

시뮬레이션 기법을 이용한 다단계 스크리닝 공정의 최적화 연구

A simulation study on the optimization of multi-stage screening system

이 학 래¹⁾, 윤 혜 정¹⁾, 이 상 길¹⁾, 정 영 빈¹⁾, 송 영 신²⁾

서울대학교 산림과학부¹⁾, (주)고려제지²⁾

1. 서 론

고지를 사용하는 라이너지의 물성에 중요한 영향을 미치는 것 중 하나는 재생 섬유 지료 내에 포함되어 있는 이물질과 미해리분의 양이다. 이물질이나 미해리분이 지료에 포함되는 양을 줄이기 위한 스크리닝 공정에 대한 연구는 여러 방면으로 진행되어 왔으며 그에 따라 공정 상의 스크린 효율 또한 크게 증대되고 있다. 하지만 실험실 내에 행해진 직접적인 실험 결과에 의거한 스크리닝 공정 연구는 개개의 공정에 따라 스크린 효율이 달라지는 문제를 피하기 어렵다. 이는 실험실적인 한계로 표현되는 여러 조건들의 부적합성 때문이라고 볼 수 있다. 또한 스크린을 여러 단계로 배치하는 다단계 스크리닝 공정 방식의 경우에는 그 중 하나의 스크린만을 조절하여도 스크리닝 공정 내에서 다양한 기작이 일어나므로 공정의 최종 결과물에서 일어나는 변화에 대한 이유를 쉽게 알아내기 어렵다. 그와 같은 이유로 하나의 요인을 변화시킴으로써 공정 내 지료의 변화나, 더 나아가서 최종 생산되는 종이 성질의 변화를 예측하기는 쉽지 않으며 그러한 변화들을 알기 위해서는 각 요인의 변화에 대한 실험을 모두 시행하는 방안 외에는 별다른 수가 없으며 그와 같은 실험을 모두 시행하기 위해서는 막대한 시간과 노력이 들게 됨은 자명하다.

시뮬레이션 기법은 실제 공정을 조절함으로써 생기는 다양한 문제를 미리 파악할 수 있고 공정 효율 증대를 예측할 수 있다는 장점이 있다. 제지 분야에서도 공정의 현상 파악과 효율 증대를 위한 시뮬레이션 기법의 적용 분야는 넓어지고 있다. 본 연구에서는 재생섬유를 사용하는 골판지 원질 처리 공정을 시뮬레이션 기법을 이용하여 모델링하여 봄으로써 다단계 스크리닝 공정의 효율을 높이고 최종적으로는 스크리닝 공정의 최적화를 가져올 수 있는 방안을 창출하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 상용 시뮬레이터인 Pacific Simulation 사의 WinGEMS Ver. 5.0을 이용하여 스크리닝 공정을 모사하고 펄프 현탁액의 구성 물질 중 섬유, 미세분, 미해리분을 조절 요인으로 설정하였다. 공정은 삼단계 스크리닝 공정을 가정하였고, 저장조에 일정한 펄프 현탁액이 지속적으로 유입되며 첫 번째 스크린의 도입부 이전에 일정한 농도가 되도록 회석수가 첨가되는 것으로 설정하였다. 또한 첫 번째 스크린과 두 번째 스크린의 엑셉트분은 헤드 탱크로 유입되며, 세 번째 스크린의 엑셉트분은 첫 번째 스크린의 리젝트분과 만난 후, 두 번째 스크린의 도입부로 유입된다. 회석수의 농도는 0.1%이며 물 이외의 구성 물질은 모두 섬유인 것으로 가정하였다. 그 외 가정은 다음과 같다.

- 가정 1. 스크린 내 펄프 현탁액은 물, 섬유, 미세분, 미해리분으로 구성되어 있다.
- 가정 2. 스크린 부에서 펄프 현탁액의 온도는 변하지 않는다. 최초 온도는 40℃이다.
- 가정 3. 스크린의 형태는 슬롯 형태의 플레이트를 사용하는 파인 스크린을 가정하였으며 첫 번째 스크린의 슬롯 크기는 0.2 mm와 0.25 mm, 그 외 스크린의 슬롯 크기는 0.2 mm로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

이전 연구에서 미해리분의 함량에 따라 최종 생산되는 종이의 물성이 변하는 결과를 도출하였던 바 있으며 그에 기초하여 미해리분의 함량에 따른 종이 물성의 악화 정도를 예측하였다. 펄프 현탁액 내의 미해리분의 함량이 높아짐에 따라서 종이의 강도는 직선에 가까운 형태로 감소하게 된다.

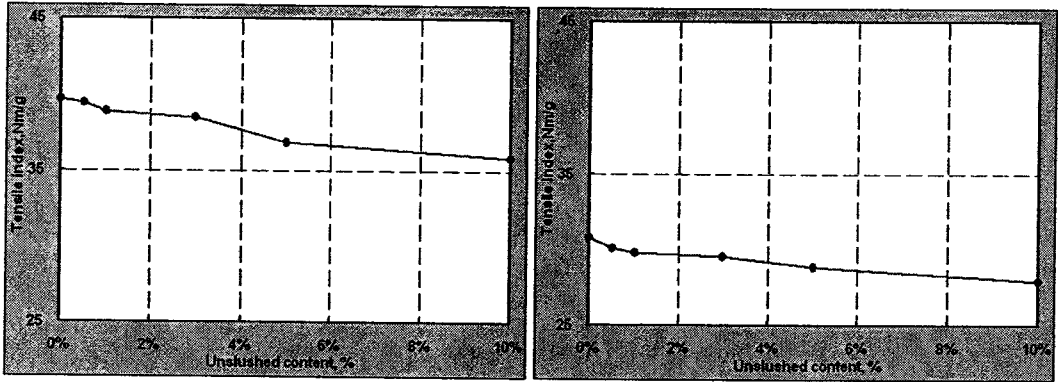


Fig. 1. Tensile strength of handsheet paper with increase of unslushed content.
(left : AOCC, right : KOCC)

시물레이션 결과 첫 번째 스크린의 슬롯 사이즈를 0.2 mm로 사용할 때는 0.25 mm를 사용할 때보다 정선 효율이 높지만 억셉트의 농도가 낮아지기 때문에 결과적으로 스크린부의 전반적인 처리량이 적어지고 그에 따라 공정 안정화도 보다 더디다는 것을 알 수 있다. 또한 섬유 제거율도 높아지게 된다.

스크린 도입부의 농도가 달라지면 처리할 수 있는 펄프 현탁액의 양에도 영향을 미친다. 농도가 높아지면 정선 효율은 떨어지지만 스크린 억셉트로 처리되어 헤드탱크를 통과하는 펄프 현탁액의 시간 대비 전건량이 늘어난다.

미해리분이 많은 AOCC는 정선 효율을 중요하게 생각할 필요가 있다. 이전의 연구에서도 볼 수 있듯이 종이 강도는 미해리분의 함량에 따라서 많은 영향을 받는데, AOCC는 미해리분의 제거 여지가 KOCC에 비해 많으므로 스크린 처리에 의한 종이의 강도 향상을 꾀할 여지가 KOCC에 비해 많다. 반면에 미해리분은 적지만 AOCC에 비해 국내 사용량이 많은 KOCC는 처리량과 속도를 보다 중요하게 생각할 필요가 있다. 그러므로 AOCC는 첫 번째 스크린 슬롯을 보다 작은 것으로 사용하는 것이 좋다.

사 사

본 연구는 산업자원부의 지원에 의해 수행되었음. 일부 BK21 핵심사업의 지원을 받았음.

인용문헌

1. 이학래, 윤혜정, 이상길, 안홍모, 정영빈, 라이너지 생산 공정의 이물질 처리효율과 분급이 종이 강도와 지합에 미치는 영향, 2005 한국펄프종이공학회 춘계학술논문발표회.
2. 이학래, 윤혜정, 함충현, 이상길, 지료조성분별 누적현상 파악을 위한 제지공정 시뮬레이션 모델 구축, 2004 한국펄프종이공학회 춘계학술논문발표회.
3. Leiviska, Kauko., Papermaking science and technology 14 - Process control, TAPPI PRESS.
4. Gary A. Smook, Handbook for pulp & paper technologist, Angus wilde publications Inc.
5. Sell, Nancy J., Process control fundamentals for the pulp and paper industry, TAPPI PRESS