하지만, Hirose와 Okabe(1999)는 우드세라믹을 직렬과 병렬로 3개씩 연결하여 실리콘 코팅한 우드세라믹의 소비전력과 코팅하지 않은 우드세라믹의 소비전력을 비교한 결과, 직렬과 병렬 모두 실리콘 코팅한 우드세라믹의 소비전력이 약 5% 정도 높았다고 보고한 바 있으며 본 연구에서도 이와 비슷한 결과를 확인할 수 있었다.

4. 결 론

일본 Aomori산 삼나무 간벌재를 이용하여 증기처리를 하지않은 보드와 증기를 1분, 5분 처리한 3가지타입의 보드를 만든 후 우드세라믹을 제조하고, 이것을 전기제품의 재료로 이용하기 위한 기초 연구로서 전기적 성질을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 밀도에 따른 우드세라믹의 체적고유저항률은 3타입 모두 밀도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 증기처리를 하지 않은 우드세라믹의 체적고유저항률이 약간 크게 나타났다.
2. 밀도와 수지 함침율에 따른 우드세라믹의 소비

전력은 3타입모두 밀도와 수지 함침율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 증기처리를 하지 않은 우드세라믹의 소비전력이 약간 크게 나타났다.

3. 실리콘 코팅한 우드세라믹과 코팅하지 않은 우드세라믹의 소비전력을 비교한 결과 실리콘 코팅한 우드세라믹의 소비전력이 약 7% 크게 나타났다.

사 사

본 연구를 수행함에 있어 시료의 제공과 실험기 자재를 사용할 수 있도록 도와주신 일본 아오모리현 공업시험장 工藤 哲生 場長님께 감사드립니다.

5. 참 고 문 헌

1. Hirose, T. and T. Okabe. 1999. Development of heater for floor heating with woodceramics. The fourth international conference on ECOMATERIALS. 675-678.
2. Hokkirigawa, K., T. Okabe and K. Saito. 1995. 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.
3. Hokkirigawa, K., T. Okabe and K. Saito. 1996
 - a. Wear properties of new porous carbon materials: woodceramics. Journal of porous materials. 2 : 229-235.
 - b. Friction properties of new porous carbon materials : woodceramics. Journal of porous materials. 2 : 237-243.
5. Kano, M., M. Momota, T. Okabe, K. Saito and R. Yamamoto. 1996. Thermogravimetric and differential thermal analysis of woodceramics. Transactions of the materials research society of Japan 20 : 40-43.

6. Kasai, K., K. Shibata, K. Saito and T. Okabe. 1996. Humidity Sensor characteristics of woodceramics. Transactions of the materials research society of Japan 20 : 92-95.
7. Oh, S. W., T. Hirose and T. Okabe. 1999. Examination of produce method of woodceramics made from thinned small logs. The fourth international conference on ECOMATERIALS. 671-674.
8. Okabe, T. and K. Saito. 1995 a. Development of woodceramics. Transactions of the material research society of Japan 18 : 681-684.
9. Okabe, T. and K. Saito. 1995 b. The examination of the manufacturing method of woodceramics(I) - Structural changes affected by burning temperature -. International Ecomaterial Conference. Xian. China : 1-4.
10. Okabe, T., K. Saito, H. Togawa and Y. Kumagai. 1995 a. Electromagnetic shielding characteristic of porous carbon material " woodceramics". International Ecomaterial Conference. Xian. China : 9-12.
11. Okabe, T., K. Saito, H. Togawa and Y. Kumagai. 1995 b. Development of porous carbon material "woodceramics" - Electromagnetic shielding characteristics -. Journal of the society of materials science Japan 44(498) : 288-291.
12. Okabe, T., K. Saito and K. Hokkirigawa. 1996 a. New porous carbon materials woodceramics : Development and fundamental properties. Journal of porous materials 2 : 207-213.
13. Okabe, T., K. Saito and K. Hokkirigawa. 1996 b. The effect of burning temperature on the structural changes of woodceramics. Journal of porous materials 2 : 215-221.
14. Okabe, T., K. Saito, M. Fushitani and M. Otsuka. 1996. Mechanical properties of porous carbon material ; Woodceramics. Journal of porous materials. 2 : 223-228.
15. Shibata. K., K. Kasai, T. Okabe and K. Saito. 1996. Electrical resistivity of porous carbon materials, "woodceramics" at low temperature. Journal of porous materials 2 : 287-290.
16. Shibata. K., T. Okabe and K. Saito. 1996. Electric characteristics of woodceramics and its application. Transactions of the material research society of Japan 20 : 88-91.
17. Shibata, K., T. Okabe, K. Saito, T. Okayama, M. Shimada, A. Yamamura and R. Yamamoto. 1997. Electromagnetic shielding properties of woodceramics made from wastepaper. Journal of porous materials 4 : 269-275.
18. 機能性木質新素材技術研究組合. 1999 研究検討 會議資料.
19. 岡部敏弘, 齋藤幸司. 1995. 多孔質炭素材料 " ウッドセラミックス" とその活用 について. 遠赤外線協會. 6(7) : 1-7.