

캘린더 처리에 의한 다층지의 Z-방향 구조 특성 변화

Effect of calendering on structural properties in z-direction of multiply paper

윤혜정 · 이학래 · 진성민 · 정현도

서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과

1. 서 론

근래 들어 소비자의 향상된 요구 수준에 부응하고 외국산 제품과의 경쟁에서 우위를 점하기 위해 대부분의 제지업체가 균일하고 표면성이 우수한 고품질의 제품 생산을 강력하게 요구받고 있다. 이를 위해 종이의 지합을 향상시키기 위한 노력이 끊임없이 요청되고 있으며, 이와 더불어 표면성을 개선시킬 수 있는 표면사이징, 코팅 및 캘린더링에 관하여 높은 관심을 가지고 관련 기술을 개발하고 있다. 이러한 움직임은 비단 인쇄 용지에 국한되는 것이 아니라 전 지종으로 확대되고 있다. 그 중 캘린더는 종이의 표면 거치름을 개선하고 광택을 향상시키는 등의 표면 특성을 향상시키고 두께를 균일하게 하여 종이의 구조적 성질을 변화시키는 설비로서 활용되고 있다. 이러한 캘린더링 효과는 캘린더 처리 시 온도와 습도에 따라 효과가 달라지며, 캘린더의 종류 및 처리 조건에 따라서도 종이에 미치는 영향이 상이하다. 일반적으로 온도와 압력이 높을수록 두께는 균일해지고 표면성은 개선되지만, 이러한 변화는 심각한 두께 감소를 야기하기 때문에 최근 섬유 사용량을 절감하고자 하는 방향에 어긋난 결과를 초래할 수 있다. 또한 종이를 구성하는 원료 특성에 따라 동일한 압력과 온도 조건에서 다른 표면 및 구조 특성을 나타내게 된다. 따라서 효과적인 캘린더 처리를 위해서는 원료와 생산 지종의 품질에 맞추어 압력 및 온도 등 처리 조건을 적절하게 조절해야만 할 것이다.

한 종류의 펄프로 이루어진 종이에 대한 캘린더의 관해서는 많은 연구가 있었지만, 종이 전체의 벌크 특성과 표면성에 초점을 맞춘 연구가 대부분이다. 종이가 캘린더 처리를 받을 때 두께방향에서의 압력 분포와 온도 분포가 상이하게 되며, 특히 온도 경사가 있는 캘린더의 경우에는 더욱 그러하다. 이러한 특성은 지층이 두꺼워질수록 또는 두께 방향으로 상이한 원료 조성을 가진 다층지에 적용될 때 동일한 압력이나 온도의 조건

이더라도 z-방향의 구조 특성과 그로 인한 표면 특성에는 차이가 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 캘린더 처리에 따른 종이의 z-방향 구조 특성에 대하여 분석하고, 이의 결과를 원료 조성이 상이한 다층지에 적용함으로써 원료별 캘린더 적성과 z-방향 구조 특성 변화와의 관계를 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 다양한 원료 조성을 가진 다층지를 제조하기 위하여 Hw-BKP, KOCC, BCTMP를 기본 원료로 사용하였으며, 각 펄프 지료의 여수도와 미세분 함량은 Table 1과 같다.

Table 1. Freeness and fines content of pulp stocks

	Hw-BKP	KOCC	BCTMP
Freeness (mL CSF)	460	300	494
Fines content (%)	16.5	31.5	23.3

2.2 실험방법

2.2.1 지료조성분 준비

CLSM을 이용하여 다층지의 Z-방향 구조를 파악하기 위해서 acridine orange 형광 염료를 이용하여 펄프 섬유를 염색시켰다. 단, KOCC의 경우는 자체형광물질이 존재하기 때문에 별도의 염색 처리는 실시하지 않았다.

2.2.2 수초지 제작

준비된 지료를 이용하여 3층지를 제작하였는데, 각 층의 평량은 표리층을 각각 50 g/m²으로, filler 층을 50 g/m² 및 100 g/m²로 조절하여 전체 평량이 150 g/m² 및 200 g/m²이 되도록 하였다. 각 층의 원료는 Hw-BKP, KOCC, BCTMP를 이용하여 다르게 구성하였다.

2.2.3 원지 캘린더링

원지의 캘린더링은 실험용 SNC(soft nip calender)와 HNC(hard nip calender)를 이용하여 실시하였으며, 온도 및 압력 조건을 달리하였다.

2.2.4 CLSM을 이용한 종이의 구조 분석

캘린더 처리 전, 후 항온항습 조건에서 조습처리 후 종이의 전체 두께를 측정하였고, 각 층의 두께 변화 측정을 위해 CLSM을 이용하여 종이의 단면을 촬영하고 화상분석을 하였다. 형광염료에 의해 녹색으로 염색된 부분과 자체형광에 의해 붉게 나타난 부분을 구분하여(Fig. 1) 각 층의 두께를 구하였다. 정확성과 재현성을 위해 한 시편당 30회 이상의 샘플의 이미지를 얻어 이로부터 분석을 실시하였다.

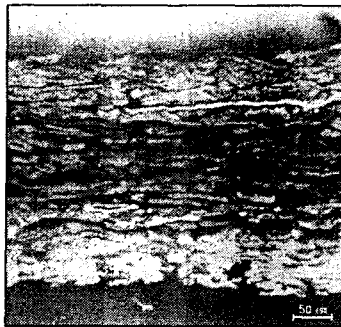


Fig. 1. CLSM image of 3-ply sheet.

3. 결과 및 고찰

3.1 단일 원료 다층지의 층별 두께 변화 평가

단일 원료로 구성된 종이의 z-방향 구조 분석을 실시하기 위해 동일 원료로 다층지를 제작한 후 캘린더 처리 후 두께 변화를 평가하였다. Hw-BKP로 제조된 종이의 SNC 처리 후 두께 변화가 Fig. 2에 제시되어 있다. Top층은 온도를 조절할 수 있는 하드롤과 접하게 하였으며, bottom층은 수지롤과 접촉되었다. 이 때 top층의 두께 변화가 가

장 심하고 내층인 filler 층의 구조 변화가 가장 적었으며, 수지롤과 접한 bottom 층의 두께 감소는 top 층에 비해 비교적 작았다. 이러한 차이는 온도가 높은 경우에 더욱 커졌다. 즉, 온도 경사가 클수록 top 층과 bottom 층의 두께 변화가 차이가 큼을 알 수 있었으며, 이는 온도가 영향하는 층의 깊이가 제한되어 있기 때문으로 생각되었다. KOCC와 BCTMP로 제조된 종이에 있어서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

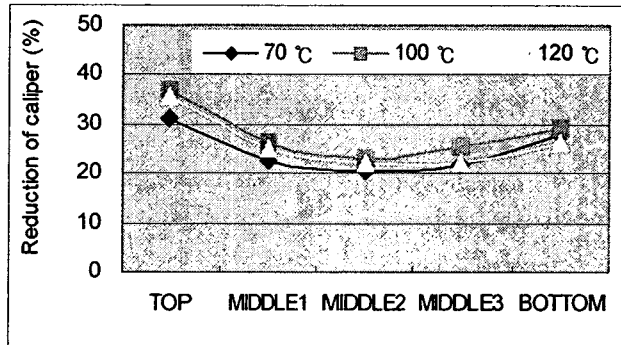


Fig. 2. Caliper reduction of each ply in 5-ply Hw-BKP sheet after SNC calendaring.

3.2 원료 구성과 캘린더 조건에 따른 구조 변화 평가

상용 다층지의 경우처럼 Hw-BKP가 표층의 원료로, KOCC가 filler층의 원료로 사용되었을 때 캘린더 조건에 따른 Z-방향의 층별 두께 변화를 Fig. 3에 도시하였다. 캘린더 온도 조건을 40°C로 고정한 채 압력을 달리하여 처리한 후 두께를 측정한 결과 단일 원료의 결과와 유사하게 top 층의 두께감소가 가장 컸지만, 층별 두께 변이에 있어서는 다소 다른 결과를 보여주었다 (Fig. 3-(a)). 즉, 단일 원료로 제조된 종이의 경우 원료에 관계없이 middle 층의 감소가 가장 적은 반면, KOCC가 중간 층에 사용된 Fig 3의 경우에는 bottom층과 유사한 수준으로 두께가 감소하였다. 이는 압력이 가해졌을 때 top 층에서의 두께 감소와 더불어 Hw-BKP에 비해 상당히 벌크한 구조를 가진 KOCC 층에 섬유간 공극이 낮은 압력에서도 쉽게 감소되어 나타나는 현상으로 판단되었다. 이러한 경향은 캘린더 압력이 클 때 더욱 두드러졌다. 또한 동일한 수준의 압력에서 고온의 조건에서 처리한 경우 Fig. 3의 (b)에 도시한 것처럼 steel 롤에서 전달되는 열이

filler 층이나 bottom 층에 충분히 전달되지 못하기 때문에 bottom 층의 구조 변화는 저온 조건과 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 다만 filler 층의 두께 감소가 증가한 것은 고온에 의해 top 층이 심하게 구조 변화를 일으키면서 이것이 filler 층까지 영향을 미친 것으로 생각되었다.

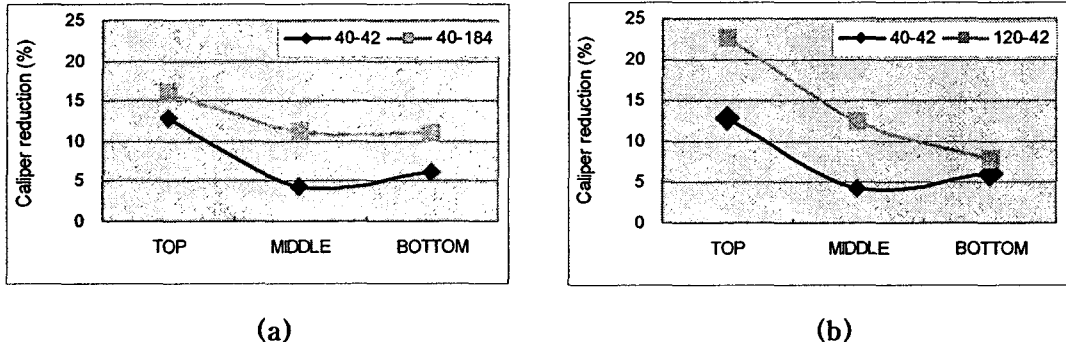


Fig. 3. Caliper reduction of soft nip calendered 3-ply sheet; Hw-BKP(top)+ KOCC(middle) + Hw-BKP (bottom).

4. 결 론

다층지의 구조 변화를 평가하는 데 있어 CLSM을 이용하여 Z-방향의 층별 구조를 분석할 수 있었다. 캘린더 처리 시 다층지 중 top 층의 두께 감소가 가장 심하였으며, 벌크한 구조를 형성하는 원료가 사용되었을 경우 그 층의 구조는 그렇지 않은 섬유에 비해 많은 변화를 보여주었다. 이러한 다층지의 구조 변화는 펄프 섬유 특성과 캘린더 조건에 따라 상이한 결과를 보여줌을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R04-2002-000-20133-0) 지원에 의해 수행되었음. 진성민 연구원은 두뇌한국 21 핵심 사업 지원을 받아 연구를 수행하였음.