

통전한 우드세라믹의 전기적 성질*1

오 승 원*2†

Electrical Properties of Woodceramics with Sending an Electric Current*1

Seung Won Oh*2†

요 약

소나무로 제조된 톱밥보드를 수지함침율을 달리하여 함침한 후 650°C로 탄화하여 우드세라믹을 제조하고 통전하여 이들의 전기적 성질 및 표면온도를 측정하였다. 고정저항이 작을수록 낮은 전압으로 통전하여도 우드세라믹의 표면온도가 높음을 알 수 있었으며, 저항이 클수록 표면온도를 70°C 이상 올리기 위해서는 전압을 높게 해야 할 것으로 판단된다. 또한 전압을 높게 했을 때 우드세라믹에 흐르는 전류, 전력 및 표면온도는 높게 나타났으며, 동일 전압 하에서는 목표온도가 높을수록 도달시간, 전류 및 전력은 증가하였다.

ABSTRACT

Using sawdust boards made of pine by differing the percentage of resin impregnation, woodceramics were manufactured by carbonizing temperature at 650°C. Their electrical properties and surface temperature were measured by sending an electric current. As electrical resistance of woodceramic was lower, its surface temperature, even in a low voltage, became higher. It seemed to be necessary to applying higher voltage to the woodceramic to raise the surface temperature by target temperature 70°C or more in this study, according as resistance increased. When the voltage increased, woodceramics showed higher level all in electric current, electric power and surface

* 1 접수 2007년 4월 30일, 채택 2007년 6월 25일

이 논문은 2005년도 전북대학교 해외연구년제 연구비에 의하여 연구되었음.

* 2 전북대학교 농업생명과학대학, 농업과학기술연구소, College of Agriculture and Life Science, Institute of Agriculture Science & Technology Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

† 주저자(corresponding author) : 오승원(e-mail: ohsw@chonbuk.ac.kr)

temperature. Arrival time, electric current and electric power increased with increase of target temperature under constant voltage.

Keywords: woodceramic, electrical properties, surface temperature

1. 서 론

우드세라믹은 제조공정이 간단하고 목탄의 특성을 유지하면서 가볍고, 단단하며 내 부식성, 내구성 등의 성질이 있으며, 소성온도 및 수지 함침율에 따라 체적고유 저항율을 변화시킬 수 있기 때문에 발열체, 온·습도센서에서부터 전자파 차폐재, 전자파 흡수체에 이르기까지 전기 및 전자파 응용제품 개발이 크게 기대되는 새로운 소재로 알려져 있다 (Kano *et al.*, 1996; Kasai *et al.*, 1996; Nonaka *et al.*, 1999; Okabe *et al.*, 1996a, 1996b; Shibata *et al.*, 1997). 최근에는 이러한 발열특성을 이용한 기능성 발열판 제조기술개발을 시도함으로써 우드세라믹의 용도개발에 대한 연구가 진행 중에 있다(오, 2002; 오 등, 2003).

과거에는 열원으로써 목탄이 사용되어 왔으나 한번 사용하면 성능이 없어지는 단점이 있었으며, 현재는 발열재료로서 니크롬, 구리 등 금속선과 SiC나 흑연 등의 비금속재료 등이 많이 이용되고 있다. 우드세라믹은 비금속재료로서 내열, 내 부식성 등을 가지고 있으며 공기 중에서 300°C까지 사용이 가능하여 전기적성질의 제어가 가능하다면 단일재료로 광범위하게 이용될 것으로 생각된다. 또한 원재료로는 자연목재 소재와 비 목재자원의 유효이용, 폐재 등의 이용이 가능하여 부가가치가 높은 에코메트리얼(eco-materials)이다.

본 연구에서는 3령급 이하 소나무로 톱밥보드를 만든 후 우드세라믹을 제조하고 통전하여 저항, 전압, 전류 및 전력 등 전기적 성질 및 표면온도를 측정함으로써 발열판 소재로 우드세라믹의 이용 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

직경 12 cm 이하 소나무 간벌재를 톱밥보드 제조용 재료로 사용하였다.

2.2. 보드제조

함수율 6% 이하로 건조된 톱밥을 분말 페놀수지와 충분히 혼합하여 열압기의 열판 위에 있는 스테인레스 정방형 몰드 속에 넣고 상부 높이를 일정하게 조절한 후 열압 성형하여 26 × 26 × 1.4 cm의 보드를 제조하였다. 보드제조 조건은 수지혼합율 10%, 열압온도 190°C, 가압압력 40, 20, 10 kgf/cm² 상태를 각각 6, 5, 4분간의 열압시간을 유지하여 밀도 0.6 g/cm³의 보드를 20매 제조하였다. 보드 제조 시 사용한 분말 페놀수지(코오롱유화(주) KNB-100PL)의 융점은 80~95°C, 수지 고형분은 99%이다.

2.3. 함침 및 우드세라믹 제조

12 × 12 × 1.4 cm의 크기로 절단된 톱밥보드를 액상 페놀수지(KPD-L777, 코오롱유화(주))가 들어 있는 감압 함침장치에 넣고 함침율을 40~80%로 조절하여 함침시켰다. 함침에 사용한 페놀수지의 특성은 고형분 51~53%, 비중 1.06, 점도 45~65 cps, 경화시간 80~95 sec이다. 함침보드를 60°C에서 10시간, 100°C와 135°C에서 8시간 건조한 다음 진공소결로(KOVAC, KSF-200V)를 이용하여 650°C에서 탄화하여 우드세라믹을 제조하였다.

2.4. 전기적 성질 측정

제조된 우드세라믹의 전기적 성질을 측정하기 위하여 시험편을 전건한 후, 데시케이터 속에 2주간 보관한 다음 시험편 양쪽 단면에 구리용액을 발라 전극을 만든 후 전기선을 납땀하여 연결하였다. 수지함침율에 따른 저항은 각 수지함침율 별로 탄화 후 저항이 각기 다르기 때문에 Sejin사의 digital multi-meter를 이용하여 양 전극부위에서 측정하여 5종류로 선별하였다. 전압, 전류 및 전력을 Yokogawa사의 digital power meter (Model WT-210)를 이용하여 통전하면서 측정하였다. 이때 슬라이다스를 이용하여 전압을 조절하여 고정하였으며, 동작저항은 측정당시의 전압과 전류를 이용하여 계산하였다. 우드세라믹의 표면온도는 설정전압 하에서 4군데를 측정하여 평균하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 저항에 따른 전기적 성질

우드세라믹을 통전하여 각각의 전기저항에 따른 우드세라믹의 표면온도 안정화와 전기적 성질을 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다. 통전하지 않은 고정저항보다 전기를 연결했을 때의 동작저항은 전압이 높을수록 전체적으로 작아지는 경향이였다.

고정저항 1.3 Ω일 때 3 V의 전압을 가할 경우 100분 후에 표면온도가 52.8°C로 안정화되었으며, 4 V의 전압일 경우 80분 후에 표면온도가 95.3°C로 안정화되어 더 이상의 시간의 변화에도 온도는 일정하였다. 또한 고정저항 6.1 Ω일 때 3 V의 전압을 가할 경우 60분 후에 표면온도가 29.6°C로, 6 V의 경우 120분 후에 56.4°C로, 7 V의 경우 140분 후에 77.0°C로 표면온도가 안정화되었다.

이와 같이 저항이 작을수록 낮은 전압에서도 우드세라믹의 표면온도가 높음을 알 수 있었으며 저항이

Table 1. Electrical properties and stability of surface temperature according to electric resistance

FER (Ω)	AER (Ω)	Voltage (V)	EC (A)	EP (W)	Time (min.)	T (°C)
13	0.95	3	3.16	9.20	100	52.8
	0.68	4	5.84	23.7	80	95.3
20	1.63	3	1.84	5.36	80	42.1
	1.44	4	2.77	10.80	120	61.6
	1.14	5	4.37	21.10	120	94.3
40	3.49	3	0.86	2.66	60	31.8
	3.42	4	1.17	4.59	60	36.8
	3.16	5	1.58	7.78	80	47.7
	2.73	6	2.20	13.11	140	60.7
	2.27	7	3.08	20.84	140	79.4
6.1	5.77	3	0.52	1.59	60	29.6
	5.55	4	0.72	2.87	60	35.9
	5.15	5	0.97	4.84	80	45.1
	4.58	6	1.31	7.74	120	56.4
	3.80	7	1.84	12.70	140	77.0
8.0	8.33	3	0.36	1.09	80	29.9
	8.00	4	0.50	2.01	80	33.9
	7.46	5	0.66	3.30	100	40.1
	6.82	6	0.88	5.22	140	50.4
	6.03	7	1.16	8.12	140	63.3

Notes; FER: Fixed Electric Resistance, AER: Acted Electric Resistance, EC: Electric Current, EP: Electric Power, T: Temperature.

Table 2. Electrical properties and time for rising 70°C of surface temperature of woodceramics

FER (Ω)	Voltage (V)	EC (A)	EP (W)	Time (min)
13	4	5.23	21.68	20
20	5	3.95	19.10	40
4.0	7	2.89	18.95	40
6.1	7	1.78	12.38	40
8.0	10	1.30	9.52	40

Notes; FER: Fixed Electric Resistance, EC: Electric Current, EP: Electric Power.

Table 3. Electrical properties according to voltage and surface temperature of woodceramics

Voltage (V)	Temperature (°C)	30	40	50	60	70	80
		EC (A)	205	220	229	237	249
20	EP (W)	41.7	45.3	48.5	49.3	51.2	56.8
	T (min.)	3.3	7.8	14.0	22.8	35.2	49.7
	EC (A)	247	266	287	299	313	331
25	EP (W)	60.1	66.2	71.4	74.5	76.7	82.3
	T (min.)	1.4	3.6	6.6	10.1	14.4	18.4
	EC (A)	3.01	3.26	3.47	3.69	3.95	4.10
30	EP (W)	87.5	92.6	99.1	109.5	112.5	116.9
	T (min.)	1.3	3.0	4.1	6.4	8.7	11.5
	EC (A)	3.87	4.20	4.43	4.80	5.05	5.31
35	EP (W)	137.0	149.2	155.3	169.5	176.5	185.0
	T (min.)	1.0	2.0	3.3	4.7	6.0	7.5
	EC (A)	4.47	4.73	5.04	5.32	5.68	6.01
40	EP (W)	175.0	188.4	199.2	212.9	223.6	241.2
	T (min.)	0.7	1.4	2.1	2.8	3.7	4.7

Notes; EC: Electric Current, EP: Electric Power, T: Reach Time.

클수록 우드세라믹의 표면온도를 70°C 이상 올리기 위해서는 높은 전압을 가해야 할 것으로 생각된다. 또한 각 고정저항별로 전압을 높게 했을 때 우드세라믹의 전류, 전력 및 표면온도는 높게 나타남을 알 수 있었다.

Table 2는 우드세라믹의 온돌마루판 하부소재 이용 시 적정 표면온도라고 판단되는 70°C까지 올리는 데 걸리는 시간 및 그때의 전기적 성질을 시편의 저항별로 선택하여 조사한 결과이다. 각 저항별 처리 전압의 경우를 상정하여 측정된 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이 각 저항별로 낮은 전압에서는 70°C까지 온도가 상승하지 않고 일정한 시간에서 표면온도가 안정화되어 버렸다. 따라서 목표온도인 70°C까지 상승시키기 위해서는 고정저항 1.3 Ω 의 경우 4 V의 전압으로 20분, 고정저항 4.0 Ω 의 경우는 7 V

의 전압으로 40분, 고정저항 8.0 Ω 의 경우는 10 V의 전압으로 40분을 통전 가열해야 하는 것으로 나타났다. 또한 우드세라믹의 표면온도를 높게 상승시키기 위해서는 저항이 큰 시편일수록 높은 전압으로 통전해야 하며, 저항이 큰 시편일수록 일정온도까지 온도를 상승시킬 때 전압을 높게 함으로써 전류와 전력은 감소하였다.

3.2. 전압과 표면온도에 따른 전기적 성질

온도변화를 측정하기 위한 각 시험편의 기초조사로 평균 고정저항이 1.7 Ω 인 우드세라믹 시편 6개를 직렬로 연결하여 통전한 다음 각 전압별로 목표온도에 도달하는 시간 및 전기적 성질을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다.

전압 30 V로 통전하였을 때 우드세라믹의 표면온도를 30°C 올리는 데 걸리는 시간, 전류 및 전력은 각각 1.3분, 3.01 A, 87.5 W이었으며, 목표온도 70°C 경우에는 각각 8.7분, 3.95 A, 112.5 W이었다. 이와 같이 동일전압 하에서 목표온도가 높을수록 도달시간, 전류 및 전력은 증가하였다. 또한 목표온도를 60°C로 설정하였을 때 목표온도에 도달하는 시간은 전압 20 V의 경우 22.8분, 30 V의 경우는 6.4분, 40 V의 경우는 2.8분으로 전압을 높게 하여 통전할수록 목표온도에 도달하는 시간은 짧았으나 상대적으로 전류나 전력은 증가하였다.

이상의 결과를 볼 때 우드세라믹을 발열판 소재로 사용하기 위해서는 우드세라믹 시편 6개를 직렬로 연결했을 때 전압 25~30V 정도의 통전이 목표온도의 도달시간이 비교적 양호하였으며 전류가 4 A 이하로 나타나 적절한 전압조건으로 판단되었다. 또한 여러 개의 시편을 연결하여 통전할 경우 저항이 작은 시편을 선택해야 전압을 낮출 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

소나무로 제조된 톱밥보드를 수지함침율을 달리 하여 함침한 후 650°C로 탄화하여 우드세라믹을 제조하고 통전하여 이들의 전기적 성질 및 표면온도를 측정하였다. 저항이 작을수록 낮은 전압에서도 우드세라믹의 표면온도가 높음을 알 수 있었으며 저항이 클수록 표면온도를 70°C 이상 올리기 위해서는 높은 전압으로 통전해야 할 것으로 판단된다. 각 고정저항별로 전압을 높게 했을 때 우드세라믹에 흐르는 전류, 전력 및 표면온도는 높게 나타났으며, 동일 전압 하에서 목표온도가 높을수록 도달시간, 전류 및 전력은 증가하였다.

이상의 결과 우드세라믹을 발열판 소재로 사용하기 위해서는 적절한 전압과 저항의 조절이 필요하

며, 6개의 우드세라믹 시편을 직렬로 연결했을 경우에는 전압 25~30 V의 통전이 적당할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 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.
2. Kasai, K., K. Shibata, K. Saito, and T. Okabe. 1996. Humidity Sensor characteristics of woodceramics. Transactions of the Materials Research of Japan 20: 92~95.
3. Nonaka, K., M. Fushitani, T. Hirose, and T. Okabe. 1999. Thermal conductivity of woodceramics. proceeding of 11th MRS-J annual meeting, session 1. New plant materials. pp. 98~101.
4. Okabe, T., K. Saito, and K. Hokkirigawa. 1996a. New porous carbon materials woodceramics : development and fundamental properties. Journal of Porous Materials 2: 207~213.
5. Okabe, T., K. Saito, and K. Hokkirigawa. 1996b. The effect of burning temperature on the structural changes of woodceramics. Journal of Porous Materials 2: 215~221.
6. Shibata, K., T. Okabe, K. Saito, T. kayama, M. Shimada, A. Yamamura, and R. Yamamoto. 1997. Electromagnetic shielding properties of woodceramics made from wastepaper. Journal of Porous Materials 4: 269~275.
7. 오승원. 2002. MDF로 제조된 우드세라믹의 표면온도 변화(I)-밀도 및 소성온도의 영향. 임산에너지 21(1): 1~6.
8. 오승원, 박금희, 변희섭. 2003. 톱밥보드로 제조된 우드세라믹의 표면온도 변화-수지함침율 및 소성온도의 영향. 임산에너지 22(1): 24~29.