

고지재생연구 (제3보)

- 부상부유 및 니딩처리에 의한 라이너지의 강도 및 광학적 성질 개선 -

서형일·류정용[†]·신종호[†]·송봉근·오세균

Recycling of Wastepaper (III)

- Improvement of Strength and Optical Properties of Testliner by Successive Treatments of Flotation and Kneading -

Hyong-Il Seo, Jeong-Yong Ryu[†], Jong-Ho Shin[†], Bong-Keun Song, and Say-Kyoun Ow

ABSTRACT

KOCC pulp was fractionated by air froth flotation and the resultant accept was further treated with kneading. The study on the effect of this combination process revealed that the flotation and the successive kneading were found to be effective in improving strength and drainage properties as well as optical cleanliness of testliner based on 100% KOCC.

1. 서론

전보¹⁾에서 보고한 바와 같이 국산 골판지 고지는 크게 2가지 이유로 인하여 교과서적인 개념의 OCC와는 상당히 다른 성분과 물성을 갖고 있다. 즉, KOCC에는 OCC이외에도 약 20-30% 정도의 잡고지가 혼입되어 있으며, 거둬지는 재생 시 천연펄프가 보충되지 않은 testliner가 대부분이기 때문에 섬유가 극도로 각질화, 미세화되어 있을뿐만 아니라 다량의 불순물이 함유되어 있다. 결과적으로 100% KOCC로 이루어진 재생 지료는 (a) 50% 이상의 미세분을 포함하며, (b) 평균 섬유장이 1.3 mm 이하의 단섬유로 구성되어 있고, (c) 낮은 보수력과, (d) 200 mL CSF 이

하의 낮은 여수도를 가질 뿐만 아니라, (e) 잉크나 점착물, 그리고 무기물 등의 불순물 함량이 15%에 육박하고 있으며 (f) 평균 2000 ppm 정도의 용존물이 존재한다. KOCC 지료내에 존재하는 미세분과 무기물에 대한 기기분석 결과는 전보¹⁾에서 상세히 설명하였으며, 3종의 다른 펄프 즉, KOCC와 AOCC, 그리고 고해된 UKP의 광학현미경 사진을 Fig. 1에 도시하였다. KOCC의 오염정도를 사진에서도 용이하게 판별할 수 있을뿐만 아니라, C-Stain에 의해 노란색으로 염색되는 UKP에 비해 보라색을 발현하는 BKP가 대부분인 것을 알 수 있다. 무작위 채취한 KOCC의 원료 구성비를 조사한 결과 잡고지의 비율이 20-30% 정도를 차지하였으나 현미경 사진에서는

• 한국화학연구소 펄프제지연구센터 (Pulp and Paper Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O. Box 107, Taejon 305-606, Korea).

† 주저자 (corresponding author): e-mail: jyryu@pado.kRICT.re.kr, jhshin@pado.kRICT.re.kr

50-60% 이상으로 관측되는 것은 KOCC 원료내에 존재하는 OCC가 이미 수차례의 재생이력을 갖고 있어 UKP만으로 구성되어 있지 못하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 사진의 바탕색이 UKP의 경우 노란색에서 AOCC와 KOCC의 순으로 점차 보라색으로 변화됨을 알 수 있는 바,



Fig. 1. Photographs of (a) KOCC, (b) AOCC, and (c) refined UKP.

이는 골판지 고지의 해리시 물에 용출된 전분계 접착제가 염색되는 것으로 사료된다.²⁾

최근 물성이 다른 성분들로 구성된 지료를 효과적으로 이용하기 위해 펄프를 분급하는 많은 연구가 행해지고 있다.³⁻⁸⁾ Moller 등³⁾은 펄프를 분급해야 하는 이유들에 대해 요약하고 있다. Moss⁴⁾는 가압스크린을 사용하는 방법과 디스크필터나 드럼필터를 사용하여 펄프를 분급하는 경우를 비교하였으며, OCC지료 중 어떤 종류의 원료가 어느 정도 제거되어야만 바람직한 물성의 지료상태로 회복될 수 있는가를 제시하였다. Rewatkar와 Masliyah⁵⁾는 펄프를 분급함에 있어 사용 가능한 장치들로서 plate atomizing wheel, hydrocyclone, pressure screen, Johnson fractionator, 그리고 Jacquelin apparatus 등을 열거하였다. 그러나 이러한 장치들은 섬유길이에 따라 펄프를 분급하기 보다는, 섬유 부피나 비표면적 등에 의존하고 있을 뿐만 아니라 설치비나 에너지 사용량에 있어 경제성이 좋지 않기 때문에 제지산업에 널리 이용되지 못하고 있다.

최근에 새로운 분급 방법으로서 Li 등⁶⁾은 화학펄프와 기계펄프를 분급함에 있어 부상부유법의 사용을 보고하였으며, Eckert 등⁷⁾도 부상부유법에 의해 섬유장에 따른 분급을 발표하였으나, 이러한 연구들은 기계펄프나 화학펄프, 혹은 열기계펄프(TMP) 등과 같이 그 대상이 펄프의 분리 또는 회수에만 집중되어 있다. 최근에 Ow 등^{1-2), 8-9)}은 OCC의 재생공정에 부상부유법을 적용하여 지료내에 존재하는 미세섬유와 불순물을 효과적으로 제거하고 분급된 성분들에 고해와 배합효소를 선택적으로 처리함으로써, 재생펄프의 탈수성과 강도를 동시에 향상시키는 일련의 결과들을 발표하고 있다. 그러나, KOCC 지료 중 불순물을 제거하여도 각질화된 섬유의 유연성은 회복되지 않으므로 재생 라이너지의 강도적 성질을 크게 향상시키기 어렵다.

따라서 본 연구에서는, 신문고지의 재생시 잉크를 제거하기 위해 일반적으로 사용하고 있는 부상부유법을 KOCC 재생공정에 적용하여 지료를 분급한 후, 분급된 장섬유분에 니딩처리를 행함으로써 각질화된 섬유의 유연성을 회복시킴과 동시에 잔존 불순물을 분산시킴으로써 재생 라이너지의 강도 및 광학적 성질의 향상을 모색하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

코팅고지와 사무실 잡고지가 약 30% 혼합된 국산 골판지 고지를 주원료로 하는 안산소재 동일제지(주)의 valvless fillter stock을 입수하여 원료펄프로 사용하였다.

펄프 분급에는 Voith사에서 디자인한 E-18 Type의 부상부유기 (Voith GmbH, Germany)를 사용하여 2% 농도의 지료를 45℃에서 2분간 처리한 결과 부상부유 리젝트로서 17%의 미세분을 제거하였다. 비교적 장섬유분으로 구성된 엑셉트는 20% 농도로 압착 탈수한 후 2중 스크류를 장착한 실험실용 니더(Yamamoto Machinery Co., Ltd., Japan)에서 75℃로 니딩처리를 행하였다. 니딩후의 지료를 탈수 시취합된 백수로 희석하여 4% 농도로 조절한 후 표준해리기(AB Lorenzen & Wettre, Sweden)를 사용하여 온도 70℃, 2300 rpm의 조건으로 3분간 해리하였다.

부상부유, 니딩, 그리고 해리공정을 순차적으로 거친 후 TAPPI 표준시험법 T205 om-88에 의거하여 평량 150 g/m²으로 수초지 하였으며, 초지 시 자체 제작한 탈수성 측정기(KRICT Drainage Tester Model p-11)를 초지기에 장착하여 탈수속도를 측정하였다. TAPPI 표준시험법 T403 om-85, T818 om-87, T511 su-69에 의거하여 재생 수초지의 파열과 압축강도, 그리고 내절도를 각각 측정하였다.

화상분석 프로그램인 BMI Plus(범미유니버스, 한국)를 사용하여 재생 수초지의 잔류 반점을 측정하였으며, Fiber Quality Analyzer (FQA, OpTest Equipment Inc., Canada)와 Color Touch 2(Technidyne Corp., USA)를 이용하여 섬유 curl index와 백색도를 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 탈수성 및 강도적 성질

Fig. 2에 KOCC 처리조건에 따른 탈수시간의 변화를 도시하였다. Control로서 표시된 KOCC 원지료의 탈수시간이 56초인 것에 비하여 부상부

유 처리를 행함으로써 17%의 리젝트를 제거하면 약 45%가 향상되어 31초의 탈수시간을 나타내고 있다. 이는 KOCC 지료 내의 약 50% 이상을 차지하고 있는 미세분 중에서도 탈수에 악영향을 미치는 성분들의 상당량이 부상부유법에 의해 효과적으로 제거되었음을 의미하며, 탈수성 향상만을 위해서는 단순한 부상부유 처리만으로도 충분한 효과를 얻을 수 있음을 보여주고 있다. 부상부유 엑셉트에 다시 니딩처리를 가하면 탈수시간이 40초로 증가하지만 무처리 KOCC 지료에 비하면 아직 30%정도 향상된 탈수성을 유지하고 있다. 이는 니딩처리에 의한 탈수성 저하를 부상부유 처리에서 얻어지는 탈수성 향상분으로 충분히 상쇄할 수 있음을 보여주는 결과로써, 본 연구의 부상부유 처리가 탈수성을 향상시키거나 또는 그대로 유지시키면서도 강도나 광학적 성질을 향상시킬 수 있는 가능성을 제시하고 있다. 반면에 무처리 지료를 니딩처리할 경우는 68초의 탈수시간을 보임으로서 KOCC 지료의 탈수성을 오히려 악화시켜 약 17% 증가하는 결과를 초래하고 있다. 따라서, 초지계 내에 다량의 미세분이 존재하는 한, 재생지의 강도 향상을 목적으로 하는 기계적 처리는 재생 지료의 탈수성이 급격히 저하되는 문제점을 유발하므로 생산성 측면에서 적용하기에 적합하지 않다.

KOCC 처리 조건에 따른 파열강도와 압축강도,

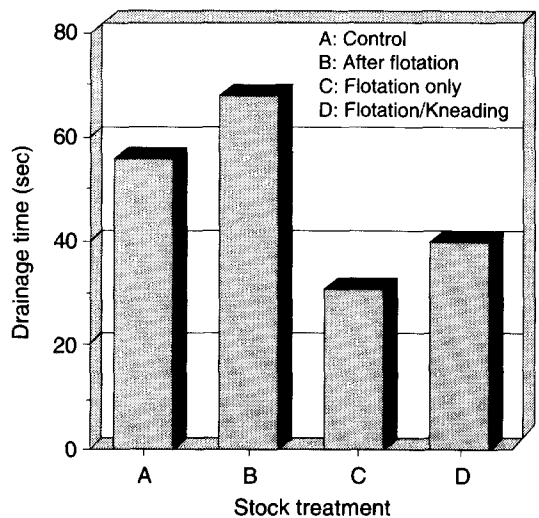


Fig. 2. The dependence of drainage time on stock treatments.

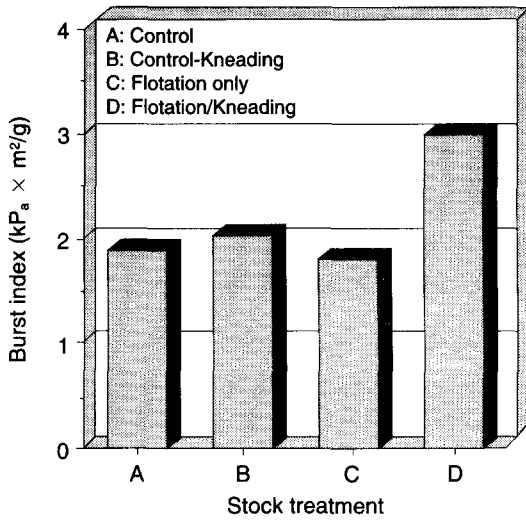


Fig. 3. The dependence of burst index on stock treatments.

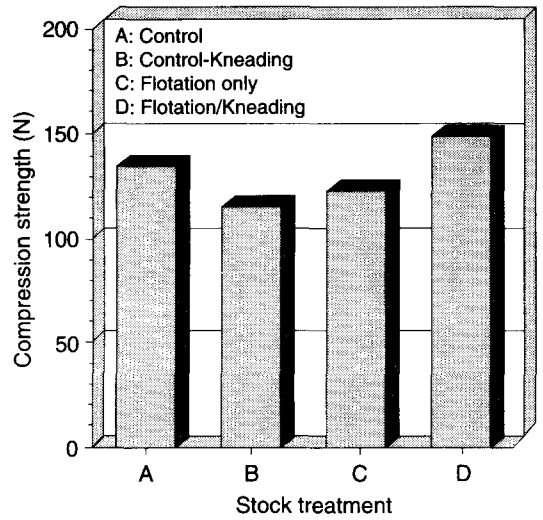


Fig. 4. The dependence of compression strength on stock treatments.

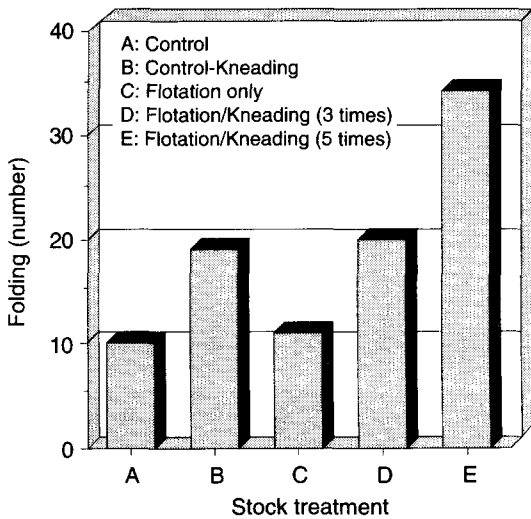


Fig. 5. The dependence of folding endurance on stock treatments.

그리고 내절도의 변화를 Figs. 3과 4, 그리고 5에 각각 도시하였다. 부상부유 처리에 의해 미세분이 제거된 지료로부터 재생된 testliner의 3가지 강도를 살펴보면 무처리 KOCC 지료에 비해 미미한 증가 또는 감소로서 유의할 만한 변화를 보이지 않고 있는 바, 이는 부상부유 처리에 의해 제거된 미세분이 재생지의 강도에는 크게 영향을

미치지 않는 불순물임을 보여주고 있다. 반면에 부상부유 처리에 의하여 분급된 장섬유분을 니딩 처리한 재생 수초지는 무처리 KOCC 지료에 비하여 파열강도 61%(Fig. 3), 압축강도 10%(Fig. 4), 그리고 내절도 100%(Fig. 5)의 놀라운 강도향상 효과를 보여주고 있다. 특히 Fig. 5에서 니딩처리가 5회로 증가함에 따라 내절도가 340% 증가하는 결과로부터 니딩효과가 내절도에 미치는 영향이 대단히 큰 것을 알 수 있으며, 이는 골판지의 제함 작업 시 자주 봉착하게 되는 접히는 부분이 터지는 현상을 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

니딩처리에 의한 강도 향상효과를 해석하기 위해 부상부유처리 전후의 지료를 니딩처리한 후 FQA를 사용하여 섬유질의 굵기 정도를 측정하였으며 그 결과를 Fig. 6에 도시하였다. 무처리 지료의 평균 굵기 지수(mean curl index)가 2.30인 것에 비하여 원지료에 니딩한 경우가 3.05, 부상부유처리 후 액셉트에만 니딩한 지료가 3.60으로 섬유질의 굵기 현상이 니딩에 의해 증가함을 알 수 있다. 골판지 고지는 반복되는 재생처리로 인하여 섬유질의 각질화가 진행되고 결과적으로 섬유자체의 유연성이 저하되어 있는 KOCC를 고온에서 니딩 처리를 행하면 섬유질의 굵기가 증가되는 Fig. 6의 결과로부터, 니딩처리가 섬유질의 유연성 회복에 대단히 효과적임을 알 수 있었다. 또한 불순물물 다

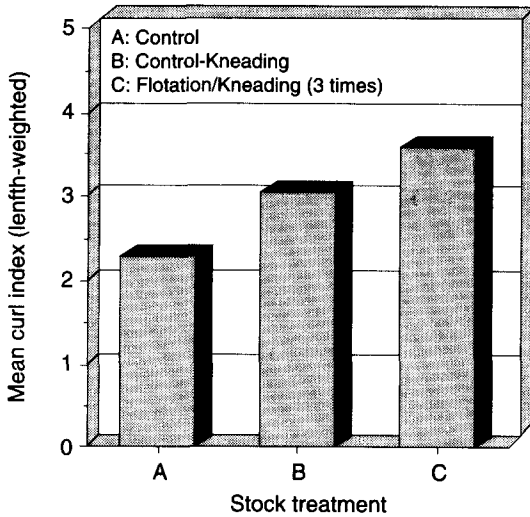


Fig. 6. The dependence of mean curl index on stock treatments.

량 포함하고 있는 KOCC 원지료에 대한 니딩 보다는 장섬유분으로 구성되어 있는 부상부유 엑셉트에 대한 니딩이 더욱 효과적인 결과로부터, 일정 길이 이상의 섬유에 대한 니딩효과가 큰 것을 알 수 있다.

따라서 전술한 Figs. 3~5의 강도향상 효과는 크게 2가지 이유로 설명될 수 있다. 첫째, 잉크나 점착물, 그리고 무기물 등과 같이 섬유간 결합에 도움을 주지 못하는 불순물들이 부상부유 처리에 의해 제거되었으며, 둘째로는 고온에서의 니딩처리로 인하여 각질화된 섬유의 유연성이 회복되기 때문이다.

3.2 광학적 성질

각 처리 단계별로 수초지한 재생 라이너지를 화학분석한 결과로서 dirt count와 백색도 변화를 Fig. 7에 도시하였다. 100% KOCC만으로 재생한 라이너지는 전술한 강도문제 이외에도, 잉크나 점착물 또는 폐 플라스틱 등이 최종 제품표면에 잔존하여 상품가치를 하락시키는 문제점이 있으나, 본 연구에서 도입한 부상부유 처리만으로 약 35% 이상의 dirt를 감소시킬 수 있음을 Fig. 7의 결과로부터 알 수 있는 바, 이는 부상부유 처리가 KOCC 지료의 불순물 제거에 대단히 효과적임을

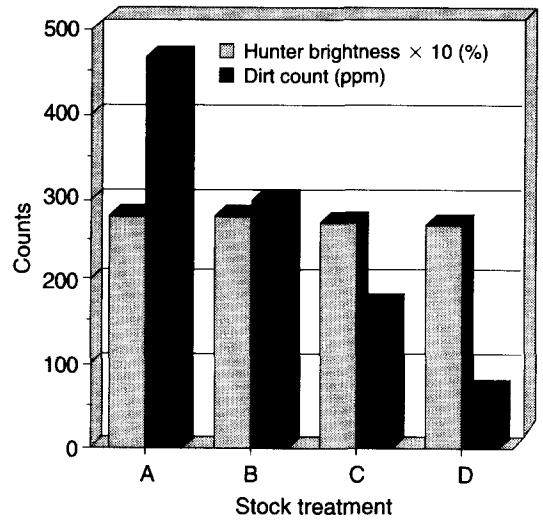


Fig. 7. The dependence of optical properties of testliner on stock treatments.

Fig. 7. The dependence of optical properties of testliner on stock treatments.

입증하고 있다. 부상부유 엑셉트에 3회의 니딩처리를 행하면 KOCC 원지료와 부상부유 처리한 지료의 dirt에 비해 각각 65%와 45%가 감소하고 있으며, 니딩처리를 3회에서 5회로 증가시키면 KOCC 원지료의 15%수준만이 dirt count로 검출되고 있다. 이는 부상부유처리 시 제거되지 못하고 지료내에 잔존하는 불순물이 고온에서의 니딩처리에 의해 미세한 입자들로 분산되기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구에서는 600 dpi의 해상도로 화상분석을 행하여 dirt count를 측정하였기 때문에 50 μm크기 이하의 검출이 불가능한 때문이지만 50 μm는 인간으로서도 감지할 수 없는 식별한 계이기 때문에 니딩에 의한 분산효과는 결과적으로 재생지의 외관상 품질향상으로 나타난다.

백색도 변화를 Fig. 7에 함께 도시하였다. 처리단계에 따라 백색도는 미미하게 감소하고 있는 바, 이는 니딩에 의해 작게 분산된 입자들에 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 백색도의 최대 감소폭이 2% point 이하이기 때문에 일반적으로 30% point 전후의 백색도를 갖는 testliner에서는 무시할 수 있는 정도의 변화로 생각된다.

4. 결론

전량 수입에 의존해 오던 고품질 표면 라이너지와 그 주원료인 미표백 크라프트 펄프를 국산 골판지 고지로 대체하기 위하여, 신문고지의 탈묵시스템에 주로 적용되고 있는 부상부유처리를 골판지 재생공정에 도입함으로써 장섬유분과 미세분을 분급하고 장섬유분에 대한 선택적인 니딩처리를 행하였다.

부상부유 처리에 의해 국산골판지 고지 내에 존재하는 불순물을 효과적으로 분급·제거할 수 있었으며, 불순물 제거에 의해 향상된 탈수성의 범위 내에서 니딩처리를 행함으로써 각질화된 섬유 유연성을 회복시킬 수 있었다. 결과적으로 부상부유와 니딩공정을 KOCC 지료에 순차적으로 적용함으로써 지료의 탈수성을 그대로 유지하거나 향상시키면서도 강도의 향상효과 뿐만 아니라 잉크입자 및 반점이 제거된 외관상의 품질향상을 확인하였다.

감사의 글

본 연구의 일부는 청정생산기술개발사업(과제번호: TS-9706)과 G7 연구개발사업(과제번호: HG-9706)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 특히 과제수행에 적극적으로 참여한 동일제지(주)와 연구방향 설정에 도움을 주신 김진두 부장에게 깊

이 감사드립니다.

참고문헌

1. Ji, K. -Y., Ryu, J. -Y., Shin, J. -H., Song, B. -K., and Ow, S. -K., J. Kor. Tappi, in press.
2. Kim, J. -E., Ryu, J. -Y., Shin, J. -H., and Ow, S. -K., J. Kor. Tappi, 30 (3): 1 (1998).
3. Moller, K., De Ruvo, A., and Norman, B., Paper Technol. Ind., 70 (3): 110 (1979).
4. Moss, C. S., TAPPI 1996 Recycl. Symp. Proc., TAPPI Press, Atlanta, pp. 387 (1996).
5. Rewatkar, V. B. and Masliyah, J. H., in Mixed-Flow Hydrodynamics, N. P. Cheremisinoff, Ed., Gulf Publishing, Houston, pp. 871 (1996).
6. Li, M. and Murundamina, M., TAPPI 1994 Recycl. Symp. Proc., TAPPI Press, Atlanta, pp. 303 (1994).
7. Eckert, W. F., Masliyah, J. H., and Afacan, A., Tappi J., 80 (5): 210 (1997).
8. Ow, S. -K., Han, S. H., Shin, J. -H., Ryu, J. -Y., Kim, J. -E., Kim, J. -D., Jeon, H. -K., Kor. Pat., Appl. No. 98-10044 (1998).
9. Ryu, J. -Y., Seo, H. -I., Ji, K. -R., Kim, J. -D., Shin, J. -H., Ow, S. -K., Kor. Pat., Appl. No. 98-24525 (1998).