

## 고지재생연구(제13보)

- 부상부유와 응집처리에 의한 골판지 고지의 탈수성 및 강도 향상 방법 -

여 성 국 · 류 정 용 · 신 종 호 · 송 봉 근 · 김 진 두\*

(2000년 11월 30일 접수, 2001년 2월 5일 채택)

## Recycling of Wastepaper (13)

- Selective Treatment of Flocculant on Fractionated OCC Fines -

Sung-Kook Yeo, Jeong-Yong Ryu, Jong-Ho Shin, Bong-Keun Song, and Jin-Doo Kim\*

(Received November 30, 2000; Accepted February 5, 2001)

### ABSTRACT

The base paper of corrugated board is mainly produced from Korean old corrugated container (KOCC), and thus the recycling rate of KOCC is very high. However, there is a problem that the pulp quality is very low while the recycling rate of OCC is high. The fines content in KOCC, the main source of the corrugated board, amounts to nearly the half of the total stock, and its formation increases as recycling process repeats due to the hornification of fiber. There have been attempts to improve the drainage property of OCC by increasing the headbox concentration of the paper machine or by applying drainage-promoting polymer additives. However, these conventional methods have problems of weakened paper strength and lowered converting fitness caused by paper formation hindrance. The strength of linerboard could not be increased in case KOCC is used, because hornified OCC pulp cannot be sufficiently refined due to the lowered drainage property caused by fines formation. We studied about a new technique consisting of froth-flotation for fractionating pulp stock into a long fiber portion and fines fraction. This study will be developed in order to enhance the drainage and strength properties of a recycled OCC pulp by selective treatment of flocculant on fractionated OCC Fines

**Keywords:** *OCC, Recycling Fines, Froth-flotation, Fractionation, Selective-flocculation, Drainage, Strength*

• 한국화학연구원 펄프제지연구소(Pulp and Paper Research Center (PPRC), Korea Research Institute of Chemical Technology (KRICT), P. O. Box 107, Yusung, Taejeon 305-606, Korea).

\* 동일제지 주식회사(Dong Il Paper Mfg. CO., LTD, 492-1, Moknae-Dong, Ansan-City (Banwol Industrial Complex, B17-51), Korea).

## 1. 서론

현재 우리 나라는 세계 10위권의 지류 생산국에 진입하였다. 특히 상품 포장의 증해를 담당하고 있는 골판지의 원지 생산량은 지류 총생산량의 30% 이상을 차지하고 있다. 포장재로서의 골판지는 인쇄 및 가공이 용이하고, 중량 대비 강도가 우수하며 재활용이 가능하다는 장점이 있다. 현재 우리 나라의 고지 재활용률은 세계 최고수준으로서 95년 기준으로 제지산업 규모 상위 10개국 가운데 종이 재활용 비율이 72%로 가장 높은데<sup>1)</sup>, 특히 그중에서도 골판지 원지는 주로 국산 골판지 고지를 주원료로 제조되고 있으며, 이에 따라 국산 골판지 고지의 재활용률이 매우 높은 특징이 있다. 그러나 이처럼 고지의 재활용률이 높은 만큼, 재생 펄프의 품질은 급격히 저하되는 문제점이 있다.

특히, 골판지의 주원료가 되는 국산 골판지 고지는 거듭된 재생처리로 인하여 미세분의 함량이 전체 지료의 절반에 달할 만큼 많으며, 아울러 섬유가 각질화됨에 따라 재생처리가 거듭될수록 그러한 미세분의 형성이 더욱 조장되고 있다. 일반적으로 크기 75  $\mu\text{m}$  이하의 무기물 및 단섬유를 일컫는 미세분은 골판지 원지의 초지시 습지필의 탈수를 저해하여 생산성을 저하시키는 요인이 되어 왔다.

골판지 고지의 탈수성을 개선하기 위해 초지기의 헤드박스 농도를 높이거나 탈수 촉진용 고분자 첨가제를 적용하는 시도가 계속되어 왔으나, 이러한 종래의 방법은 지합을 해침으로써 종이의 강도와 후가공 적성이 저하되는 문제점이 있었다. 또한 골판지 생산 공정의 백수가 최근 용수절감과 환경보전을 위해 폐쇄화되고 있는 추세임에 비추어 볼 때, 각종 제지용 첨가제의 보류는 갈수록 저하될 것이며 축적된 첨가제에 의한 공정수의 화학적 및 생물학적 산소 요구량(COD, BOD) 증가가 우려된다. 따라서 종래의 골판지 원지 제조기술로는 국산 골판지 고지를 주원료로 삼는 한, 골판지 원지의 초지시 미세분으로 인한 탈수 저하의 문제점을 피할 수 없으며 기존의 화학 첨가제와 다른 새로운 환경친화적인 고지 처리기술의 개발이 시급히 요구되고 있다.

아울러 미세분 형성에 따른 탈수성 저하로 인해 각질화된 골판지 고지 펄프를 충분히 고해처리할 수 없었으므로, 국산 골판지 고지를 주원료로 골판지 원지의 강도를 증가시킬 수 없었다. 선진국에서는 골판지 고지를 스크린 또는 클리너 등으로 정선처리하여 장단 섬유를 분급한 다음, 장섬유분을 선택적으로 고해하여 종이의 강도를 향상시키는 기술이 개발되어 적용<sup>2-3)</sup>되

왔으나, 이러한 처리는 양질의 미표백 크라프트 펄프와 중성야황산 반화학 펄프로 구성되는 고급 골판지 고지에 적합한 기술일 뿐, 우리 나라와 같이 장섬유보다 미세분 함량이 많은 저급의 골판지 고지를 주원료로 삼는 골판지 원지의 강도개선에는 큰 효과를 거둘 수 없었다.

이러한 이유로 강도가 우수한 고급 골판지 원지는 지금까지 수입에 의존해 왔으며, 국민 생활수준의 향상에 따라 최근 고급 골판지 원지 수입량은 1995년에 16만 6천 톤에서 1996년에 19만 3천 톤 가량으로 급속히 증가하는 추세이다.<sup>4)</sup> 이와 같이 증가하고 있는 고품질의 수입 골판지 원지에 대한 수요를 국산 원지로 대체하고자 할 때에, 종래의 기술만으로는 국산 골판지 고지를 이용하지 못하고, 전량 수입에 의존하는 미표백 크라프트 펄프를 원료로 사용하는 방법 이외에 다른 대안이 없었다. 실제로 지난 1996년 한 해 동안 크라프트지 및 각종 골판지 제조를 위해 수입된 미표백 크라프트 펄프의 총량은 27만 톤에 달하였다. 따라서 외화 절약 차원에서도 미세분이 많은 국산 골판지 고지의 탈수성을 개선하여 생산효율을 증가시키면서 강도를 향상시키고 고품질의 골판지 원지로 재생하는 새로운 기술의 개발이 절실히 요구되고 있다. 본 연구센터가 고안한 부상부유 미세분 분급처리는 기포의 수력학적 포집작용을 이용하여 미세분을 고농도로 분급해 내는 방법으로써, 기존의 분급처리와 달리 미세분에 대한 선택적인 처리가 용이한 특징이 있다. 따라서 골판지 고지의 분급 후 섬유 및 미세분에 대한 선택적 처리를 통해 탈수성과 강도를 동시에 개선하는 효과가 기대된다.

본 연구에서는 국산 골판지 고지에 포함된 다량의 미세분을 부상부유 분급처리를 활용하여 효과적으로 분리<sup>5)</sup>한 다음, 미세분에 대한 선택적 응집처리와 장섬유분에 대한 고해처리를 함께 실시하여 골판지 고지 펄프의 탈수성은 저하시키지 않으면서 섬유의 유연성을 향상시키고 궁극적으로 골판지 원지의 생산 효율을 증가시킬 뿐만 아니라 강도적 성질을 개선하는 새로운 처리법을 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험재료

골판지 원지 제조업체인 동일제지(주)에서 국산 골판지 고지 100%를 주원료로 하여 생산된 라이너지를

채취하여 실험재료로 삼았다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 고지의 해리 및 부상부유 처리

본 실험실 보유의 저농도 펄퍼를 이용하여 농도 4%, 온도 50°C의 조건으로 30분 동안 해리하였다. 해리된 지료를 독일 포이트(Voith)사의 E형 부상부유기를 사용하여 농도 1%, 온도 60°C, 유속 67 L/min, 공기유량 15 L/min의 조건으로 1분 30초간 부상부유 처리하여 13%의 리젝트분을 분리하였다.

분리된 리젝트는 2.5% 농도로 농축된 것으로 50%의 wood fines와 30%의 무기물 및 20%의 장섬유분으로 구성되었다.

### 2.2.2 응집처리 및 초지

부상부유로 얻어진 섬유분(control)과, 그 섬유분을 5분 및 10분 동안 Valley 비터로 고해한 지료 3종류를 조성한 후 부상부유의 리젝트, 즉 미세분에 양이온성 고분자 응집제 7128(날코 코리아)을 리젝트 대비 0, 80, 100, 125, 150, 175, 200 ppm 수준으로 첨가

하고, 800 rpm으로 30초간 교반시킨 다음, 미리 조성한 3종류의 장섬유분에 20% 혼합하여 제조한 지료를 평량 150 g/m<sup>2</sup>으로 수초지하면서 탈수에 소요되는 시간을 측정하였다.

### 2.2.3 수초지의 물성 측정

부상부유 리젝트인 미세분에 대하여 양이온성 고분자 응집제의 첨가수준을 각각 달리해서 장섬유분과 혼합하고, 초지된 수초지 물성을 파악하기 위해 항온항습처리를 한 다음, 인장강도, 압축강도, 파열강도를 각각 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 섬유 및 미세분에 대한 선택적 처리 효과

Fig. 1은 고해하지 않은 부상부유 섬유분과 양이온성 고분자 응집제를 처리한 리젝트분(미세분)을 20% 혼합하였을 때의 변화를 나타낸 것이다. 리젝트분에 대한 양이온성 고분자 응집제의 첨가수준이 증가할수록 탈수시간은 직선적으로 감소하는 데 비해 강도적

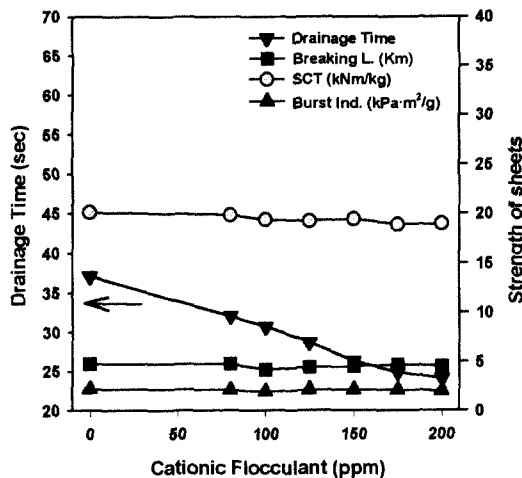


Fig. 1. The drainage and strength properties of OCC stock consisted of fiber portion and flocculated fines portion in an aspect of addition levels of cationic flocculant in fines portion fractionated by froth-flotation.

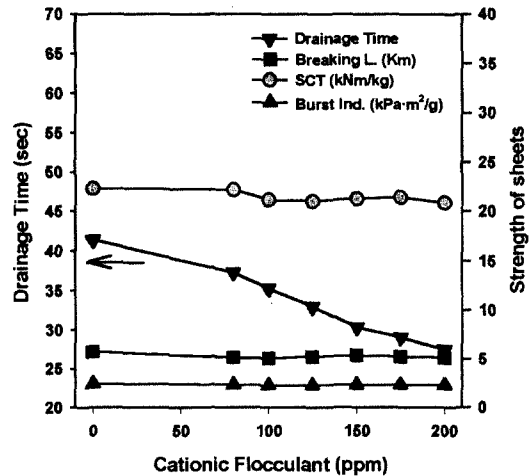


Fig. 2. The effect of addition levels of cationic flocculant on drainage and strength properties of OCC stock consisted of fiber portion beaten for 5 minutes and flocculant added fines portion.

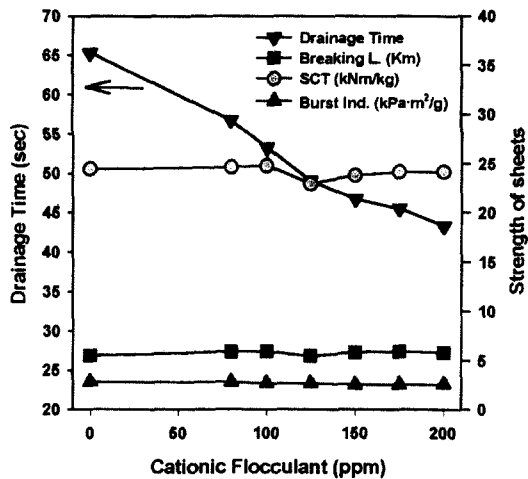


Fig. 3. The drainage and strength properties of OCC stock consisted of fiber portion beaten for 10 minutes and flocculated fines portion in terms of addition levels of cationic flocculant in fines portion.

성질은 거의 일정수준으로 유지되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 만일 동일한 정도로 탈수성을 개선시키기 위해 전체 지료에 응집제를 첨가한다면 Fig. 1의 경우보다 많은 양의 응집제가 첨가되어야 하며, 이때 장섬유의 응집으로 인한 집합 및 강도의 저하를 피할 수 없을 것이다.

Fig. 2에서는 부상부유를 통해 얻어진 장섬유분을 5분간 고해한 후 양이온성 고분자 응집제를 처리한 리젝트분을 혼합하였을 때의 변화를 나타낸 것이다. 고해처리로 인해 탈수시간이 전반적으로 증가하였고 양이온성 고분자 응집제의 첨가수준의 증가에 따른 탈수 속도 감소율은 고해하지 않은 경우와 거의 유사하였다. 또한 강도적 성질은 모두 증가하였다. 양이온성 고분자 응집제를 80 ppm 첨가한 경우 탈수는 고해하지 않았을 때의 개선된 속도를 유지하면서, 파열과 압축 강도 모두 약 8%의 증가를 보여 이를 통해 미세분의 선택적 응집 및 섬유분의 고해처리 효과를 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 장섬유분의 고해시간을 10분으로 했을 때의 변화를 나타낸 것이다. 과도한 고해처리에도 불구하고, 미세분에 대한 선택적 응집처리를 실시함에 따라 탈수저항을 완화시키면서 강도를 개선시킬 수 있었다.

### 3.2 부상부유 처리의 탈수성과 강도 효율

Fig. 4는 분급처리치 않은 원지료를 수초한 경우와 비교하여 지료를 10분간 고해처리한 후 전체 지료에 200 ppm의 양이온성 고분자 응집제를 첨가하여 초지할 때의 탈수성 및 강도를 분석한 결과이다. 응집제를 처리하였음에도 불구하고 탈수시간이 67%나 증가된 반면 강도는 30% 전후의 상대적으로 저조한 증가폭을 보였다.

Fig. 5는 원지료로 제조한 수초지에 대하여 부상부유 분급처리 후 5분간 고해처리한 섬유분과 200 ppm의 양이온성 고분자 응집제를 첨가하여 응집시킨 리젝트분을 혼합한 지료로 제조한 수초지의 탈수 및 강도를 비교하여 그 효율을 분석한 그래프이다. Fig. 4의 분급치 않은 수초지와 달리 부상부유 처리로 분급하고, 선택적으로 고해, 응집시킨 Fig. 5의 경우에는 탈수시간이 오히려 35%나 감소하면서 강도는 8%만큼 증가하는 결과를 얻었다. 골판지 고지 펄프의 탈수성을 개선시키면서 강도도 증가시키는 분급 및 선택적 고해, 응집처리의 효과를 단적으로 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 Fig. 5와 같이 분급처리한 다음 고해처리 시간을 10분으로 증가시킨 수초지의 결과를 나타낸 것이다. 그래프에 나타난 바와 같이 탈수시간은 소폭 증가하였으나 이에 비해 상대적으로 현저한 강도개선이 이루어졌음을 알 수 있다. 따라서 선택적 고해 및 응집처리를 통해 탈수성과 강도를 동시에 개선할 수 있음

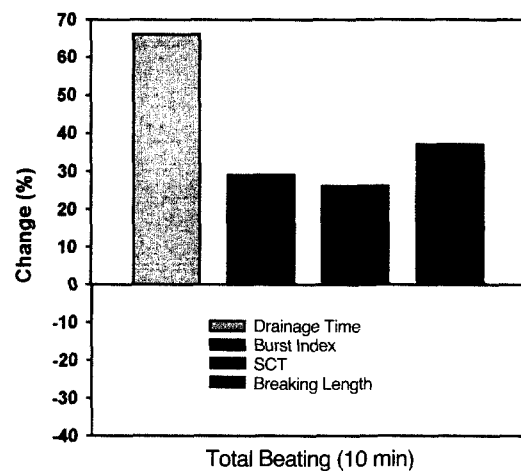


Fig. 4. The change of drainage and strength properties of OCC by 10 minutes beating and flocculation treatment for whole stock.

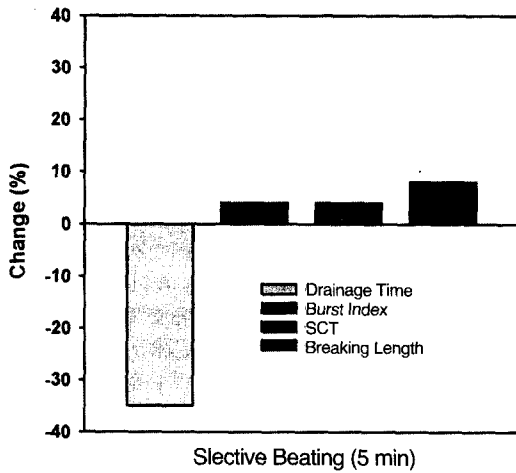


Fig. 5. The change of drainage and strength properties of OCC by 5 minutes beating for fractionated fiber portion and cationic flocculant added flocculation of fines portion.

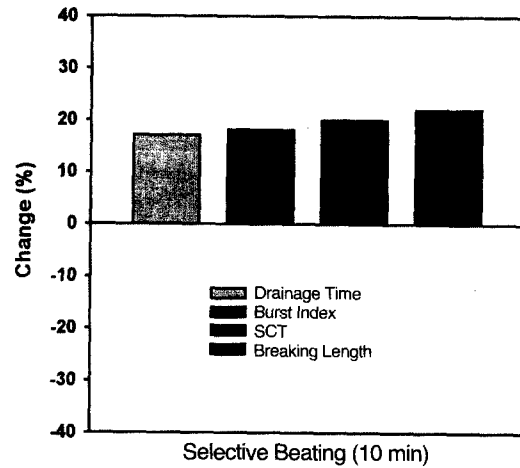


Fig. 6. The improvement of drainage and strength of OCC through the selective beating treatment of fractionated fiber portion for 10 minutes and flocculation of fines portion by cationic flocculant.

이 입증되었다.

전술한 바와 같이 고해처리에 의한 종이의 강도개선은 지료의 탈수성 악화를 수반한다. 따라서 강도개선을 위한 개개처리의 효율은 탈수성 악화 정도를 고려하여 평가되어야 한다. 이에 본 연구에서는 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 탈수시간과 파열강도의 관계를 그래프로 도시하여, 부상부유 미세분 분급 및 각 성분에 대한 선택적 처리의 효과를 평가하고자 하였다. 부상부유 처리를 통해 원지료로부터 분급된 미세분의 탈수

시간은 원지료 보다 19배 이상 길었다. 즉 분급된 미세분은 골판지 고지 펄프의 탈수성을 저해하는 주원인이었으며 전체 지료의 13%에 해당하는 분급 미세분이 제거됨에 따라 고지 펄프의 탈수시간이 60% 이상 단축됨을 확인하였다.

분급된 미세분의 탈수성을 개선하기 위해 200 ppm의 양이온성 고분자 응집제를 첨가하여 응집시킨 결과, 그 탈수시간이 1/5 미만으로 단축되어 미세분에 대한 선택적 응집처리를 통해 다시 한번 입증되었다.

분급된 섬유분의 강도는 원지료와 유사하였으며 이를 10분간 선택적으로 고해해 줌에 따라 파열강도를 50% 이상 향상시킬 수 있었다. 이러한 고해처리에 도 불구하고 분급된 섬유분의 탈수시간은 원지료와 큰 차이를 보이지 않았다. 이것은 전술한 바와 같이 부상부유 분급처리로 섬유분의 탈수시간이 60% 이상 단축되어 고해처리에 따른 탈수성 저하 정도를 상쇄하였기 때문이다. 이로써 원지료 대비 탈수성의 저하 없이 강도를 50% 이상 개선하는 처리효과를 거둘 수 있었다.

만일 13%에 달하는 분급 미세분을 활용치 않고 모두 폐기한다면 상기한 정도의 탈수성 및 강도개선 효과를 거둘 수 있으나, 실질적으로는 생산공정의 운영 및 원가측면에서 분급 미세분을 폐기치 않고 응집하여 활용하는 방안이 바람직하다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 분급된 13%의 미세분에 200ppm의 응집제를 첨가하여 응집시킨 후 장섬유분에 혼합한 경우, control

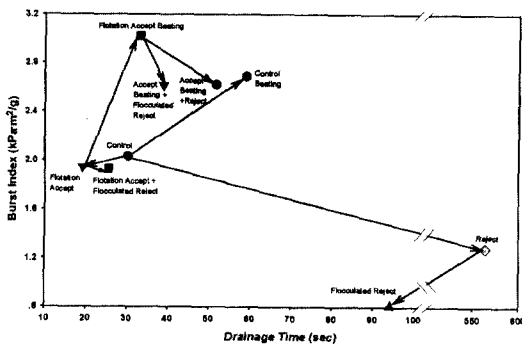


Fig. 7. Burst strength of OCC versus varied drainage time according to selective treatments containing beating and flocculation.

에 비하여 약간의 강도감소가 있었으나 탈수시간이 20% 이상 단축되는 결과를 얻었다. 종이의 강도를 개선시키기 위해 control 지료를 고해하였을 때에는 33% 정도 강도가 개선되는 데 반해 95% 이상 탈수시간이 지연되는 문제점이 있었다. 그러나 분급처리한 후 섬유분만을 고해하고 응집시킨 미세분을 혼합한 경우에는, 원지료를 고해하였을 때와 비슷한 수준의 강도를 유지하면서 동시에 탈수시간은 원지료를 고해한 경우보다 53% 정도 단축시키는 효과를 얻었다. 이러한 결과를 종합하여 볼 때, 부상부유 분급처리 및 선택적 고해, 응집처리의 효과를 확인할 수 있었다.

분급된 미세분을 응집처리하지 않고 선택적으로 고해된 섬유분에 배합하여 초지한 경우도 원지료를 고해했을 때보다 같은 강도에서 탈수시간이 10% 이상 단축되는 점으로 미루어 볼 때, 지료를 분급하여 고해하는 것만으로도 탈수성을 개선시킬 수 있음이 입증되었다.

#### 4. 결론

골판지 고지의 탈수성을 저해하는 미세분이 부상부유 처리의 리젝트로서 농축된 상태로 분리됨에 따라, 종래의 전체 지료에 대한 고분자 응집제 적용법과는 달리 미세분만에 대한 응집처리를 효과적으로 실시할 수 있었으며, 이를 통해 골판지 고지의 탈수성을 크게 개선시켰다. 특히 본 연구의 부상부유 리젝트분에 대한 응집처리 기술은 종래 응집제 적용법의 경우보다 고분자 응집제의 투입량을 줄임에 따라 그 처리 비용을 절감시키는 장점이 있다.

부상부유 처리로 미세분을 분리시킨 장섬유분은 이미 거듭된 재생처리로 각질화되어 섬유의 유연성이 저하된 상태이기 때문에, 그 유연성 회복을 위해 적절한 고해처리와 함께 탈수저항의 완화를 위해 미세분만에

대한 선택적인 응집처리를 적용함으로써 강도적 성질과 탈수속도 개선을 동시에 향상시킬 수 있었다.

#### 인용문헌

1. Ashely T. Mattoon, Michael Strauss, Lester R. Brown, The Environmental Trends That Are Shaping Our Future, Vital Signs (1998).
2. Bliss T., A Study Of Fibre Fractionation Using Centrifugal Cleaners, Pulp and Paper, 88 (1987).
3. Clark L. E. and Iannazzi F. D., Tappi, 57(11):59 (1974).
4. Pulp & Paper International, 39(7):65 (1997).
5. Ji, K.-R., Ryu, J.-Y., Shin, J.-H., Song, B.-K., and Ow, S. S.-K., Improvement of Drainage and Strength Properties of Testliner by Successive Treatments of Flotation and Mixed Enzyme, J. Kor. TAPPI, 31(1):10 (1999).
6. Yeo, S.-K., Ji, K.-R., Ryu, J.-Y., Shin, J.-H., Song, B.-K., and Seo, Y.-B., The Effect of Flotation Conditions on the Efficiency of KOCC Fractionation and Principles of Fines Fractionation, J. Korea TAPPI 32(4):18 (2000).
7. Yeo, S.-K., Ryu, J.-Y., Shin, J.-H., and Song, B.-K., Improvement of Fines Fractionation through Multi-Stage Froth-Flotation and Addition of Cationic Polyelectrolyte as a Fractionating Promoter for OCC Flotation, J. Korea TAPPI 32(4):27 (2000).
8. Yeo, S.-K., Ryu, J.-Y., Shin, J.-H., Song, B.-K., and Seo, Y.-B., Froth-Flotation Conditions for Enhancement of Fines Fractionation Selectivity and Efficiency, J. Korea TAPPI 33(1): 16(2001).