ISSN:1226-7244 (Print)
ISSN:2288-243X (Online)
j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.21,No.1,24~29,March 2017
논문번호17-01-04
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2017.21.1.24


# 원적외선 온열효과를 위한 나노탄소타일 개발

# Development of Nano Carbon Tile for Far-Infrared Thermotherapy Effect

윤 달 환*★ · 엄 우 용**
Dal-Hwan Yoon*★ · Woo-Yong Uhm**

## Abstract

In this paper, we have developed the nano carbon tile and chip which is based on a reducing process of oxidation and the viscous fluid control, after hardening to the stylene monomer and methylol acrylamide monomer using an acrylic emulsion junction material. Then we can obtain the sphere form structure of diagonal 1~3 mm, they have mixture the acrylic emulsion junction material(45%) and the coconut carbon powder(55%) of size 300~500 mesh for 25~30 min. Finally, if we have dry for the formated carbon including 30~90 minute at 90~300°C, then be obtained for pure carbon formation of 95%. In order to identify the safety of the friendly circumstance carbon formation, we have tested the far-infrared ratio, energy analysis, gas density and anti-disease germs experiment.

## 요 약

본 연구에서는 수용성 아크릴 에멀젼 접착제를 주성분으로 스틸렌 모노머(stylene monomer)와 메틸올 아크릴아미드 모노머(methylol acrylamide monomer)를 경화시키고, 여기에 산화환원제와 점도 조절을 통한 나노 탄소타일을 개발한다. 이때 수용성 아크릴 에멀젼 접착제(45 %)와 300~500메시(mesh) 코코넛 숯(55%) 파우더를 일정비율로 25~30분간 혼합 교반하면, 직경 1~3mm 구형체가 형성된다. 성형된 조성물은 소성온도 90~300°C에서 30~90분가량의 소성과정을 거친 후 상온에서 건조시키면, 숯 성형물은 95% 이상 순수한 고형활성탄이 된다. 친환경 숯 성형물을 입증하기 위해 원적외선 비율, 에너지 분석, 가스농도 및 항균실험을 실시해 안정성을 확보한다.

*Key words : nano carbon tile, an acrylic emulsion, mesh, powder, far-infrared, energy and gas*

* Dept. of Electronics Engineering, SeMyung University
★ Corresponding author
e-mail: yoondh@semyung.ac.kr, tel: 043-649-1308
※ Acknowledgment
(This paper was supported by the Semyung University research grant of 2016)
Manuscript received Mar. 14, 2017; revised Mar. 18, 2017 ; accepted Mar. 29, 2017
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License, (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Ⅰ. 서론

최근 항노화(anti-aging) 시대를 맞이하여 24시간의 인체활동 중에 소화흡수, 에너지 저장, 노폐물 및 독소 배출을 도모할 수 있는 복지형 헬스케어 융복합에 대한 연구가 다양한 분야에서 진행되고 있다.

꿈의 신소재로 불리는 탄소소재는 안드레 가임(Andre Gaim, 영국)과 콘스탄틴 노보셀로프(Constantin Nobocelrov, 영국)가 흑연에서 그래핀(Graphene)을 분리해낸 이후, 가구 및 생활 용품에서 항공 우주에 이르기까지 다양하게 응용되고 있다. 탄소원자 한층으로 이루어진 그래핀은 두께가 0.35 $nM$에 불과하지만, 강도는 강철의 200배 다이아몬드의 2배 이상되고, 구리보다 100배 이상의 전기를 잘 통하게 하며, 비틀어도 부서지지 않는 것이 특징이다[1].

나노탄소 응용기술 중 숯의 강력한 흡착력을 이용한 탄소성분은 다량의 원적외선(Far-infrared) 배출을 이용한 온열요법, 제습, 공기청정, 생체 활성화 및 유독 물질 배출 등에 활용되고 있다. 각 분야에서 숯의 작용과 효능에 관한 연구는 다양하게 진행되고 있다[2][3].

전통적인 원적외선의 온열효과가 갖는 경험은 많이 갖고 있으나 임상을 통한 과학적 데이터가 절실히 필요하다. 이러한 원적외선은 파장이 3㎛ 이상인 전자기파로 이중 파장이 약 8~14 ㎛인 원적외선을 인체에 조사시키면 쉽게 흡수(또는 공명)되어 온열효과를 갖는다[4]. 따라서 원적외선의 온열효과가 인체에 흡수되면 체내 심층부의 온도를 상승시키고, 혈액순환을 촉진하며, 신진대사를 전체적으로 활성화시켜 피로회복 스트레스 등 만성질환의 치료에 효과적인 것으로 보고되었다[5][6].

본 연구에서는 원적외선 온열효과를 위한 나노탄소칩을 개발하고 안정성을 시험한다. 이때 산화환원제와 중화제 점도조절제 등을 포함한 조성물을 혼합교반 제조한 수용성 아크릴에멀젼 접착제와 코코넛 숯 300~500메시(mesh)와 일정비율로 20~30분간 혼합 교반하면 직경 1~3mm구형체가 형성되며, 50~60분가량의 숙성을 거친다. 숙성과정 후 분해과정을 거치면 본래성질로 회귀하며 유동성확보에 유리하다

## Ⅱ. 탄소제품의 현황

실내공기오염은 단열화, 밀폐화에 따른 환기부족, 실내흡연, 연소기구 사용, 오염된 외부공기의 실내 유입 등이 가장 큰 원인으로 작용한다. 이러한 실내 공기 질에 영향을 미치는 오염물질로는 CO, $CO_2$, $NO_2$, $SO_2$, 미세먼지, 중금속, 석면, 라돈, 휘발성 유기화합물(VOCs), 포름알데히드, 병원성 세균 등이 있다[7].

침상공간은 하루의 피로와 건강한 생활을 유지하게 하는 중요한 공간이다. 불면증이나 근골격계 및 순환계 질환 환자의 경우 건강유지에 중대한 영향을 끼친다. 최근 IT기술을 활용하여 오감만족을 위한 숙면은 맞춤형 제품의 개발로 사용자의 삶의 질 향상에 결정적 기여를 하고 있다.

또한 국내 바닥 난방 시장은 단순한 바닥제품의 디자인을 중심으로 내구성 품질에 머물고 있으며, 대부분 제품의 80% 이상을 해외 수입에 의존하고 있는 상태이다. 이로 인하여 한국인의 고유 온돌 문화 (바닥 문화)와 좌식생활로(매트리스 침대) 인한 각종 질환에 대하여 배려되는 제품은 전무한 실정으로, 한국인의 생활과 체형에 부합하는 제품개발이 절실하다.

(1) 온열 침대 업체 현황

온열식 전기침대 산업이 증대됨에 따라 신뢰성 데이타를를 확보할 필요가 있으며, 온열침대의 에너지 등급화 기준 자체를 방사율과 연관시켜 에너지 절감 효과를 규명할 필요가 있다. 2011년 전기침대, 전열보드 전기장판 최저소비효율기준 제정(안)을 보면, 에너지이용 합리화법 제 15조 및 제 16조에 근거한 “효율관리 기자재 운용규정” 전기 온열침대나 「전기용품 중 정격소비전력 100W 이상 2000W이하로 규정지었으며, 전열보드는 20W이상 500W이하로 규정지었다.

(2) 바닥자재 시장 업체 현황

표1은 국내외 바닥재 시장를 나타낸다.

Table 1. The open market of the bottom.
표 1. 바닥재 시장구조

| Company name | Production cost | occupancy rate(%) | |
|---|---|---|---|
| | | Int. | Ext. |
| Dong Hwa Co. | 125 | 12 | 0.01 |
| KCC | 340 | 40 | 0.1 |
| Nanocarbon Co. | 30 | 4 | - |
| Kubler GmbH (Ger) | 45,000 | 3 | 2.3% |
| Schwank GmbH (Ger.) | 32,000 | 3 | 1.6% |
| Roberts Gordon (U.S.A.) | 20,500 | 10 | 1% |

(3) 공기 정화 시장

국내 공기정화 시장은 1996년 '실내공기질관리법안'의 입법화 이후 급성장 할 것으로 예측되었으나, 갑작스런 외환위기로 인해 한 동안 주춤하였다. 그러나 2000년을 기점으로 국내경제가 회복되었고, 특히 중국의 영향으로 미세먼지와 대기오염에 대한 시민들의 인식이 크게 변화하고, 2010년 이후 숯을 이용한 탄소 응용제품 및 탄소타일 시장이 확대되고 있다.

(4) 공기오염 현황과 사회적 문제점

냉·난방에서 가장 중요한 부분은 에너지 손실이며, 실내 공기질의 오염에 의한 환기가 필요하여 기능성 창호 및 공기청정 시스템 등 개발되고 있으나, 실질적인 에너지 사용량은 줄어들지 않고 있다.

## III. 탄소칩 개발

탄소타일은 수용성 아크릴 에멀젼 접착제를 주성분으로 스틸렌 모노머(stylene monomer)와 메틸올 아크릴아미드 모노머(methylol acrylamide monomer)를 아크릴산에서 경화시키고, 여기에 산화환원제와 중화제와 점도조절제 등을 포함한다. 이때 조성물을 혼합교반 제조한 수용성아크릴 에멀젼 접착제와 300~500메시(mesh) 코코넛 숯 파우더를 일정비율로 25~30분간 혼합 교반하면, 직경 1~3mm 구형체가 형성되며, 이를 50~60분가량 숙성을 거친다. 숙성을 거친 파우더는 롤밀(roll mill)에 통과시켜 2~5차례 밀착혼합을 거친다. 밀착혼합과정은 파우더의 유동성을 좌우하여 기술적처리가 중요하다.

아크릴 에멀젼접착제(45 %)와 탄화 숯(55%)의 밀착 혼합처리 부피는 약120%로 증가한다. 이때 완성된 발포 숯 파우더는 프레스로 다양한 친환경 숯 성형조성물을 만들 수 있다. 성형된 조성물은 소성온도 90~300°C에서 30~90분가량의 소성과정을 거친 후 상온에서 건조시킨다. 마지막으로 아크릴 에멀젼접착제 성분은 소성과정에서 기화되고 숯 성형물은 95% 이상 순수한 고형활성탄이 된다. 친환경수용성접착제결합은 숯의 기공이 그대로 살아있고, 숯 분말이 손에 묻어나지 않고 단단하며, 가볍고 물에 뜨는 숯(목탄)으로 완성된다.

활성탄 숯은 탄소체로서 미세한 기공이 형성된 다공질의 조직으로 되어 있어 항균방습은 물론, 각종 수자원의 정화기능이 우수하여 천연탈취제와 조습제 등으로 널리 이용할 수 있다. 또한 전자파 흡수기능과 원적외선 방출 효과, 음이온 방출에 의한 공기청정 기능, 수맥에서 인체에 유해하게 전달되는 파동의 차단 기능, 전자제품의 전자파 차단 기능 등 건강제품 소재로서 활용할 수 있다[7]. 그림 1은 숯의 기공과 다공체 구조모형을 나타낸다.

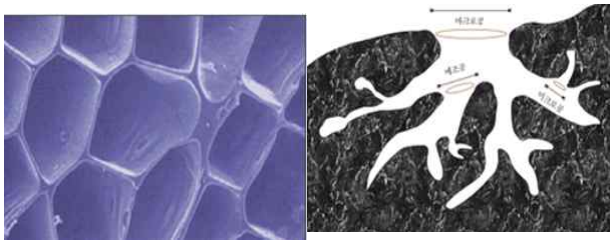


Fig. 1. Air hole and multi-structure of carbon
그림 1. 숯의 기공과 다공체 구조

## IV. 시험결과

기존 탄소코팅제를 사용한 탄소타일은 화제발생시 내열에 적응하지 못하고 제품안정성에 문제가 발생한다[7]. 그림 2는 가열에 의한 화제 시험 장면이다.

Fig. 2. Fire test of an existed carbon tile
그림 2. 기존타일 화제시험

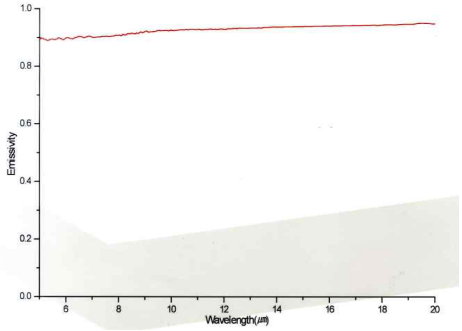
수용성 수지 분사 혼합을 25~30분 구형체로 형성될 때까지 혼합하여 롤밀을 2~5회 통과시켜 수용성 아크릴접착제, 숯 파우더와 혼합비를 높인다. 성형물은 90~300°C에서 30~90분가량의 소성과정을 거친 후 상온에서 건조하고, 활성탄 숯은 결합 응집력과 기공이 활성화된 95%이상의 숯(목탄) 구조성형체를 완성한다. 그림 3은 시험용 탄소타일과 칩을 나타낸다.

Fig. 3. Carbon tile and chip for test
그림 3. 시험용 탄소타일과 칩

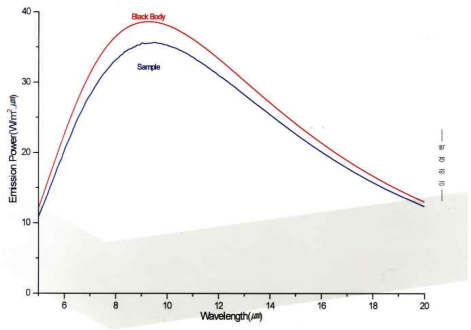
안전성 확보를 위해 한국건설생활환경시험원 표준(KCL-FIR -1005)에 따라 원적외선 방사율, 가스농도 및 항균시험을 실시한다[8].

① 원적외선 시험

그림 4는 온도 40℃와 파장구간 5~20 $\mu m$에서 스펙트로미터(FT-IR)를 이용해 측정한 (a) 원적외선 방사율과 (b) 방사에너지를 나타낸다. 이때 평균 방사율은 0.927이고, 방사에너지는 $3.74\times10^2\ W/m^2$이다.




(a) 원적외선 방사율



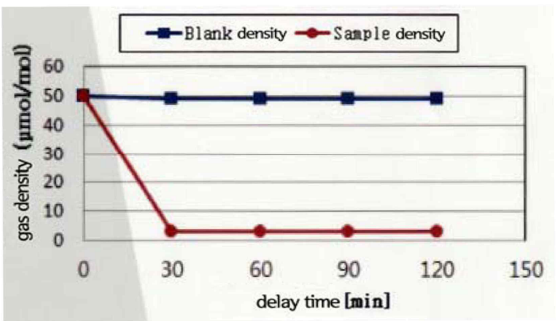

(b) 방사에너지

Fig. 4. Far-infrared radiation rate and energy
그림 4. 원적외선 방사율과 방사에너지 분포

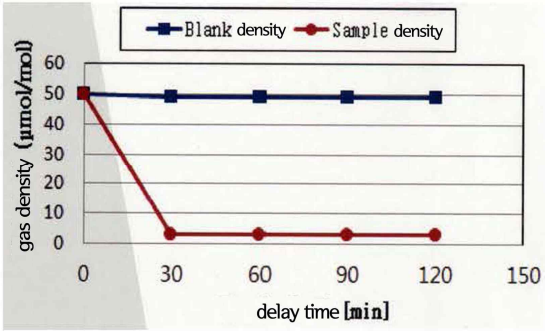
② 암모니아와 폼알데하이드 가스농도 시험

시간경과에 따른 암모니아($NH_3$)와 폼알데하이드(HCHO) 가스농도 시험은 시료 20g을 5L 크기로 반응기에 넣고 밀봉한다. 시험가스 초기 농도를 50 $\mu$mol/mol로 주입하고 30분, 60분, 90분 및 120분 간격으로 측정한다. 이때 KS 2218:2009 표준을 사용한다. 시험중 온도는 23±5°C, 습도는 23±15% R.H를 유지한다. 각 시간대별 시험가스의 제거율은 식(1)을 사용한다. 그림 5는 시간 경과에 따른 (a) 암모니아와 (b) 폼알데하이드 가스농도 곡선을 나타낸다.

$$\text{제거율}(\%) = \frac{blank\text{농도} - \text{샘플농도}}{blank\text{농도}} \times 100 \qquad (1)$$




(a) 암모니아( $NH_3$ ) 가스농도 곡선




(b) 폼알데하이드 가스농도

Fig. 5. Gas density curve in terms of time
그림 5. 시간 경과에 따른 가스농도 곡선

③ 대장균과 녹농균에 의한 항균시험

표 2는 37±1.0°C에서 탄소성형체의 대장균 및 녹농균에 이한 항균성을 시험한 것이다. 이때 세균 감소율이 99.9%이다.

Table 2. Anti-disease germs test
표 2. 항균시험

| Test terms | | 1h density (CFU/mL) | 24 h (CFU/mL) | Reduction rate (%) |
|---|---|---|---|---|
| colon bacterium | Blank | $1.6\times10^4$ | $5.5\times10^4$ | - |
| | Nano carbon | $1.6\times10^4$ | <10 | 99.9 |
| Pseudomonas aeruginosa | Blank | $2.1\times10^4$ | $6.3\times10^4$ | - |
| | Nano carbon | $2.1\times10^4$ | <10 | 99.9 |

## Ⅳ. 결론

수용성 산화환원제인 아크릴 에멀젼 접착제를 주성분으로 스틸렌 모노머(stylene monomer)와 메틸올 아크릴아미드 모노머(methylol acrylamide monomer)를 경화를 통해 나노 탄소타일을 개발한다. 이때 혼합비율을 아크릴 에멀젼 접착제(45%)와 300~500메시 코코넛 숯(55%) 파우더를 구성하여 25~30분간 혼합 교반하면, 직경 1~3mm 구형체가 형성된다. 성형된 조성물은 소성온도 90~300°C에서 30~90분가량의 소성과정을 거친 후 상온에서 건조시키면, 숯 성형물은 95% 이상 순수한 고형활성탄이 된다.

소성한 숯에는 많은 기공이 있지만 표면적이 적어 빠른 효과 및 지속적인효과와 비교할 때 숯을 분쇄 가공하여 활성화과정을 거치면 표면적이 넓어져 기공이 극대화되고, 원형의 숯보다 세배이상의 기공을 보유하게 된다. 따라서 친환경 숯성형물을 입증하기 위해 원적외선 비율, 에너지 분석, 가스농도 및 항균실험을 실시해 안정성을 확보함으로써 건축자재는 물론 다양한 소성을 통해 응용할 수 있다.

## References

[1] www.humanistbooks.com
[2] N. S. Bang, Graduate School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University “Measurement and Evaluation for Far-infrared Radiation Heating Genator on the Homeostasis Maintenance of Human Body” M. S. 2003
[3] H. K. Lee, Graduate School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University “A Study on Evaluation System of Warming Effect Caused by Far-Infrared Radiation” M. S. 2003
[4] M. H. Lee, Ph. D The Chair of Medical Treatment System Center, Yonse University, “Physiological Effect of Human Body Depends on Far-Infrared Therapy Methods,” 2004
[5] Y. J. Han, Graduate School of Alternative Medicine, Kyonggi University, "Bibliographic Study on Effects of Far-Infrared Radiation Therapy," M. S. 2011
[6] Y. B. Park, Dept. of Mechanic Engineering, UNIST, "Application for Smart Sensing based on Carbon Fiber and NanoCarbon Complexed Materials," Ph. D.. 2014
[7] KCL, Nanocarbona Company. Ltd, “Reality Advancement of the Floor Materials using the Friendly Circumstance High-Efficiency Carbon Material," Final Report, 2014
[8] Korea Conformity Laboratories www.kcl.re.kr

## BIOGRAPHY

**Dal-Hwan Yoon** (Member)

1984 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1986 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University
1987. 7 ~ 1994. 6 : Professor in Electronic Engineering, Korea. Millitary Academy. 2005. 7 ~ 2009. 2 : President of HIWIN Co. Ltd. 1995. 3 ~ Professor in Electronic Engineering, SeMyung University
Main : Communication and Signal Processing, Medical Signal Processing, Fuel Heater & Test System for Cars, Plants.

**Woo-Yong Uhm** (Non-member)

1978 : Department of Engineer Education, Hong-Ik University.
2001~ : Chen Soo Soot Chim Dae Co. Ltd. Presiden