

오존 처리농도가 ONP의 탈묵 효율 및 펄프 특성에 미치는 영향

조 병 목 · 원 중 명[†]

(2001년 6월 7일 접수; 2001년 8월 20일 채택)

Effect of Ozonation Consistency on the Ink Removal Efficiency and Pulp Characteristics

Byoung Muk Jo and Jong Myoung Won[†]

(Received on June 7, 2001; Accepted on August 20, 2001)

ABSTRACT

The effect of pulp consistency on the deinking properties in the ozone deinking of ONP was investigated in order to develop the environmentally friendly deinking method. The pulp consistency and ozone treatment time were varied for this purpose. Higher pulp consistency during ozone treatment gave better ink removal efficiency than the conventional deinking method. It was also found that the increase of pulp consistency can decrease the ozone treatment time which can meet the deinking quality. WRV of ozone deinked pulp obtained at 10% and 30% of pulp consistencies was lower than those of the conventional deinking method. However, the higher pulp consistency during ozone treatment improved WRV. Highest brightness was obtained at the ozone treatment condition of 30% pulp consistency and 10 minutes. The lower brightness at the other ozone treatment condition should be originated from the excessive decrease of ink particle size and then decrease of true ink removal efficiency. Scott bond was increased with the increase of pulp consistency and treatment time. However, the improvement of breaking length with ozone treatment was no significant.

Keywords: *Ozone deinking, ONP, Ink removal efficiency, WRV, Brightness, Scott bond, Breaking length*

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

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

1. 서론

최근 심각한 문제로 대두되고 있는 지구 온난화, 오존층 파괴, 기후 급변 현상 등 각종 재해들은 산업 발전에 따른 부산물로서 그 대부분이 온실 가스 배출에서 비롯된다. 미국 임산물 연구소의 연구팀에 의하여 폐지를 재활용함으로써 약 10%의 온실 가스 감소 효과가 얻어질 수 있음이 밝혀졌다.¹⁾ 따라서 환경 보호의 일환으로 폐지 재활용 운동이 더욱 활발히 전개되고 있다. 그러나 폐지를 재활용하는 데 있어서 가장 크게 대두되는 문제점은 재생섬유의 품질이 버진 펄프에 비하여 크게 열등한 점²⁻¹⁷⁾과 폐지의 탈묵 공정에서 많은 약품과 에너지가 소비되고, 폐수가 오염되는 문제를 수반하는 것이다. 따라서 폐지 재활용률을 높이기 위해서는 재생섬유의 품질을 개선하고, 환경 친화적인 탈묵 기술을 개발하는 것이 중대한 과제라 할 수 있다.

환경 친화형 탈묵 기술을 개발하기 위해서는 약품 및 에너지 소비량을 최소화하여야 한다. 환경 오염으로 말미암아 탈묵 처리 기술은 자원 및 에너지 절약은 물론 환경 보호 차원에서 매우 중요시되는 기술 분야라 할 수 있다. 특히 환경 문제에 대한 관심이 고조되고 있는 현실점에서 폐지 재활용은 환경 문제와 경제적인 이해가 맞물려 그 이용률이 증가하고 있는 추세이다.

ONP 리사이클의 경우에는 화학펄프가 주 원료인 각종 백상 폐지와는 달리 탈묵시 사용되는 알칼리의 탈리그닌 또는 제지적성 개선 효과로 말미암아 큰 문제가 되지는 않는다. 그러나 환경 친화를 피하기 위하여 계면활성제를 제외한 기존의 다른 탈묵 약품의 사용을 하지 않을 경우에는 탈묵 펄프 제지적성의 저하가 예상된다. 따라서 이러한 문제를 도출 또는 해결하기 위한 일환으로 오존 탈묵이 시도되었다. 오존 탈묵에 대한 연구는 공정 중에서 오존을 일부 처리한 바 있으며,¹⁸⁾ 본 연구팀이 처음으로 white ledger 탈묵에 적용하여 긍정적인 결과를 얻은 바¹⁹⁾ 있으며, white ledger의 오존 탈묵 기구에 대하여 발표한 바 있다.²⁰⁾ 본 연구에서는 ONP의 탈묵에 오존을 적용시켰을 때 특히 오존 처리시 펄프의 농도가 잉크 제거 효율 및 탈묵 펄프의 특성 변화에 미치는 영향을 조사하고자 실시되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

국내 K 신문사의 ONP를 공시재료로 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 펄핑 및 부유

폐지의 펄핑과 부유 조건은 Table 1과 같다. 시료는 실험실용 해리기에서 3,000 rpm으로 해리하였으며, 부유 처리하기 전에 calcium chloride를 사용하여 경도를 180 ppm으로 조절하였다. 비교를 위하여 실시된 전형적인 탈묵 조건은 Table 2와 같다.

Table 1. Pulping and flotation condition

	Pulping	Flotation
Consistency (%)	4	0.5
Time (min)	10	5
Temperature (°C)	-	35

Table 2. Conventional deinking condition

	Pulping	Flotation
Sodium hydroxide (%)	1.0	-
Sodium silicate (%)	2.0	-
Hydrogen peroxide (%)	1.0	-
Surfactant (%)	1.0	-
EDTA (%)	0.2	-
Temperature (°C)	-	35
Consistency (%)	4	0.5
Time (min)	10	5

2.2.2 오존처리

펄핑 후 200 mesh screen을 이용하여 지료 농도를 각 조건에 맞게 농축시킨 후 균일한 반응을 위하여 오존 처리용으로 특수 제작된 고농도 반응기(빅토리아 산업)를 사용하여 오존 처리를 실시하였으며, 오존 처리 조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Ozone treatment condition

Condition	Range
Consistency (%)	10, 30, 40, 50
Time (min)	10, 20, 40

2.2.3 잉크 제거 효율 측정

오존 처리 농도가 탈묵 효율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 부유 후 펄프로부터 시료를 취하여 화상 분석 시스템을 이용하여 잉크 제거 효율 및 잔존량을 측정하였다.

2.2.4 탈묵 펄프 특성 조사

탈묵 처리된 펄프에 대하여 WRV를 측정하였으며, TAPPI Standard에 의거 실험실용 원형 수초지기로 평량 60 g/m²의 수초지를 제조하여 brightness, Scott bond 및 열단장을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 잉크 제거 효율

신문 인쇄에 사용되는 옅색 잉크는 일반 백상 폐지에서 흔히 관찰되는 토너 잉크와 달리 펄핑하는 과정에서 펄퍼 및 부유셀 내벽에 흡착되어 잉크 제거 효율의 정확한 측정이 용이하지 않았다. 따라서 상기 현상으로부터

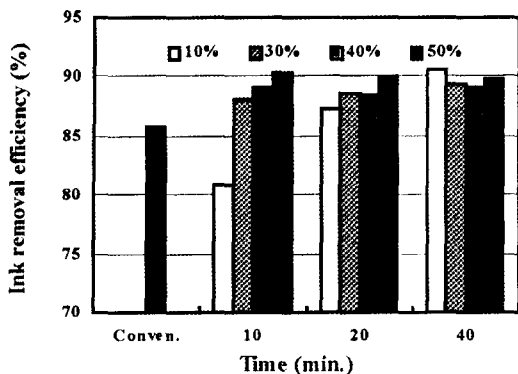


Fig. 1. Effect of ozonation consistency and time on the ink removal efficiency.

터 비롯될 수 있는 잘못된 해석의 여지를 없애기 위하여 본 연구에서는 부유 후 잉크 제거 효율뿐만 아니라 펄프 내 잔존 잉크량을 측정하였다. Fig. 1과 Fig. 2를 통해 알 수 있듯이 오존 처리시 펄프 농도 및 시간이 증가할수록 잉크 제거율이 증가되었고, 잉크 입자 잔존량은 감소하는 경향을 나타내었으며, 펄프 농도를 높일수록 처리시간의 단축이 가능하여 50% 농도로 처리할 경우 10분 처리만으로도 만족스러운 잉크 제거 효율을 얻을 수 있었다. 동일한 조건으로 오존을 공급하였음에도 불구하고 펄프 농도가 증가됨에 따라 잉크 제거 효율이 개선된 것으로 나타난 것은 섬유간 마찰 효과를 통하여 잉크 입자 제거 개선 효과가 얻어질 수도 있으나, 잉크 입자가 매우 작아져 측정되지 않음으로써 잉크 제거 효율이 더욱 크게 나타난 것으로 사료된다.

3.2 WRV

오존 처리에 따른 탈묵 펄프의 WRV는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 오존 처리시의 펄프농도 30%까지는 전형적인 탈묵시보다 다소 낮은 값을 나타내었으나, 40% 이상의 펄프 농도에서는 처리시간 20분까지는 비슷한 수준의 WRV를 나타내었고, 처리시간이 더욱 길어짐에 따라 WRV가 다소 개선되었다. 비록 전형적인 탈묵 방법과 달리 알칼리를 사용하지 않았기 때문에 물에 의한 펄프의 습윤 특성이 떨어질 수 있을 것으로 예상될 수 있지만, 섬유간 마찰에 의한 외부 소섬유화와 펄프의 오존 처리에 의한 섬유 표면의 산화로 말미암아²¹⁻²⁵ 수화(hydration) 능력이 개선되어 WRV

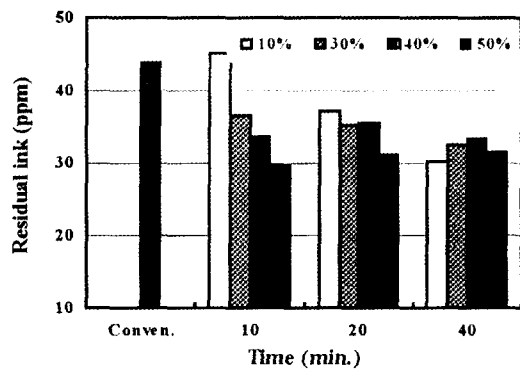


Fig. 2. Effect of ozonation consistency and time on the residual ink.

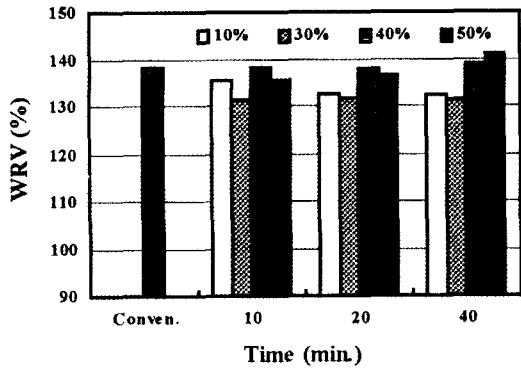


Fig. 3. Effect of ozonation consistency and time on WRV.

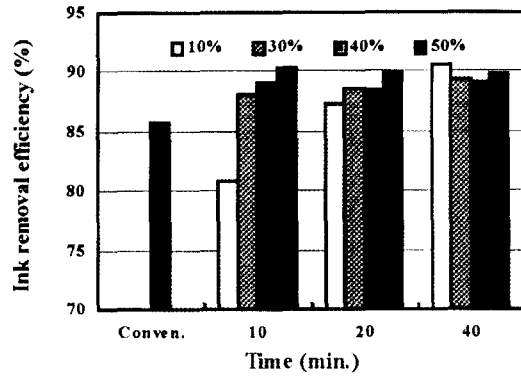


Fig. 4. Effect of ozonation consistency and time on brightness.

가 개선될 수 있었던 것으로 판단된다.

3.3 종이 물성

오존 탈묵 펄프의 brightness는 Fig. 4와 같이 30% 농도에서 10분 처리했을 때 전형적인 탈묵시보다 다소 높은 값이 얻어졌으나, 그 이상의 펄프 농도 및 처리시간의 증가는 전형적인 탈묵시와 유사하거나 오히려 낮은 brightness 값을 나타내었다. 이와 같은 현상은 WRV항에서 지적한 바와 같이 일정 수준까지는 오존 처리 효과가 얻어질 수 있지만 그 이후에는 펄프의 농도가 증가됨에 따라 오히려 섬유간 마찰에 의한 섬유 표면의 변형 및 잉크 입자의 크기 감소로 말미

암아 부유 처리에 의한 작은 크기의 잉크 입자 제거가 어려워지기 때문인 것으로 사료된다. 잉크 제거 효율 측정시 한 번에 카운트할 수 있는 잉크 입자 크기의 범위에 제한을 받기 때문에 일반적으로 육안으로는 잘 인식되지는 않으나 brightness에는 크게 영향을 미치는 10 μm 이하의 잉크 입자 측정이 곤란하다. 따라서 3.1항에서의 잉크 제거 효율은 10 μm 이하의 잉크 입자가 포함되지 않았다.

이와 같은 섬유간 마찰에 의한 변형 또는 미세분 발생 가능성의 증가는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 오존 처리시 펄프의 농도 및 처리시간이 증가됨에 따라 Scott bond를 크게 개선시켜 주었다. 그러나 오존 탈묵 조건의 변화에 따른 인장강도의 개선 효과는 그리 크지 않았다(Fig. 6).

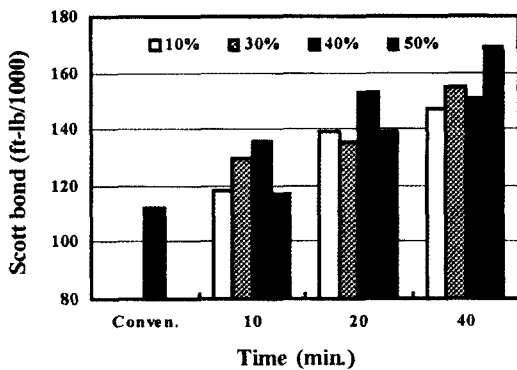


Fig. 5. Effect of ozonation consistency and time on the Scott bond.

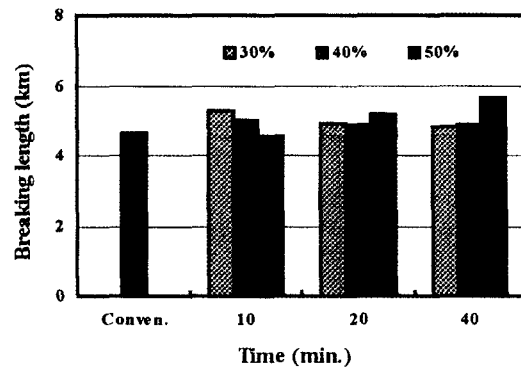


Fig. 6. Effect of ozonation consistency and time on the breaking length.

4. 결론

본 연구는 ONP의 환경 친화형 탈묵 기술 개발을 위한 일환으로 오존 처리시 펄프 농도가 탈묵 효율 및 펄프 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었다.

오존 처리시 펄프 농도 및 시간이 증가할수록 잉크 제거 효율이 증가되었으며, 펄프 농도를 높일수록 처리시간의 단축이 가능하여 50% 농도로 처리할 경우 10분 처리만으로도 만족스러운 잉크 제거 효율을 얻을 수 있었다. 오존 처리에 따른 탈묵 펄프의 WRV는 펄프 농도 30%까지는 전형적인 탈묵시보다 다소 낮은 값을 나타내었으나, 40% 이상의 펄프 농도에서는 처리 시간 20분까지는 비슷한 수준의 WRV를 나타내었고, 처리시간이 더욱 길어짐에 따라 WRV가 다소 개선되었다.

오존 탈묵 펄프의 brightness는 30% 농도에서 10분 처리했을 때 전형적인 탈묵시보다 다소 높은 값이 얻어졌으나, 그 이상의 펄프 농도 및 처리시간의 증가는 전형적인 탈묵시와 유사하거나 오히려 낮은 brightness 값을 나타내었다. 이와 같은 현상은 섬유간 마찰 증가에 의한 잉크 입자의 크기 감소와 부유에 의한 잉크 제거 효율 감소 때문인 것으로 사료된다. 섬유간 마찰에 의한 변형 또는 미세분 발생 가능성의 증가는 오존 처리시 펄프의 농도 및 처리시간이 증가됨에 따라 Scott bond를 크게 개선시켜 주었으나 오존 탈묵 조건의 변화에 따른 인장강도의 개선 효과는 그리 크지 않았다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 청정생산기술사업(한국생산기술원)의 지원에 의한 것입니다.

인용 문헌

- Ince, P. J., Skog, K. E. and Heath, L.S., Recycling in the big picture - the really big picture, Resource Recycling 14(6):4 1(1995).
- Lyne, L. M. and Gallay, W., The effect of drying and heating on the swelling of cellulose fibers and paper strength, Tappi 33(9):429 (1950).
- McKee, R. C., Effect of repulping on sheet properties and fibre characteristics, Paper Trade Journal 155(21):34 (1971).
- Roffael, E., Zur Erfassung von Verhornungen bei der Trocknung von initialfeuchten Zellstoffen, Holzforschung 33(2):33 (1979).
- Carlsson, G. and Lindström, T., Hornification of cellulosic fibers during wet pressing, Svensk Papperstidning 87(15):R119 (1984).
- Howard, R. C., The effects of recycling on paper quality, JPPS 16(5):J143 (1990).
- Howard, R. C. and Bichard, W., The basic effects of recycling on pulp properties, JPPS 18(4): J151 (1992).
- Phips, J., The effects of recycling on the strength properties of paper, Paper Technology 35(6): 34 (1994).
- Horn, R. A. The effects of recycling on fiber and paper properties, Paper Trade Journal, 17(24) (1975).
- Bouchard, J. and Douek, M., The effects of recycling on the chemical properties of pulps, JPPS 20(5):J131 (1994).
- Nazhad, M. M. and Paszner, L., Fundamentals of strength loss in recycled paper, Tappi Journal 77(9):J171 (1994).
- Laivins, G. V. and Scallan, A. M., The influence of drying and beating on the swelling of fines, JPPS 22(5):J178 (1996).
- Hartler, N. and Teder, A., Effect of drying on the properties of papermaking pulps, Paper Technology 4(4):389 (1963).
- Bovin, A., Hartler, N. and Teder, A., Changes in pulp quality due to repeated papermaking, Paper Technology 14(5):261 (1973).
- Horn, R.A., What are the effects of recycling on fiber and paper properties?, Paper Trade Journal 159(7):78 (1975).
- Chatterjee, A., Roy, D.N. and Whiting, P., Effect of recycling on strength, optical and surface properties of handsheets, Proceedings of 78th Annual Meeting, Technical Section, CPPA, p. A277 (1992).
- Minor, J. L. and Atalla, R. H., Strength loss in recycled fibers and methods of restoration, 1992 Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 266, p. 215.
- Yamaguchi, H. and Yaguchi, T., Application of

- ozone treatment to deinking process of wastepaper, *Japan Tappi* 50(8):105 (1996).
19. Won, J. M., Noh, K. I. and Jo, B. M., Deinking of white ledger with ozone, *Korea Tappi* 32(1):84 (2000).
20. Won, J. M. and Noh, K. I., Ozone deinking mechanism of white ledger, *Korea Tappi* 33(3):24 (2001).
21. Kogan, J., Muguet, M. and Perkins, A., Ozone bleaching of deinked pulp, *TAPPI Recycling Symposium*, pp. 237-244 (1994).
22. Minor, J. L., Atalla, R. H. and Harten, T. M., Improving interfibre bonding of recycled fibres, *JPPS* 19(4):152 (1993).
23. Muguet, M. and Kogan, J., Ozone bleaching of recycled paper, *Tappi Journal* 76(11):141 (1993).
24. Zhang, Y., Kang, G., Ni, Y., and van Heiningen, A. R. P., Degradation of wood polysaccharide model compounds during ozone treatment, *JPPS* 23(1):23 (1997).
25. Kibblewhite, R. P., Brookes, D. and Allison, R. W., Effect of ozone on the fiber characteristics of thermomechanical pulps, *Tappi Journal* 63(4):133 (1980).