

선응집 기술을 적용한 충전물의 크기에 따른 수초지의 물성 평가

이학래 · 서동일*

서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

1. 서 론

선응집 기술을 적용했을 때 얻어지는 효과로는 보류도를 높여 충전물 함량을 늘리면서도, 충전물 함량 증가에 따라 나타나는 강도 감소 현상을 줄이는 등의 이점이 알려져 있다.¹⁾ 이는 충전물이 응집되면서 크기가 커질수록 종이 내 충전물의 비표면적이 줄어들어 상대적으로 섬유간 결합을 적게 감소시키기 때문인 것으로 알려져 있다.²⁾ 그러나 선응집 기술에 이용되는 충전물 응집체의 크기가 어느 수준을 넘어 커지게 되면, 지합, 평활도, 표면특성, 인쇄특성 등에 악영향을 미칠 것으로 예상되며, 경우에 따라 종이 내의 충전물 선응집체가 육안으로 식별 가능할 정도가 되기도 한다.

본 연구는 선응집 기술을 적용한 종이의 제작에 적합할 것으로 판단되는 선응집체의 크기 및 범위를 설정하기 위해 수행되었다. 또한, 충전물의 투입량을 늘려가며 선응집 기술을 적용한 수초지의 물성 변화를 관찰하는 것도 목적이다. 수초에 사용된 충전물은 1.5 μm 의 평균 입도를 갖는 일반 GCC를 포함하여, 평균 응집체 크기가 각각 20.7, 47.1, 74.5 μm 의 GCC 선응집체를 사용하였다. 충전물의 투입량은 20, 30, 40, 50, 60%가 되도록 하였다. 선응집체는 제지용 양성 고분자 중 분자량이 큰 축에 속하는 보류제인 C-PAM이 사용되었다. 온전히 선응집 기술이 종이 물성에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 일반 GCC가 충전된 수초지와 선응집된 GCC가 충전된 수초지에 투입되는 고분자의 총량을 동등하게 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

공시 펄프는 활엽수 표백 크라프트 펄프(Hw-BKP)이며, 실험실 고해기로 450 mL CSF 내외의 값을 갖도록 고해하여 사용하였다. 충전물은 GCC 75F를 50%로 희석하여

사용하였다. C-PAM은 보류용 C-PAM인 Percol 63을 0.034%로 희석하여 사용하였다. Table 1.에 Percol 63의 특성을 나타내었다.

Table 1. The characteristics of C-PAM used in this study.

	점도, cPs (0.5%, 60rpm)	전하밀도, meq/g	비고
보류용 C-PAM	327	0.47	선형

2.2 실험 방법

2.2.1 선응집체의 형성 및 입도 측정

용액 내에서 응집체의 크기를 변화시키는 요인에는 여러 가지가 있지만, 본 실험에서는 교반기의 rpm 만을 달리하여 응집체의 크기에 변화를 주었다.³⁾ 선응집체 형성에 사용되는 C-PAM을 전건 GCC 대비 0.03% 투입하여, 직경 80mm 배플 용기에서 1분 간 1000, 1250, 2000 rpm으로 교반하였다. 응집체의 입도는 Malvern 사의 mastersizer 2000을 이용하여 측정되었다.

2.2.2 선응집 기술을 적용한 수초지 제작

수초지는 평량 80 g/m²으로 사각 수초기를 이용하여 제작하였다. 충전물(일반 GCC 혹은 선응집된 GCC)의 투입량은 전건 섬유 대비 20, 30, 40, 50, 60%로 설정하였다.

2.2.3 물리적 특성 평가

수초지의 지합은 TECHPAP을 이용하여 측정되었고, 육안으로 식별가능한 선응집체의 크기는 EPMA 이미지 분석을 통해 측정되었다. 두께, 인장강도, TEA, 백색도, whiteness는 TAPPI Test Method T411 om-97, T494 om-96, T452 om-98에 의거하여 측정되었다.

2.2.4 회분 함량 측정

회분 함량은 TAPPI Test Method T211 om-93(525℃, 9시간)에 의거하여 측정되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 입도

수초지를 제작하는 데 투입되는 충전물의 입도 분포는 Fig. 1.과 같다. GCC 75F의 평균 입도는 $1.5 \mu\text{m}$ 였고, 선응집된 GCC는 1000, 1250, 2000 rpm으로 교반된 각각의 경우에 74.5, 47.1, $20.7 \mu\text{m}$ 의 값을 나타내었다. Table 2. 를 통하여 모든 선응집된 충전물에는 부피 평균입도의 대략 2~3배에 달하는 거대한 입자들도 포함되어 있음을 알 수 있다.

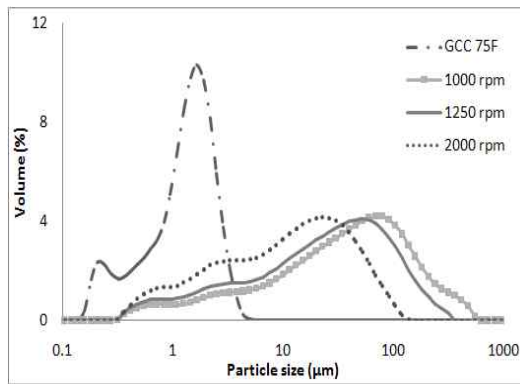


Fig. 1. The particle size distribution of fillers.

Table 2. The particle size of fillers.

(Unit: μm)

	D [4, 3]	d (0.1)	d (0.5)	d (0.9)
GCC 75F	1.5	0.4	1.5	2.7
1000 rpm	74.5	2.8	41.9	185.3
1250 rpm	47.1	1.9	27.4	118.6
2000 rpm	20.7	1.3	12.5	52.7

3.2 물리적 성질

3.2.1 지합

충전물의 크기가 클수록, 충전물의 함량이 증가할수록 L.T 값이 상승하는 결과를 보였다. Fig. 2.에 나타나있듯이 충전물의 크기가 지합에 미치는 영향을 뚜렷하게 관찰

할 수 있었다. 선응집된 GCC가 충전된 수초지는 충전물 함량이 가장 적을 때에도 GCC 75F를 충전한 모든 수초지보다 L.T값이 높게 나타났다.

Figs.3, 4는 1000 rpm에서 제작된 선응집체가 충전된 수초지의 TECHPAP 이미지와 EPMA를 통한 칼슘 분포를 나타낸 것이다. 그런데 Fig. 3.에서처럼 100 μm 이상의 응집체를 갖는 수초지에서는 충전물 덩어리가 눈에 보이는 현상이 발생하였다. 육안으로 구별되는 응집체는 TECHPAP 이미지 상에서는 어두운 점으로 표현되었고, EPMA 이미지에서는 붉게 표시 되었다. 111 μm 이상의 입자들이 눈으로 식별이 가능한 응집체인 것으로 보였다. Fig. 5.는 SEM을 통해 살펴 본 거대한 응집체의 모습이다. 선응집 기술을 적용하여 종이를 제작할 때에 충전물의 크기는 대략 100 μm 이하로 반드시 조절되어야 할 것으로 판단된다.

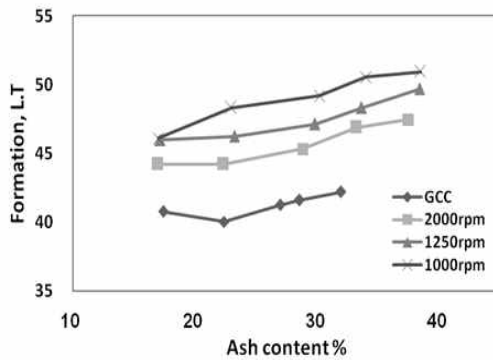


Fig. 2. Formation of handsheets.

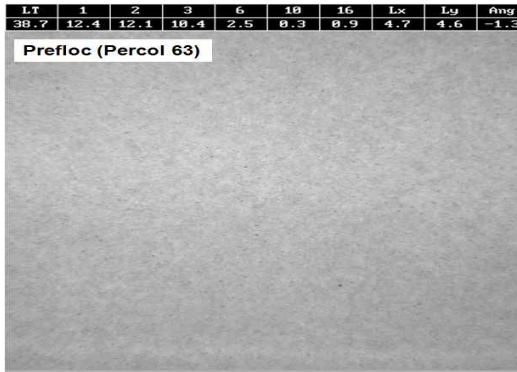


Fig.3. TECHPAP image (1000 rpm).

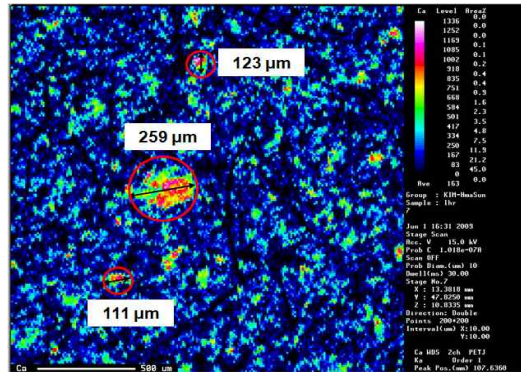


Fig.4. EPMA image (1000 rpm).

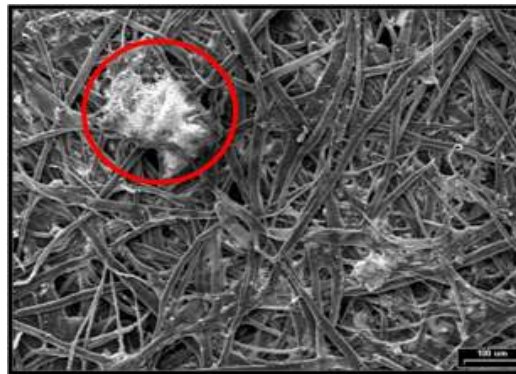


Fig. 5. SEM image (1000 rpm).

3.2.2 두께와 벌크

수초지의 두께와 벌크는 충전된 GCC의 크기와는 거의 상관없이 종이를 구성하고 있는 섬유 양과 비례하는 결과를 나타내었다.

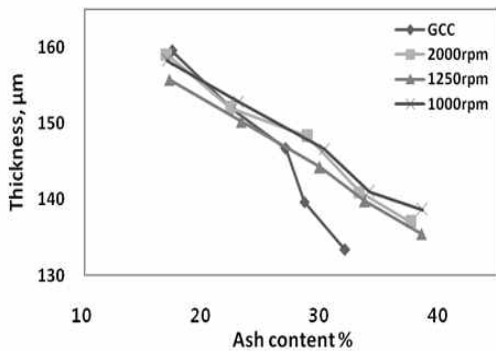


Fig. 6. Thickness of handsheets.

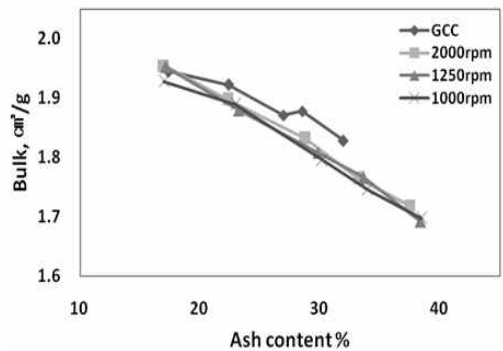


Fig. 7. Bulk of handsheets.

3.2.3 인장강도

선응집 기술이 적용된 수초지는 같은 충전물 함량에서 15% 내외의 강도 향상 효과를 보였다. C-PAM으로 선응집된 GCC가 충전된 수초지는 응집되지 않은 GCC가 충전된 수초지 대비 충전물 함량이 최대 30% 많은 지점에서 같은 인장강도 값을 나타내었다. 선응집 기술을 적용한 수초지에 충전물 함량이 늘어나더라도 일반 GCC가 충전된 수초지와 비교해 인장강도가 급격하게 감소하는 지점을 보이지는 않았다.

충전물 응집체의 크기가 커질수록 인장강도가 증가할 것이라는 예상과는 다르게, 본 실험에 사용된 충전물의 범위 내에서는 충전물의 크기에 따른 인장강도 값의 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

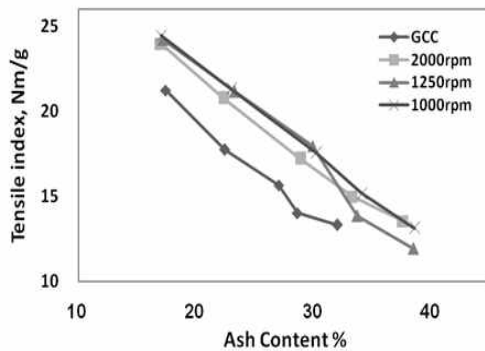


Fig. 8. The tensile index of handsheets.

3.2.4 광학적 성질

선응집 기술을 적용했을 때, whiteness와 brightness 모두 일반 GCC를 충전했을 때보다 저하되는 경향을 나타내었다. 충전물 함량이 같을 때, 선응집된 GCC가 충전된 수초지는 whiteness, brightness 모두 2% 내외의 감소를 보였다. 이는 충전물의 응집에 의해 기존 GCC에 비해 상대적으로 지면에 덜 고르게 분포되었기 때문으로 보인다. 그러나 충전물 함량이 늘수록 whiteness, brightness 값 모두가 상승하는 결과를 보여, 선응집 기술을 적용하여 충전물 함량을 늘린다면 광학적 성질의 하락을 보완할 수 있음을 알 수 있었다.

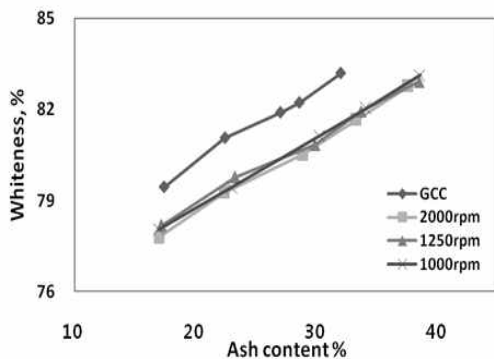


Fig. 9. Whiteness of handsheets.

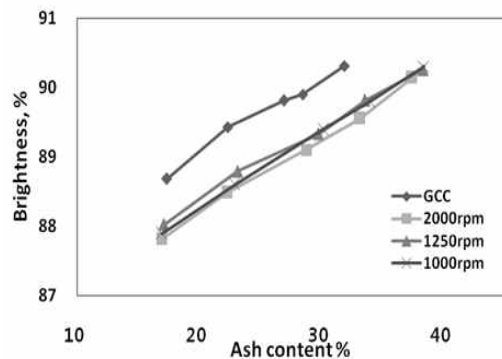


Fig. 10. Brightness of handsheets.

4. 결 론

지합은 선응집체의 평균 입도가 커질수록, 충전물 투입이 늘어날수록 높은 L.T값을 나타냈다. 일반 GCC가 충전된 수초지의 L.T 값은 40 내외인 반면, 선응집된 GCC가 충전된 수초지의 L.T 값은 45~50으로 지합이 10~20% 가량 악화되는 결과를 보였으며, 충전물의 크기가 커질수록 그 정도가 심해지는 것으로 나타났다. 또한, 선응집 기술을 적용하여 종이를 제작할 때에 크기가 100 μm 를 넘는 응집체의 형성을 막는 것이 중요하다고 판단된다.

Whiteness와 brightness도 선응집 기술을 적용한 수초지의 경우에 일반 수초지에 비해 약 2%가량 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 각기 다른 평균입도를 갖는 선응집된 충전물 사이에서 그 결과를 비교했을 때, 크기에 따른 whiteness와 brightness의 차이

를 발견할 수 없었다.

반면, 보류용 C-PAM을 이용한 선응집 기술을 적용한 수초지는 같은 충전물 함량을 갖는 일반 수초지와 비교해서 평균 15%의 인장강도 향상효과를 나타내었다. 그러나 whiteness나 brightness의 경우와 마찬가지로, 본 실험에 사용된 GCC의 크기 범위 내에서는 충전물의 크기 차이에 따른 인장강도의 변화는 나타나지 않았다.

보류용 C-PAM을 이용해 선응집 기술을 적용한 종이를 제작하는데 있어서, 응집체의 크기가 인장강도와 whiteness, brightness에 뚜렷한 영향을 끼치는 것이 아니므로 종이의 지합 및 표면 특성을 좋게 하기 위해서 되도록 작은 크기의 선응집체를 만드는 것이 유리할 것으로 생각된다.

5. 사 사

본 연구는 두뇌한국 21 사업(선응집 기술을 이용한 고충전지 기술개발)의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구에 도움을 주신 무림페이퍼에 감사드립니다.

6. 인용문헌

1. 이경호, 선응집된 충전물의 크기와 분포가 종이의 물성에 미치는 영향, 서울대학교 대학원, 2005.
2. Kaarlo Niskanen, Paper physics, 16, Finnish Paper Engineers' Association, Finland, 1998.
3. Spicer, The effect of impeller type on floc size and structure during shear-induced flocculation, Journal of Colloid and Interface Science, v.184, p.112-22, 1996.