Journal of Korea TAPPI
Vol. 40. No. 1, 2008
Printed in Korea

# 숯 합지 및 내첨지의 가스흡착 성능

고재형 · 정진모 · 민경은 · 이동녕 · 박종문† · 김병로

(2007년 12월 22일 접수:2008년 2월 20일 채택)

# Charcoal Application to Paper and Analysis of Gas Absorption Capability

Jae-Hyoung Ko, Jin-Mo Jeong, Kyung-Eun Min, Dong-Young Lee, Jong-Moon Park†, and Byung-Ro Kim

(Received December 22, 2007: Accepted February 20, 2008)

## ABSTRACT

The charcoal has been used not only as fuel but also as human health care material since it was used. Charcoal's performances were generally investigated in aspects of energy efficiency and caloric values. This study was conducted in order to increase charcoal's application area and to develop functional paper. Five types of charcoal were used on a basis of gas absorption properties from previous study. Handsheets were made by two methods by internal loading and surface spray on interlayer. Strength properties of internal loading and interlayer spray handsheets were decreased as the charcoal loading increased. Ethylene gas absorption property was higher in both of oak's black charcoal and white charcoal than others. In terms of strength, 5-10% charcoal loading was efficient. Above 10% loading, a rate of strength decrease was higher than that of ethylene gas absorption rate. Formaldehyde absorption property was higher at both of oak's black charcoal and mixed charcoal than others. However, to guarantee enough charcoal loading should be higher than 95 g/㎡ for sufficient formaldehyde absorption.

***Keywords*** *: charcoal, formaldehyde, ethylene gas, absorption property*

• 이 논문은 2007년도 겨레과학기술응용개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.
• 충북대학교 농업생명환경대학 산림과학·지역건설공학부(School of Forest Resources and Rural Engineering, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail; jmpark@cbu.ac.kr

# 1. 서 론

인간이 숯을 알고 숯을 이용하기 시작한 것은 약 50만 년 전부터라고 알려져 있다. 주로 연료로 사용해 오다 석탄, 석유, 천연가스, 프로판가스 등에 밀려 생산이 감소하였다. 최근 숯은 요리용으로의 우수성은 물론 흡착, 고알카리, 원적외선 및 음이온 방사, 미네랄 함유, 조습, 살균, 방부, 전자파차단 등의 기능성이 새롭게 알려지면서 생산 및 이용이 증가되고 있는 실정이다. 이로 인해 목탄 생산량이 2002년 기준 국내생산 14,050 M/T, 수입량이 114,393 M/T로 매년 증가하고 있다. 현재 100여 곳에 전통 숯가마가 다시 설치되고 있으며, 여러 곳에 공업적 탄화로가 증설되고 있는 실정이다.[1)]

지금까지 숯이라고 하면 재료적으로는 졸참나무, 상수리나무 등의 참나무를 이용한 참나무숯(참숯)이다. 이 숯은 불꽃이 튀지 않고, 오래 지속되며, 향이 좋아 연료용으로 주로 이용되어왔다. 숯의 기능성이 알려지면서 연료 이외에 다방면으로 이용되었으며 우리 전통숯가마에 의해 생산되는 숯의 대부분을 점유하고 있다.

숯은 탄화방법, 제조기술에 따라 품질과 기능이 다름에도 불구하고 현재 국내에서 생산하는 참숯은 물성 및 기능성조사 없이 무분별하게 이용되고 있다.[2,3)] 또한 숯은 수종에 따라 물성 및 효능이 다름에도 일반적인 인식은 참숯을 제일 우수한 것으로 여기고 모든 이용분야에서 참숯만을 고집하는 경향을 보이고 있다.

최근 실내공기질의 중요성이 대두되면서 건축자재에 사용된 화학물질에 의한 공기오염으로 새집증후군과 아토피질환이 큰 사회적 문제가 되고 있다. 공기오염의 주범은 목질재료, 가구, 도배지 등에 사용되는 포름알데히드계 수지 접착제이다. 따라서 포름알데히드 흡착, 원적외선 및 음이온 방사를 이용한 각종 건강재료, 과일 및 야채의 선도유지를 위한 에틸렌가스 흡착 등에 숯이 다양하게 이용되고 있다.

본 연구에서는 일반적으로 시판되는 숯과 실험실에서 수종과 탄화 온도를 조절하여 제조한 숯을 종이에 내첨한 내첨지와 표면지와 이면지사이에 숯과 전분을 넣고 압착, 건조한 합지의 종이물성과 가스흡착성능을 비교하였다.

# 2. 재료 및 방법

## 2.1 공시재료

본 연구에 사용한 수종은 Table 1과 같이 참나무 흑탄, 잣나무 흑탄, 참나무 백탄, 낙엽송 기계탄, 그리고 리기다, 낙엽송, 참나무가 섞여있는 혼합탄을 사용하였다. 숯은 120, 200 mesh로 제조하여 사용하였다. 수초지의 지료는 A사의 골심지 원지를 해리하여 사용하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 내첨지 제작

A사의 골심지 원지를 해리기로 해리하여 지료를 조성하였고, 평량 120 g/m$^2$으로 수초하였다. 롤프레스를 이용하여 고형분농도를 42±1%까지 압착한 후, 120℃ 드럼드라이어로 건조하였다.

숯의 크기는 수초지기의 와이어(150 mesh)를 고려하여 120 mesh 크기의 숯을 사용하였으며, 양성 전분을 호화하여 수초지 섬유 고형분에 대해 1%를 첨가하였다.

### 2.2.2 합지 제작

내첨지와 동일한 방법으로 지료를 조성한 후, 평량 50 g/m$^2$으로 수초하였다. 두 장의 수초지 사이에 생전분과 숯을 혼합하여 분무하였으며, 프레스와 드럼드라이어를 통과시켜 합지를 건조하였다.

생전분은 종이의 층간접착을 위해 숯 전건량의 10%를 첨가하였으며, 원활한 분무를 위해 200 mesh 크기의 숯을 사용하였다.

**Table 1. Wood species and charcoal making processes used in this experiment**

| No. | Wood species | Process |
|---|---|---|
| 1 | Oak | Traditional black charcoal |
| 2 | Korean pine | Traditional black charcoal |
| 3 | Oak | Traditional white charcoal |
| 4 | Larch | Mechanical charcoal |
| 5 | Mixing species | Mechanical charcoal |

### 2.2.3 강도적 특성

제조한 수초지를 TAPPI standard T402 om-83에 따라 조습 처리한 후, 각각 인장강도, zero-span을 측정하였다. Zero-span 측정 후 아래의 Page 식을 이용하여 결합 강도를 계산하였다.

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{B} + \frac{1}{F}$$

(T = 인장강도, B = 결합강도, F = 섬유강도)

### 2.2.4 숯 종이의 포름알데히드 흡착실험

면적이 200 $cm^2$인 숯 내첨지와 합지에 대한 포름알데히드 흡착실험을 실시하였다.

### 2.2.5 숯 종이의 에틸렌 가스 흡착실험

내첨지와 합지의 크기를 2.5 $cm^2$ × 13 $cm^2$로 재단하였다. 시편에 대한 에틸렌 가스 흡착실험은 1 ℓ의 유리병에 에틸렌 가스의 농도가 30 ppm이 되도록 가스타이트실린지로 주입한 후, 약 30분 정도 교반기로 회전시켜 농도를 안정화시킨 후 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 종이의 강도적 특성

#### 3.1.1 내첨지의 강도

숯의 내첨량을 다르게 하였을 때 벌크, 열단장, 결합강도의 변화를 나타낸 그래프는 Figs. 1, 2, 3과 같았다.

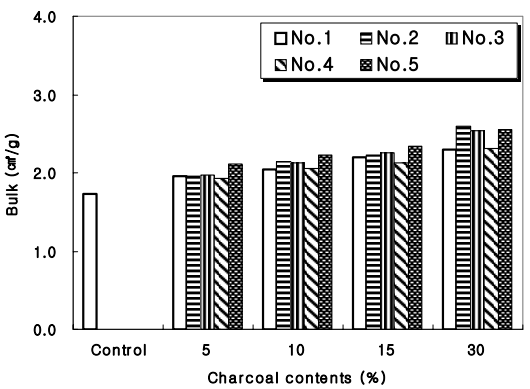


**Fig. 1. Bulk of handsheets depending on charcoal contents by internal loading.**

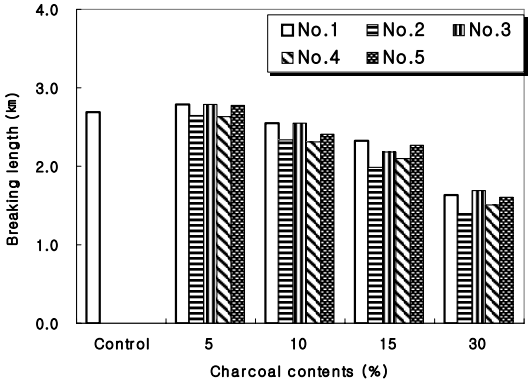


**Fig. 2. Breaking length of handsheets depending on charcoal contents of internal loading.**

첨가량이 증가함에 따라 수초지의 벌크는 증가하였고, 열단장과 결합강도가 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.

수초시에 숯의 보류를 위해 첨가했던 전분의 영향으로 숯 5% 첨가시 오히려 강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 전분이 숯뿐만 아니라 섬유간 결합을 증가시켜 주었기 때문이라 판단되었다.

강도적 특성으로 볼 때 No.1(참나무 흑탄), No.3(참나무 백탄) No.5(혼합탄)를 사용하는 것이 숯첨가에의한 내첨지의 강도 손실이 적음을 확인할 수 있었다.

#### 3.1.2 합지의 강도

합지 제조 시 평균 숯 첨가량은 10회 분무 시 95.5 g/$m^2$, 15회 분무 시 114.9 g/$m^2$, 20회 분무 시 147.29

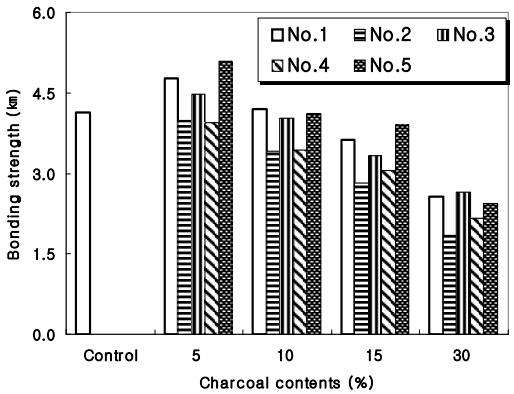


**Fig. 3. Bonding strength of handsheets depending on charcoal contents of internal loading.**

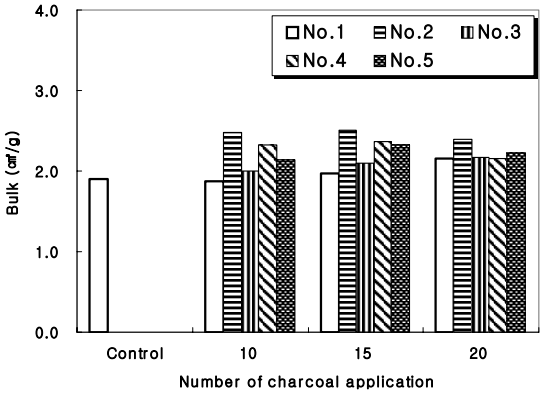


**Fig. 4. Bulk of handsheets depending on number of spray application for middle layer addition of charcoal.**

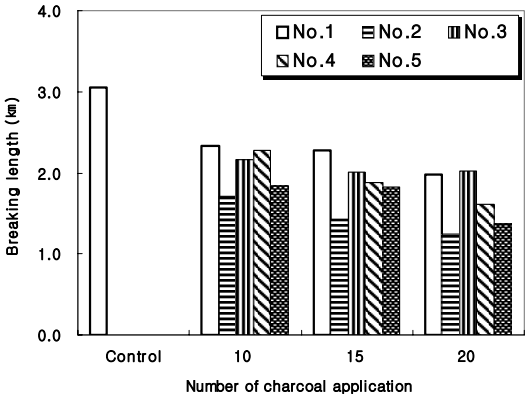


**Fig. 5. Breaking length of handsheets depending on number of spray application for middle layer addition of charcoal.**

g/m$^2$이었다.

합지 제조시 숯과 전분 혼합액의 분무 횟수를 다르게 하였을 때 벌크, 열단장의 변화를 나타낸 그래프는 Figs. 4, 5와 같았다. 합지의 경우 표면과 이면지에 의해 강도의 변화는 없었지만, 분무된 숯의 영향으로 평량이 증가하여 열단장이 감소하는 경향을 나타내었다.

합지의 경우 강도적 특성으로 볼 때 No.1(참나무 흑탄), No.3(참나무 백탄)을 사용하는 것이 강도적으로 손실이 적음을 확인할 수 있었다.

위와 같은 결과로부터, 내첨지와 합지를 비교했을 때, 숯의 첨가량이 증가함에 따라 종이의 강도는 감소하고 벌크가 증가되었다. 내첨지와 합지의 모든 경우에 강도적 측면에서는 No.1과 No.3을 사용하는 것이 숯 첨가에 의한 종이의 강도 손실이 적음을 확인할 수 있었다.

## 3.2 내첨지와 합지의 가스흡착 성능

내첨지의 포름알데히드 흡착성능을 Fig. 6에, 합지의 포름알데히드 흡착성능을 Fig. 7에 나타내었다. 내첨지와 합지 모두 숯 첨가량이 많아질수록 흡착성능이 높아지는 경향을 보여주었으며, 무첨가 종이도 9-11%의 포름알데히드를 흡착하는 것을 확인할 수 있었다. 흡착성능은 내첨지보다 합지가 20-30% 정도 더 높게 나타났다. 포름알데히드의 흡착성능으로 비교해볼 때

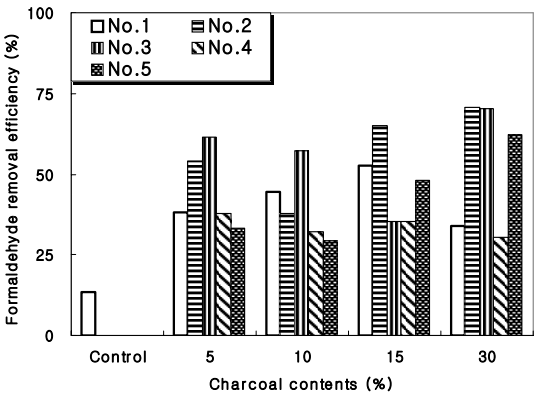


**Fig. 6. Formaldehyde removal efficiency of handsheets depending on charcoal contents by internal loading.**

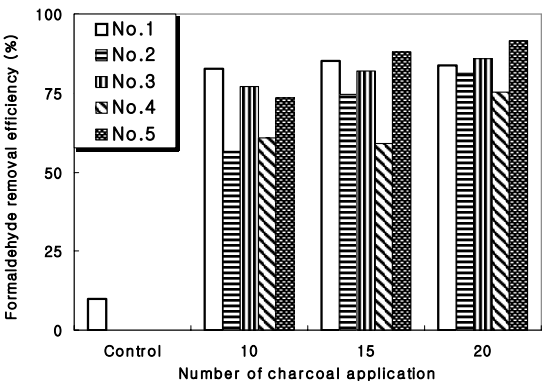


**Fig. 7. Formaldehyde removal efficiency of handsheets depending on number of spray application for middle layer addition of charcoal.**

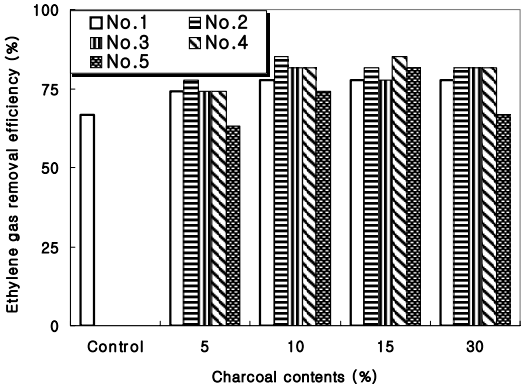


**Fig. 8. Ethylene gas removal efficiency of handsheets depending on charcoal contents by internal loading.**

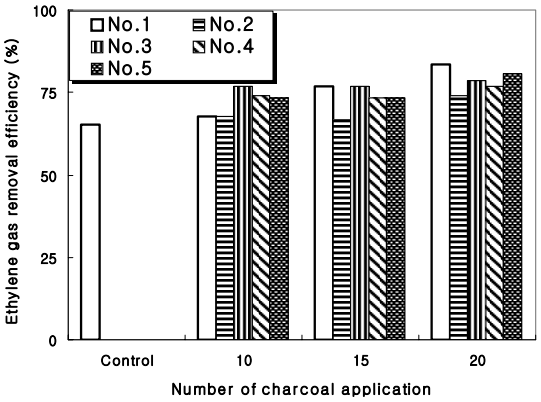


**Fig. 9. Ethylene gas removal efficiency of handsheets depending on number of spray application for middle layer addition of charcoal.**

No.1(참나무 흑탄), No.3(참나무 백탄), No.5(혼합탄)를사용하여 초지하는 것이 포름알데히드 흡착에 유리할 것이라 판단되었다.

내첨지의 에틸렌가스 흡착성능을 Fig. 8에, 합지의 에틸렌가스 흡착성능을 Fig. 9에 나타내었다. 에틸렌가스 흡착성능 역시 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 보여주었으며, 흡착성능은 내첨지와 합지 모두 큰 차이가 없었다. 에틸렌가스의 경우 숯이 첨가되지 않은 종이에서도 65% 정도 흡착하는 것을 확인할 수 있었다. 에틸렌가스 흡착성능으로 비교해볼 때 No.1(참나무 흑탄), No.3(참나무 백탄), No.5(혼합탄)를 사용하여 초지하는 것이 에틸렌가스 흡착에 유리할 것이라 판단되었다.

## 4. 결 론

종이에 숯이 첨가됨에 따라 강도는 감소하는 경향을 나타내었다. 내첨지의 경우 강도 감소는 숯이 종이내부에 첨가됨에 따른 섬유간결합력의 약화에 의해 발생한 것으로 판단되었다. 합지의 경우 강도감소는 합지 중간층에 첨가된 숯에 의한 평량 증가로 인해 열단장이 감소하였다. 벌크는 내첨지의 경우 숯의 첨가량에 따라 꾸준한 증가를 보여주었지만, 합지에서는 벌크가 유지되거나 오히려 감소하는 경향을 보여주었다. 벌크의 유지 및 감소는 두께의 증가와 중간층에 첨가된 숯에 의한 평량의 증가가 상호작용한 결과로 판단된다.

종이에 숯이 첨가됨에 따라 가스흡착성능은 증가하였다. 에틸렌가스 흡착성능으로 보아 신선도 유지 및 강도측면에서 포장재에는 참나무 흑탄 또는 백탄을 활용하고 초지시 첨가량은 5-10%가 적절하다는 것을 알 수 있었다. 또한 포름알데히드 흡착용으로는 참나무 흑탄 또는 혼합탄을 활용하는 것이 적절하다는 것을 확인하였지만, 포름알데히드 흡착성능을 위해서는 95 g/m$^2$이상의 충분한 숯이 공급되어야 하기 때문에 강도의 보강이 필요할 것이라 판단된다. 가스흡착이 요구되는 분야에서 숯은 기능성이 큰 물질이지만, 종이에 적용시 강도 감소라는 문제점을 가지게 된다. 강도 문제를 해결하거나, 또는 높은 강도가 요구되지 않는 실내 장식용으로 활용한다면 충분한 효과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

## 사 사

본 연구는 국립중앙과학관 “겨레과학기술응용개발사업” 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인용문헌

1. 구자운, 숯과 목초액, 한국숯연구회자료 제1집 (2003).
2. 공석우, 김병로, 미이용 목질 폐잔재의 탄화이용 개

발(Ⅰ), 목재공학 27(2) : 70-77 (1999).
3. 공석우, 김병로, 미이용 목질 폐잔재의 탄화이용 개발(Ⅱ), 목재공학 28(2) : 57-65 (2000).
4. 김병로, 목질탄화물의 기능성 분석과 신용도 개발, 겨레과학기술응용개발사업 최종보고서 (2007).
5. 서영범, 전양, 이화영, 정태영, 이종석, 숯을 활용한 포장재 개발에 관한연구(제1보), 펄프・종이기술 35(2) : 46-51 (2003).
6. 이영주, 박종문, 숯과 코팅용 binder를 이용한 포장지의 특성 분석, 농업과학연구 20 : 53-57 (2003).
7. 장금일, 이제홍, 김광엽, 정헌상, 이희봉, 에틸렌흡착제와 활성탄 처리에 의한 저장 포도의 품질, 한국식품 영향과학회지, 35(9) : 1237-1244 (2006).