

## 초음파처리에 의한 KOCC의 개질

허밍 · 이용규 · 원종명<sup>†</sup>

접수일(2013년 10월 6일), 수정일(2013년 10월 18일), 채택일(2013년 10월 21일)

## Modification of KOCC with Ultrasonic Wave Treatment

He Ming, Yong-Kyu Lee and Jong Myoung Won<sup>†</sup>

Received October 6, 2013; Received in revised form October 18, 2013; Accepted October 21, 2013

### ABSTRACT

Ultrasonic treatment of KOCC was tried to explore the possibility for improvement of KOCC quality as a raw material for making industrial packaging paper and paperboard. The effect of pH, stock consistencies and treatment times on the ultrasonic response of KOCC were investigated. WRV, apparent density, tensile index and burst index were improved as pH of KOCC slurry is increased. However highest tear index and stiffness were obtained at pH 8. It was also found that the highest WRV and strength properties could be obtained at 0.5% of KOCC consistency during ultrasonic treatment. WRV and most strength properties were improved with ultrasonic treatment time. It was found that ultrasonic treatment can be used as a useful mean for KOCC modification.

**Keywords:** KOCC, ultrasonic wave treatment, refining, WRV, paper properties

### 1. 서론

우리나라를 비롯하여 동남아국가들의 산업용지 제조업체들은 주요 선진국들과는 달리 이미 오래전부터 산업용 포장지 및 박스 제조를 위한 판지 제조용으로 OCC를 주원료로 사용해 왔다. 특히 온실가스 배출 감축 운동이 가속화되어감에 따라 선진국에서조차도 OCC의 사용량을 지속적으로 늘리는 추세와 더불어 이들 국가들로부터 수입되는 OCC의 가격이 비싸졌을

뿐만 아니라 품질도 악화되어가고 있는 경향을 보이고 있다. 특히 경우 국내 OCC의 경우에는 이미 수많은 재활용 과정을 거치면서 섬유가 많이 파괴되고 강도적 성질도 매우 악화되었다. 이러한 문제를 보완하기 위하여 버진펄프의 사용이 고려될 수 있으나, 제조 원가 상승으로 인한 경제성 악화로 말미암아 매우 제한적으로 사용되고 있을 뿐이다.

결국 KOCC(Korean Old Corrugated Container)의 품질이 버진펄프에 비하여 현저히 떨어지는 문제를 해

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과 (Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: wjm@kangwon.ac.kr

결하기 위하여 고해뿐만 아니라 증강제, 보류제, 탈수제 등의 첨가제들이 적용되고 있다. 그럼에도 불구하고 워낙 품질이 열등하다보니 약품 사용을 통한 품질 개선에 한계가 있으며, 고해 시에도 섬유 의 약화에 따른 미세분 증가와 섬유의 파괴가 심한 문제를 초래하고 있다. 따라서 기존 사용되고 있는 OCC 품질 개선 방법의 일부를 대체하기 위한 수단으로 초음파 처리 방법에 대한 검토를 실시하였다.

초음파에 의한 펄프 품질 개선과 관련하여 초음파 탈묵에 관한 연구를 하는 과정에서 초음파 처리에 의하여 종이의 물성이 다소 개선될 수 있음이 보고된 바 있으며,<sup>1-5)</sup> 침엽수 표백 크라프트 펄프<sup>6)</sup>와 활엽수 표백 크라프트 펄프<sup>7)</sup>에 대하여 직접적인 초음파 처리를 할 경우에도 버진 및 리사이클 펄프의 품질을 개선하는 것이 가능하다고 보고된 바 있다. 비록 제한적이기는 하지만 이상의 보고를 통하여 초음파를 이용한 KOCC의 품질 개선 가능성이 예측되는 바, 본 연구에서는 KOCC 가 지니는 문제의 일부를 해결하기 위한 방안을 강구하기 위한 일환으로 여러 조건으로 KOCC를 처리하여 펄프 및 종이의 물성 변화를 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

공시재료로 사용된 KOCC는 춘천시 소재 상가에서 골판지 상자를 수집하여 라벨 등은 제거한 후 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

전술한 바와 같이 상가에서 수집한 골판지 상자를 손으로 약 2.5 cm x 2.5 cm 크기로 찢어서 물에 충분히 침적시킨 후 실험실용 해리기를 이용하여 해리를 시켰다. 특히 이 과정에서 골판지 상자마다 특성의 변이가 있을 것으로 예상되어 해리한 KOCC를 충분히 잘 혼합하여 농축시킨 후 냉장 보관하였다. 초음파 처리에 따른 KOCC의 특성 변화를 조사하기 위하여 Table 1의 조건으로 초음파 처리를 실시한 후 WRV를 측정하고, 실험실용 수초지기를 이용하여 평량 80 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 제조하였다. KOCC의 초음파 처리 장치로는 Sonic Dismembrator(Fisher Scientific, Model 550, 20kHz)를 사용하였다. 또한 비교를 위하여 실험실용 고해기를 이용하여 해리한 KOCC를 1% 농도에서 400 mL CSF 및 500 mL CSF 수준으로 고해를 실시하여 동일하게 수초지를 제조한 후 물성을 비교하였다. 측정 물성으로는 제반 조건으로 처리된 KOCC로 제조된 수초지의 지필도, 밀도, 투기도, 인장지수, 인열지수, 파열지수 및 휨강성을 포함하였다. 초음파 처리에 의한 KOCC 개질 효과를 비교하기 위하여 KOCC를 단지 해리만 한 것을 원료로 사용한 종이의 물성을 control로 표기하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 펄프 슬러리의 pH가 초음파 처리 효과에 미치는 영향

초음파 처리 시 펄프 슬러리의 pH가 KOCC 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 처리농도 및 시간을 고

Table 1. Ultrasonic treatment conditions of KOCC

	Condition 1	Condition 2	Condition 3
Stock pH	6, 8, 10	8	8
Treatment time(min.)	10	10	0, 5, 10, 15, 20
Stock consistency(%)	0.5	0.5, 1.0, 2.0	0.5

Table 2. Effect of stock pH on the ultrasonic treatment

Stock pH	WRV (g/g)	Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile index (Nm/g)	Tear index (mN m <sup>2</sup> /g)	Burst index (kP m <sup>2</sup> /g)	Stiffness (gf cm)
6	0.93	0.50	20.8	17.7	1.21	4.50
8	0.94	0.51	21.0	21.0	1.31	5.50
10	1.00	0.53	22.9	19.2	1.34	4.80

정시키고 pH만을 조절하여 초음파 처리를 실시한 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 pH가 증가할수록 KOCC의 초음파 처리 효과가 개선됨을 확인할 수 있었다. 섬유간 결합과 밀접한 관계를 지니고 있는 WRV와 겔보기 밀도는 pH가 높아짐에 따라 개선되는 경향을 나타내었으며, 인장지수, 파열지수도 증가하였으나, 인열지수와 스티프니스는 pH 8에서 가장 높은 값을 나타내었다. 이러한 결과로부터 일정 수준 이상의 섬유간 결합의 형성이 오히려 인열지수 및 스티프니스에는 바람직하지 않음을 초음파 처리에 의한 KOCC의 개질에서도 확인할 수 있었다.

### 3.2 펄프 농도가 초음파 처리 효과에 미치는 영향

초음파 처리를 통한 KOCC 품질 개선을 위한 적정 농도를 파악하기 위하여 Table 1과 같이 pH와 처리시간을 고정시키고, KOCC 슬러리의 농도만을 조절하여 처리한 결과 Table 3과 같이 비록 농도에 관계없이 초음파 처리에 의하여 펄프 및 종이의 물성이 개선될 수 있으나, 0.5% 농도에서 가장 높은 WRV 및 강도적 성질이 얻어졌으며, 초음파 처리 효과는 저농도에서 실시하는 것이 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

### 3.3 초음파 처리시간이 KOCC의 특성에 미치는 영향

초음파 처리시간이 KOCC의 개질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 pH 및 처리농도를 고정하고, 처리시간을 달리하여 실험을 실시한 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 초음파 처리시간이 증가함과 더불어 WRV 뿐만 아니라 종이의 제반 물성이 개선되는 경향을 나타내었다. 고해의 경우는 일정 수준 이상에서 섬유간 결합이 증가됨에 따라 인열지수가 감소되는 일반적인 경향을 나타내지만 본 연구에서는 초음파 처리에 의하여 WRV 값 및 겔보기 밀도가 증가됨에도 불구하고 인열지수가 지속적으로 증가되는 경향을 나타내었다. 이러한 결과가 얻어진 것이 미표백 크라프트 펄프 또는 OCC만의 특성인지는 알 수가 없었다. 단지 현재까지 펄프의 초음파 처리를 통하여 고해와 유사한 처리 효과가 얻어질 수 있다는 사실이 섬유구조 변화를 통하여 확인된 바가 있을 뿐이다.<sup>6)</sup> 따라서 초음파 처리와 고해가 어떻게 종이의 물성에 영향을 미치는지 확인하기 위하여 지금까지 얻어진 종이의 물성을 겔보기 밀도에 대하여 도시하여 비교하여 보았다(Figs. 1-6).

**Table 3. Effect of stock consistency on the ultrasonic treatment**

Stock consistency (%)	WRV (g/g)	Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile index (Nm/g)	Tear index (mN m <sup>2</sup> /g)	Burst index (kP m <sup>2</sup> /g)	Stiffness (gf cm)
Control	0.43	0.50	17.2	17.2	1.01	3.70
0.5	0.94	0.51	21.0	21.0	1.31	5.50
1.0	0.80	0.53	20.5	21.0	1.27	5.14
2.0	0.66	0.50	17.3	18.5	1.20	4.20

**Table 4. Effect of ultrasonic treatment on the KOCC properties**

Treatment time (min.)	WRV (g/g)	Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile index (Nm/g)	Tear index (mN m <sup>2</sup> /g)	Burst index (kP m <sup>2</sup> /g)	Stiffness (gf cm)
Control	0.43	0.50	17.2	17.2	1.01	3.70
5	0.68	0.49	17.8	18.0	1.15	5.40
10	0.94	0.51	21.0	21.0	1.31	5.50
15	1.01	0.54	21.7	22.4	1.45	6.14
20	1.21	0.55	22.0	23.0	1.49	7.20
500 mL CSF*	0.99	0.52	21.5	21.9	1.44	6.80
400 mL CSF*	1.32	0.55	24.7	22.1	1.52	7.10

\* Refined at 1% consistency with valley beater

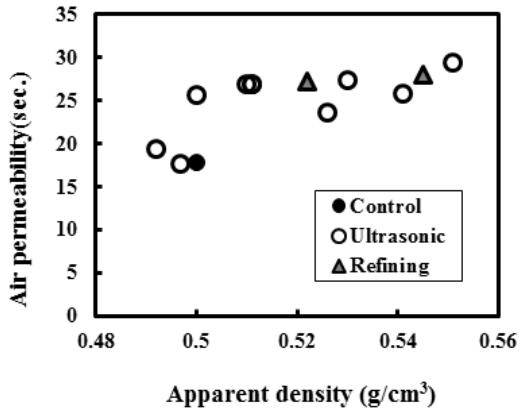


Fig. 1. Effect of ultrasonic treatment on air permeability of KOCC sheet.

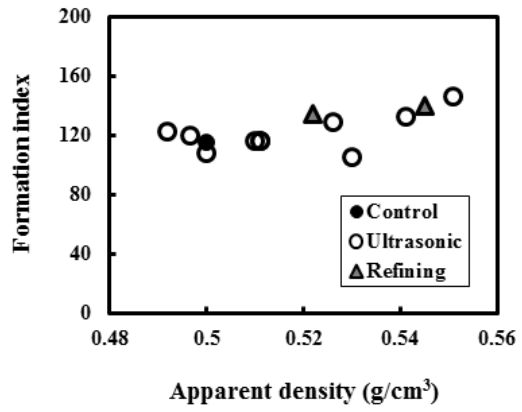


Fig. 2. Effect of ultrasonic treatment on formation index of KOCC sheet.

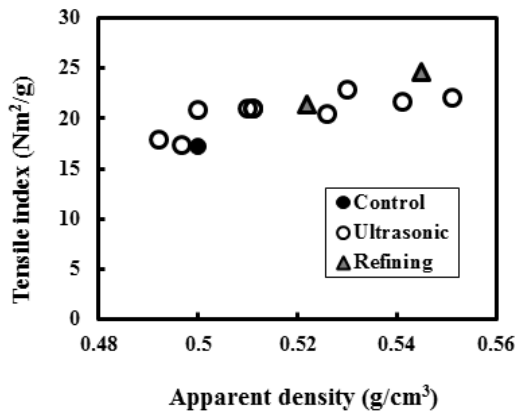


Fig. 3. Effect of ultrasonic treatment on tensile index of KOCC sheet.

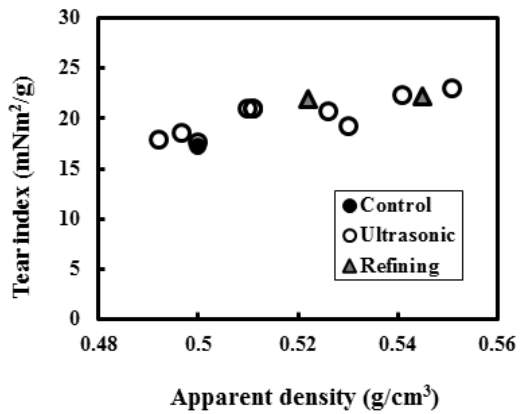


Fig. 4. Effect of ultrasonic treatment on tear index of KOCC sheet.

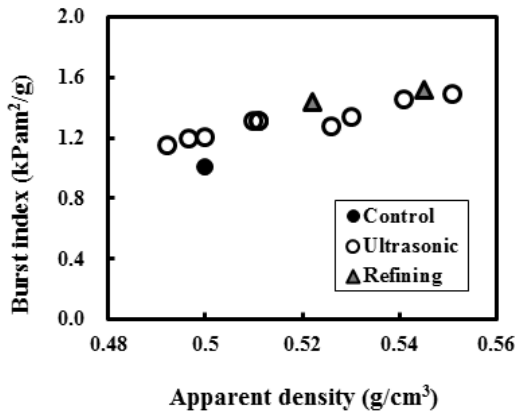


Fig. 5. Effect of ultrasonic treatment on burst index of KOCC sheet.

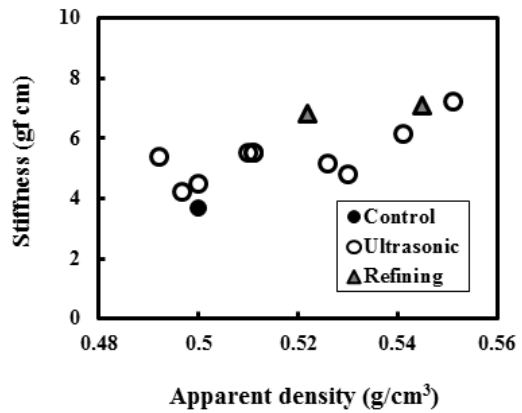


Fig. 6. Effect of ultrasonic treatment on stiffness of KOCC sheet.

### 3.4 초음파 처리와 고해처리 효과 비교

전술한 바와 같이 과연 KOCC의 초음파 처리와 고해 처리가 어떻게 종이의 물성에 영향을 미치는가를 비교하기 위하여 실험 조건에 관계없이 모두 겔보기 밀도에 대하여 도시한 결과 처리 조건에 따라 다소의 편차는 존재하지만 대부분의 물성들이 초음파처리 및 고해처리에 의하여 유사하게 개선되었음을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 통하여 초음파 처리가 KOCC의 개질에 유용한 수단으로 사용될 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 초음파 처리에 의한 KOCC의 개질 수단으로 반영을 하기 위해서는 에너지 비용에 대한 검토가 필요할 것이다. 구체적인 비교치가 없어서 고해 처리와 비교하기는 어려우나, 고해에 비하여 미세분 발생 및 단섬유화가 적게 일어나며, 기 연구 보고된 결과<sup>3,4)</sup>와 물성 개선 효과에 따른 증강제 투입량의 감소 등을 감안할 때 충분히 경제성이 있으며, 고해를 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

## 4. 결론

KOCC 개질의 수단으로 초음파 처리의 적용 가능성을 판단하기 위하여 시중 마켓에서 KOCC를 구하여 공시재료로 사용하였다. 초음파 처리 조건에 따른 효과를 조사하기 위하여 pH, 펄프 농도 및 처리시간을 달리하여 실험을 실시하였다. 초음파처리 효과는 펄프 슬러리의 pH가 증가함에 따라 개선되었으며, 펄프 농도의 증가는 초음파 처리 효과를 감소시키는 결과를 초래하였다. 그러나 동일한 조건에서 초음파 처리 시간이 증가할수록 WRV 및 제반 종이 물성이 개선되는 결과

를 가져왔다. 초음파 처리와 고해의 효과를 비교하기 위하여 종이의 물성을 겔보기 밀도에 대하여 도시한 결과 두 처리가 유사하게 펄프 및 종이의 물성 개선 효과가 얻어질 수 있음이 확인되어 초음파 처리가 KOCC의 개질 수단으로 유용하게 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

## Literature Cited

1. Norman, J. C., Sell, N. J., and Danelski, M., Deinking laser-printed paper using ultrasound, *Tappi J.* 77(3): 151-158 (1994).
2. Ahn, B. J., and Paik, K. H., Deinking of laser-printed paper using ultrasound, *Journal of Korea TAPPI* 29(4):36-44 (1997).
3. Won, J. M., Deinking of white ledger with ultrasonic wave : Laboratory scale trial, *J. Forest Science* 23(2):73-78 (2007).
4. Won, J. M., Deinking of white ledger with ultrasonic wave : Pilot scale trial, *Journal of Korea TAPPI* 40(2):16-22 (2008).
5. Tatsumi, D., Higashihara, T., Kawamura, S., and Matsumoto, T., Ultrasonic treatment to improve the quality of recycled pulp fiber, *J. Wood Sci.* 46:405-409 (2000).
6. Won, J. M. and Lee, M. K., Effect of ultrasonic treatment on the pulp properties, *Journal of Korea TAPPI* 28(2):46-54 (1996).
7. Poniatowski, S. E., and Walkinshaw, J. W., Ultrasonic processing of hardwood fiber, 2005 Practical Papermaking Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta (2005).