

# White ledger 오존 탈묵의 현미경적 관찰

원 중 명<sup>†</sup> · 윤 승 락<sup>\*1</sup> · 小島康夫<sup>\*2</sup>

## Microscopic Observation of White Ledger Ozone Deinking

Jong Myoung Won<sup>†</sup>, Seung-Lak Yoon<sup>\*1</sup>, and Yasuo Kojima<sup>\*2</sup>

### ABSTRACT

A microscopic study was carried out to get the fundamental informations for the ozone deinking technology. The differential interference microscopic observation showed that ozone treatment was helpful to detach the toner ink from the surface of pulp fiber. The modifications of fiber surfaces by ozone treatment were observed with scanning electron microscope. Modification of fiber surfaces was not severe at the early stage of ozone treatment, but it increased with ozone treatment time and pulp consistency. Therefore, it would be possible to improve the properties of deinked pulp by controlling the condition of ozone treatment.

### 1. 서론

산업 및 문명의 발전과 더불어 지구 환경의 황폐화가 극심해짐에 따라 전세계적으로 환경 보호를 위한 다양한 운동과 노력이 이루어지고 있다. 따라서 각 산업 분야에서 환경 보호 운동에 참여하는 일환의 하나로 특히 온실가스 배출의 감소를 위한 각종 시도가 진행되고 있으며, 미국 임산물 연구소의 연구 결과 폐지의 재활용을 통하여 약 10%의 온실가스 배출의 감소가 가능성이 보고된 바 있다.<sup>1)</sup>

그러나 폐지를 재활용하고자 할 경우 버진펄프 사용 시에 비하여 종이의 강도적 성질, 인쇄적성 등을 포함한 품질이 열등하며, 다량의 탈묵 약품

의 사용 및 폐수 오염으로 부수적인 문제를 수반하게 된다. 특히 최근 환경 보호의 일환으로 LCA 평가 기법을 도입하여 원자재부터 제품 생산, 이용 및 최종 리사이클에 이르기까지 환경에 미치는 영향을 평가하는 시도가 이미 이루어지고 있다. 따라서 폐지의 재활용을 통한 온실가스 배출을 감소시키는 것도 중요하지만, 보다 적극적인 접근을 하려면 청정기술의 개발이 매우 중요한 과제라 할 수 있다.

청정기술의 범주에 들려면 기존 기술에 비하여 에너지 및 약품을 적게 사용하며, 환경을 적게 오염시킬 수 있는 방법이어야 한다. 최근 이러한 기술 개발의 일환으로 효소탈묵, 초음파탈묵, 폭쇄 및 자력을 이용한 탈묵법 등 다양한 방법이 시도

• 강원대학교 산림과학대학 제지공학과(Department of Paper Science & Engineering, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea).

\*1 진주산업대학교 임산공학과(Department of Forest Products Technology, Chinju National University, Chinju, 660-758, Korea).

\*2 일본 북해도대학교 농학부(Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Japan).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: wjm@cc.kangwon.ac.kr

되고 있으나, 아직까지 경제성 및 탈묵펄프의 품질 등의 문제로 실용화가 못되고 있는 실정이다. 최근 청정기술 개발을 위하여 산소계 약품을 이용한 재생화장지 제조기술 개발의 일환으로 오존을 이용한 탈묵을 시도하였다. 펄프의 표백 분야에서는 이미 오존의 사용이 매우 보편화되어 있으나, 탈묵 분야에서는 단지 일본의 本州제지주식회사 개발연구소팀이 탈묵의 보조 수단으로만 사용<sup>2)</sup>한 바 있을 뿐이었다.

원 등<sup>3)</sup>과 조 등<sup>4)</sup>은 특히 난탈묵성으로 알려진 white ledger의 재활용을 증대시키기 위한 기술 개발과정에서 탈묵 약품을 다량 사용하는 기존 방법의 환경 문제를 최소화하기 위하여 청정기술 개발의 일환으로 1997년부터 오존을 이용한 white ledger의 탈묵을 시도한 결과 폐수의 부하가 현저히 감소되었을 뿐만 아니라, 재생섬유의 품질이 기존 방법에 의하여 생산된 것과 거의 유사하거나 다소 우수하여 실용화의 가능성을 확인하였다. 일본에서는 1999년 明電舎 研究開發센터 기술개발총괄부 제품기획과의 新井喜明 씨가 실린더 프레스, 3축니더 및 오존 믹서를 사용하여 오존 탈묵을 실시한 결과 명도의 개선과 살균 효과가 있다고 보고한 바 있다.<sup>5)</sup> 따라서 본 연구팀은 이상과 같이 오존 탈묵 기술에 관련된 기초 자료를 얻기 위하여 오존 탈묵 현상에 대한 현미경적인 접근을 시도하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료

(주)모나리자에 분양받은 수입 white ledger를 공시 재료로 사용하였다.

### 2.2 연구 방법

#### 2.2.1 폐지의 해리 및 오존 처리

가능한 한 균일한 오존 처리를 하기 위하여 실험실용 해리기(3,000 rpm)를 이용하여 white ledger를 해리한 후 Table 1의 조건으로 오존 처리를 실시하였다. 고농도 처리시 가장 문제가 되는 불균일한 반응을 해결하기 위하여 특별히 주

문 제작한 고농도 반응기(2 L, 3,000 rpm, 빅토리아 산업)를 사용하였다. 이때 사용한 오존 발생장치(빅토리아사업)의 오존 발생량은 6 g/hr이었다.

#### 2.2.2 시료의 전처리

Table 1. Ozone treatment conditions

Sample no.	Treatment conditions	
	Consistency(%)	Time(min.)
1	-	0
2	5	10
3	10	10
4	15	5
5	15	10
6	15	20

주사전자현미경적 관찰을 위한 시료를 조제하기 위하여 농도 10%, 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 100%인 아세톤 용액으로 각각 1시간씩 치환시킨 후 임계점 건조장치(Critical point dryer, HITACHI HCP-2)로 30분간 건조시켰다. 이 시료를 HITACHI E 1030 Ion sputter로 20분간 이온 코팅을 실시하였다.

#### 2.2.3 광학현미경 및 전자현미경 관찰

상기 전처리한 시료에 대하여 주사전자현미경(JEOL, JSM-630F)을 이용하여 관찰을 실시하였고, 미분간섭 광학현미경을 이용한 관찰 시에는 장섬유 및 단섬유에서의 탈묵거동을 평가하기 위하여 48 mesh 망으로 분리하여 측정용 시료로 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 미분간섭 광학현미경적 관찰

Photo 1-Photo 5에서 보는 바와 같이 광학미분간섭 현미경을 통하여 관찰한 결과 오존 처리를 하지 않았을 때 섬유속(fiber bundle)에 강하게 결합되어 토너가 오존 처리를 함으로써 점차 섬유의 해리와 더불어 표면과의 결합이 약화되어 가는

현상이 관찰되었다. 비록 본 연구에서 오존 처리 시 펄프의 농도를 변화시키는 하였지만 오존 공급량을 동일하게 하였기 때문에 오존 처리시 농도가 미치는 영향을 일목요연하게 나타낼 수는 없었다. 그러나 10% 농도에서 10분간 오존 처리를 했을 때 남아 있던 토너 입자가 15% 농도에서 10분 처리함으로써 거의 제거되어 더 이상 관찰되지 않아 오존 처리시 펄프의 농도를 높여 줌으로써 보

다 효과적으로 토너 입자를 제거할 수 있음을 확인되었다. Photo 6과 Photo 7은 48 mesh망을 통과한 단섬유분의 표면에 결합되어 있던 토너가 장섬유의 경우와 마찬가지로 오존 처리에 의하여 제거되었음을 보여 주었다.

### 3.2 주사전자현미경적 관찰

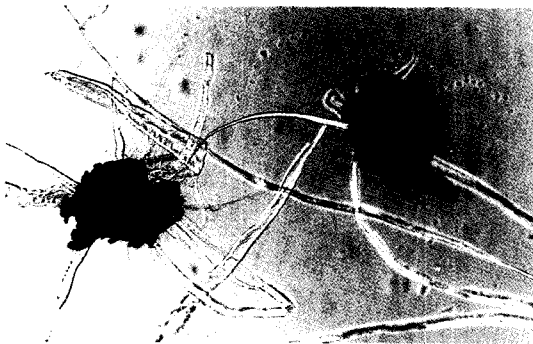


Photo 1. Control.

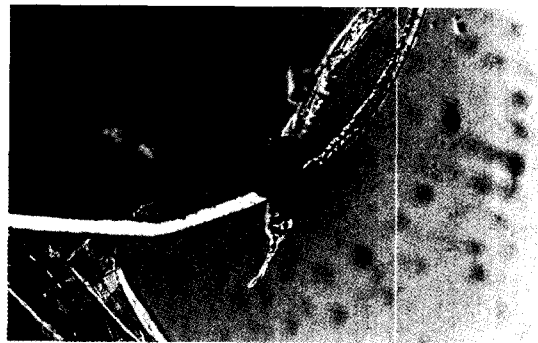


Photo 2. Ozonized(10%, 10min).

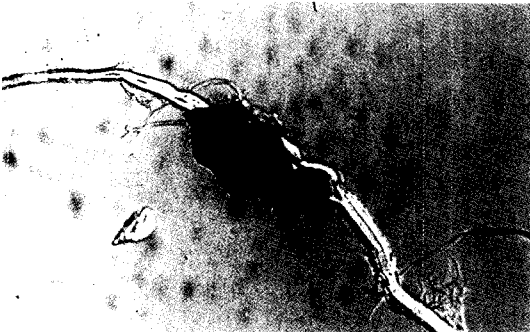


Photo 3. Ozonized(15%, 5min).

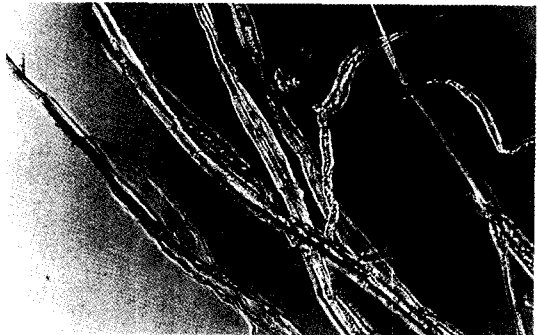


Photo 4. Ozonized(15%, 10min).

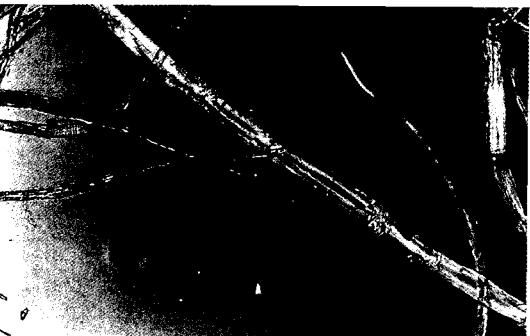


Photo 5. Ozonized(15%, 20min).



Photo 6. Fine fiber(Control).



Photo 7. Ozonized fine fiber(15%, 20min).

주사전자현미경으로 오존 처리한 white ledger 섬유를 관찰한 결과 Photo 8-Photo 13에서 볼 수 있는 바와 같이 오존 처리가 진행됨에 따라 토너 입자가 제거되어 펄프 농도 10%에서 10분간 처리했을 때 이미 더 이상 토너 입자가 관찰되지 않았다. 이와 같이 광학미분간섭 현미경으로

로 관찰했을 때와는 달리 펄프 농도 10%에서 10분간 처리하였을 때 이미 토너 입자가 관찰되지 않은 것은 아마도 주사전자현미경으로 관찰하기 위한 전처리 과정에서 약하게 섬유 표면에 결합되어 있던 토너들이 제거되었기 때문인 것으로 생각된다.

한편 오존 처리 조건에 따른 섬유 형태의 변화는 비록 정량화할 수는 없었지만 사진에서 관찰할 수 있는 바와 같이 오존 처리 전 및 초기 오존 처리시 비교적 섬유 표면의 손상이 관찰되지 않았으나, 처리 농도 및 시간이 증가됨에 따라 섬유 표면이 더욱 변형되고, 소섬유화되어 가는 현상이 관찰되었다. 이와 같이 오존 처리에 의해 일어난 섬유 표면의 변형이 섬유 표면으로부터 토너 입자가 보다 용이하게 제거될 수 있도록 도움을 준 것으로 평가되었다.

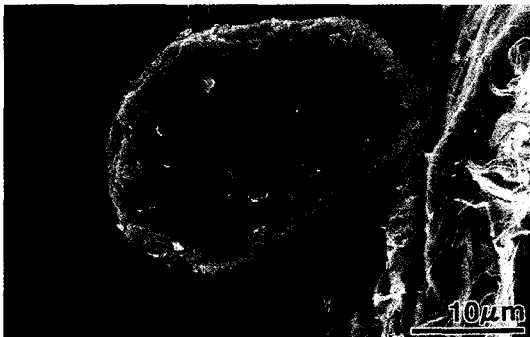


Photo 8. Control.



Photo 9. Ozonized(5%, 10min).

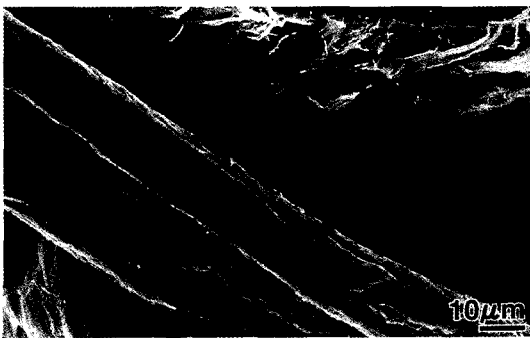


Photo 10. Ozonized(10%, 10min).



Photo 11. Ozonized(15%, 5min).



Photo 12. Ozonized(15%, 10min).



Photo 13. Ozonized(15%, 20min).

#### 4. 결론

본 연구는 오존 탈묵 기술에 관련된 기초자료를 얻기 위하여 오존 탈묵시 일어나는 토너 잉크 제거 현상을 현미경적인 관찰을 실시한 결과 오존 처리가 섬유 표면으로부터 토너 입자를 제거하는데 도움이 됨을 확인할 수 있었다. 또한 주사전자현미경적 관찰을 통하여 오존 처리시 적용한 조건에 따라 산화에 의한 섬유 표면의 변형과 전단력 등 기계적인 에너지에 의한 소섬유화가 조절될 수 있음이 확인되었다. 따라서 오존 처리 조건을 적절히 조절할 경우 재생섬유의 단점인 버진펄프에 비하여 열등한 강도적 성질 및 제지적성이 보완될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 謝辭

본 연구의 수행을 위하여 white ledger의 오존 처리를 수행한 노국일 군과 현미경적 관찰을 도와주신 북해도대학 농학부 생물조직구조해석센

터의 技官 伊藤利章 氏에게 감사드립니다.

#### 인용문헌

1. Ince, P. J., K. E. Skog and L. S. Heath, Resource Recycling 14(6):41 (1995).
2. Yamaguchi, H. and T. Yaguchi, Japan Tappi 50(8):105 (1996).
3. Won, J. M., K. I. Noh and B. M. Jo, Proceedings of Pre-symposium of the 10th ISWPC, Recent Advances in Paper Science and Technology, pp. 371-374 (1999).
4. 조병목, 원종명, 백기현, 이종윤, 엄태진, 산소계 약품을 이용한 재생화장지 제조기술개발, 제지기술세미나, 기술공유 및 연구기반 구축을 통한 제지기술 발전 전략, 국가청정생산지원센터, pp. 3-64 (2000).
5. 新井喜明, 紙パルプ技術タイムズ 42(11):30 (1999).