

화상분석을 통한 종이의 두께 방향 밀도 변이 평가 및 불투명도와의 상관관계 해석

박선규 · 이 학 래

서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과

캘린더링은 지필의 표면을 평활하게 하고, 두께를 감소시켜 균일하게 하는 역할을 한다. 그러나 이는 필연적으로 불투명도와 같은 광학적 성질과 인장강도 등의 강도적 성질의 저하를 유발한다. 따라서 캘린더링 공정변수인 온도, 압력, 속도 등이 종이의 물성에 미치는 영향을 정확하게 파악하는 것은 캘린더링에 따라 발생할 수 있는 물성 저하를 최소화하기 위해 필수적으로 요청된다. 본 연구에서는 최근들어 저평량화에 대한 관심이 증가하면서 그 중요성이 더해지고 있는 불투명도가 캘린더링에 따라 변화되는 양상을 분석하기 위해서 화상분석 기법을 이용하여 종이의 두께방향 밀도 변이를 평가하고 밀도변이와 불투명도와의 상관관계를 해석코자 하였다. 또 캘린더링에 따른 불투명도를 저하를 최소화시키기 위한 캘린더링 조건을 모색하였다.

캘린더링에 의해 발생하는 종이의 두께 변형은 두께방향의 위치에 따라 다르게 나타난다. 이러한 종이의 두께 방향으로 발생하는 밀도 변이와 이에 따른 불투명도 변화를 평가하기 위하여 동일한 평량의 종이를 캘린더링 조건을 달리하여 두께방향 밀도변이가 다른 시편을 준비하고 두께 방향 단면을 SEM으로 촬영하였다. 이후 화상분석기를 통해 단면을 이치화하고, 각 픽셀의 흑백 값을 구해 CD방향으로 평균을 내어 두께 방향에 대한 밀도 변이를 평가하였다. 그 결과 압력보다는 온도를 높여 캘린더링한 경우 종이의 두께 방향 밀도 경사가 커진다는 사실을 확인할 수 있었다. 이는 고온에 의해 표층이 고밀화되고 상대적으로 내부가 벌크해졌기 때문이다. 이러한 밀도 변이가 종이의 광학적 성질인 불투명도에 미치는 영향을 구명하기 위해서 캘린더링 전후에 두께 및 불투명도를 측정하여 5% 유의수준에서 회귀분석을 실시하였다.

밀도경사를 지닌 종이의 불투명도를 이론적으로 해석하기 위해 다층 모델을 가정하고 각 층의 비광산관계수(s)와 비광흡수계수(k)를 달리 부여하고 Kubelka-Munk 이론을 근거로 하여 이론적 불투명도를 계산하였다. 불투명도에 대한 분석을 통해 동일한 두께 변형을 가지는 샘플에 대해서 압력보다는 온도를 증가시켜 두께를 감소시키는 캘린더링 처리가 불투명도의 저하를 최소화한다는 것을 확인하였다.