

고분자 전해질 처리에 따른 BKP의 탈수특성 변화

성 용 주 · 이 학 래†

The Effect of Polyelectrolytes on the Drainage Properties of BKP

Yong Joo Sung and Hak Lae Lee†

ABSTRACT

Drainage phenomena on the conventional fourdrinier table can be divided into two distinct zones based on the drainage mechanisms involved. In the forming zone, natural drainage is the principal water removal mechanism, while in the vacuum zone vacuum dewatering displaces water in the wet sheet with air.

In this study to investigate the influence of polyelectrolyte addition on natural and vacuum dewatering a vacuum drainage tester was developed and used.

Addition of PAM decreased the dryness of the wet sheet after vacuum dewatering since substantial reduction in vacuum level occurred due to flocculation of fibers. Addition of PAM, however, increased the wet web dryness when the fines content of the stock is greater than 35% indicating the presence of fines reduced the air permeability of the wet web to increase its response to vacuum dewatering. On the other hand, PEI, which flocculates the fibers and fines via patch formation, showed little impact on the drainage characteristics of the stocks.

1. 서론

초지 공정은 펄프 및 기타 조성분으로 구성된 저농도 지료로부터 탈수과정을 통하여 다량의 물을 제거함으로써 지필을 형성하고, 압착 및 건조 과정을 통하여 잔류하고 있는 여분의 물을 지필로부터 압출, 증발시킴으로써 지료 조성분을 서로 결합시켜 종이를 생산하는 공정이다. 만약 캘린더가 가열 상태로 운전된다면 캘린더링 공정에서도 수분의 제거가 발생한다. 즉 와이어에서 건조부에 이르는 초지공정은 일련의 물을 제거하는 과정으

로 구성되어 있다고 할 수 있다. 하지만 아직까지도 초지공정에서의 탈수 현상은 명확히 구명되지 못한 부분이 많은 실정이며, 지속적인 초지설비와 탈수촉진제의 개발에 의해 탈수과정에 대한 미지의 부분은 계속적으로 나타나고 있다.

탈수과정은 원료조성, 초지설비의 종류와 공정 구성, 화학첨가제의 사용 여부 등 매우 다양한 인자에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 어떤 주어진 설비를 이용하여 목표 품질의 종이를 생산하고자 할 경우 초지설비, 운전조건, 펄프 원료, 고해조건 등은 쉽게 변화시키기 어렵기 때문에 초지기에서의 탈수성을 조절하기 위해서 각종 탈수촉진

• 서울대학교 임산공학과 (Department of Forest Products, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea).
† 주 저자 (corresponding author): e-mail: lhakl@plaza.snu.ac.kr

제가 사용되고 있다. 하지만 이들의 작용 원리 및 효과에 대한 체계적인 분석은 매우 미흡한 실정이다. 이는 탈수촉진제로 사용되는 물질의 대부분이 보류제로서의 효과를 나타내므로 보류도 향상 측면에서 연구가 집중되어 온 때문이라 생각된다. 하지만 제지공정 자체가 일련의 탈수 과정이라는 것을 생각하면 앞으로는 탈수에 관한 연구도 더욱 중요시되어야 할 것이다.

특히 최근들어 고지의 사용량이 증대되고 있고, 단섬유를 많이 함유하고 있는 활엽수 펄프 사용이 증대되고 있으며, 용수절감을 위한 초지공정 폐쇄화가 일반화되고 있어 초지계 내의 미세분 함량이 크게 높아지고 있기 때문에 탈수가 점차 어려워지고 있는 실정이다.¹⁾ 아울러 초지생산성과 직결된 초지속도의 향상을 위해서는 탈수촉진이 필수적임은 부인할 수 없다. 또 만약 우리가 지합 개선이라는 목표를 달성하기 위해서 헤드박스의 농도를 낮추고자 한다면 탈수관 더욱 중요한 위치를 차지할 수밖에 없을 것이다.

일반적으로 탈수촉진제의 효과는 자연탈수와 진공탈수의 두 단계에 서로 다르게 나타난다고 알려져 있다. 예를 들어 Britt²⁾와 Wergner 등³⁾의 연구결과에 의하면 고분자첨가제를 사용할 경우 자연탈수속도와 보류도를 증가시킬 수는 있지만 진공탈수 후 지필 건조도는 감소된다. 이는 주로 와이어상에서 발생하는 자연탈수는 주로 지료 성분의 특성에 영향을 받지만 진공탈수성은 주로 습지의 구조에 영향을 받기 때문이다.

본 연구에서는 탈수촉진제로 널리 사용되고 있는 양이온성 폴리아크릴아미드와 폴리에틸렌아민(PEI)의 첨가가 와이어 상의 자연탈수와 진공탈수에 미치는 영향을 구체적으로 알아보고자 VDT(vacuum drainage tester)를 이용하여 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

본 연구에서는 활엽수 표백 크라프트펄프(Hw-BKP)를 공시펄프로 사용하였다. 먼저 활엽수 표백 크라프트펄프를 실험실용 Valley beater를 사용하여 TAPPI 표준시험법 T 200 om-85에 따라 10, 20, 30, 40분간 교해하였다. 이와는 별도로 동일한 펄프를 가지고 CSF 여수도가

375 mL와 270 mL가 되도록 교해한 지료-A와 지료-B를 준비하였다. 지료-A의 미세분 함량은 25.28%였고, 지료-B의 미세분 함량은 28.12%였다(Table 1). 또한 교해된 펄프를 200 mesh 스크린을 사용하여 미세섬유를 제거시킨 장섬유분 펄프를 준비하였다.

Table 1. Fines fraction and CSF of the stocks

Beating time (min.)	Fines fraction (%)	CSF (mL)
10	19.75	607
20	23.78	450
30	30.38	264
40	34.62	145
Stock-A	25.28	375
Stock-B	28.12	270

탈수촉진제로는 분자량이 5-7백만, 전하밀도 9%인 양이온성 폴리아크릴 아미드 분산액(C-PAM)과 분자량 약 1백만, 전하밀도 7 meq/g 인 양이온성 폴리에틸렌아민(PEI)을 사용하였다.

2.2 방법

2.2.1 자연탈수성 측정

자연탈수성은 농도 0.471%인 지료 200 g을 DDJ에 넣고 15초간 800 rpm으로 교반한 다음 탈수시키기 시작한 순간부터 DDJ의 스크린 위에 형성된 습지상에 수절점(dry line)이 관찰될 때까지의 시간으로 평가하였다. 이때 DDJ 스크린으로는 100메쉬 와이어를 사용하였다. 탈수성을 평가하기 위한 지필의 표준 평량은 120 g/m²으로 일정하게 유지하였다.

2.2.2 진공탈수성 측정

진공탈수도는 본 연구를 위하여 제작한 진공탈수도 측정기(VDT : vacuum drainage tester)를 사용하여 측정하였다(Fig. 1).

본 연구에서는 진공탈수도를 측정하기 위한 표준 진공탈수도 측정방법으로 다음 방법을 활용하였다. 먼저 농도 0.471%인 지료 200 g을 DDJ

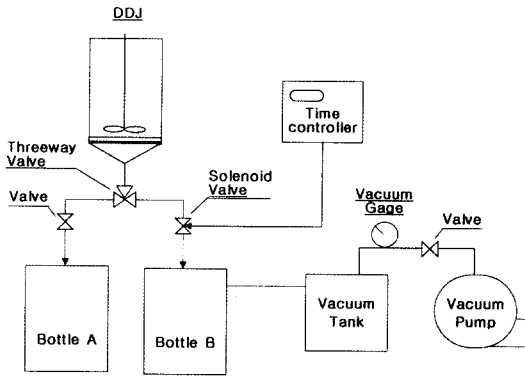


Fig. 1. Schematic diagram of the vacuum drainage tester.

에 넣고 15초간 800 rpm으로 교반한 후 자연탈수를 행하여 자연탈수된 물은 탈수병 A에 포집하였다. 자연탈수에 의해 수절점이 관찰되었을 때 삼방향 밸브를 사용하여 자연탈수를 중단시키고 진공탈수하였다. 진공탈수는 진공펌프를 사용하여 약 3 L의 진공박스에 20, 30, 40, 50 cm Hg의 진공을 건 후 solenoid valve를 1초간 열어 각 진공도에서 1초 동안 탈수되도록 하였다. 각 진공도에서 진공탈수된 물은 진공탈수병 B에 포집하여 탈수량을 측정하였다. 또한 각 진공탈수 단계마다 지필을 통하여 유입된 공기에 의해 발생하는 진공도 저하(vacuum release)를 진공 게이지로 측정하였다. 총 4초간의 진공탈수가 끝난 직후 스크린 위에 형성된 습지필의 무게와 건건무게를 측정하여 진공탈수 후 습지의 건조도를 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 자연탈수특성

Fig. 2는 PAM과 PEI의 첨가수준에 따른 지료-B의 자연탈수시간 변화를 보여 주고 있다. 고분자 전해질은 지료 미세분과 장섬유의 응집을 유도하여 습지 내 공극을 크게 함으로써 자연 탈수성을 개선시키는 효과를 나타낸다. Fig. 2의 결과를 보면 저분자량의 PEI보다는 고분자량의 PAM의 탈수성 개선효과가 높음을 알 수 있다. 이는 고분자량의 PAM의 경우 미세분의 응집뿐만

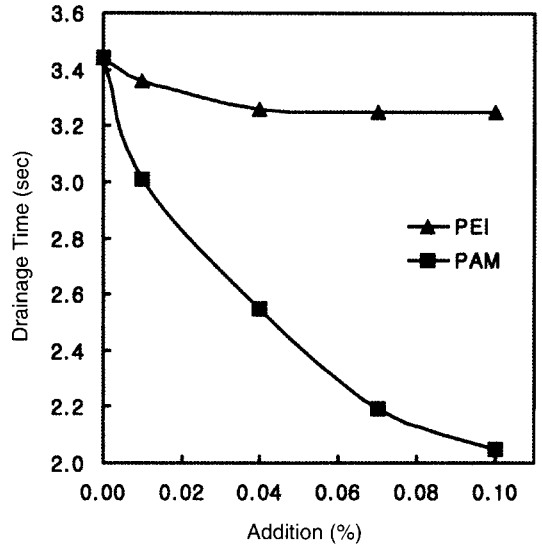


Fig. 2. Effect of retention aid on drainage time.

아니라 장섬유 상호간의 응집을 유도하여 큰 직경의 공극을 형성시킴으로써 지필 내에 물이 쉽게 통과 할 수 있도록 하였기 때문으로 해석된다.⁴⁾

3.2 진공탈수특성

Fig. 3에는 지료-B의 진공탈수 시 적용된 진공도와 탈수량과의 관계를 나타내었다. 여기에서 series 1은 우선 스크린 위에 수절점이 형성된 후, 기본 진공탈수 단계로 20, 30, 40cm Hg의 진공도에서 1초 씩 총 3초간 진공탈수를 시킨 다음, 추가로 20, 30, 40, 50, 60cm Hg의 진공도에서 1초간 더 탈수시킬 경우 추가로 적용된 진공탈수 시 제거된 누적 탈수량을 의미한다. Series 2와 series 3은 각각 기본 진공 탈수 단계로 진공도 20, 30, 40, 50cm Hg와 진공도 20, 30, 40, 50, 60 cm Hg를 적용한 다음 추가로 20~60 cm Hg로 진공탈수한 경우의 누적 탈수량을 의미한다. 즉, series 2의 경우에는 4초, series 3의 경우에는 5초 동안의 기본 진공탈수를 행한 후 series 1에서와 같이 추가 탈수된 누적량을 측정된 것이다.

각 series별 탈수량을 비교해 볼 때 기본 탈수 단계를 적게 적용한 경우, 즉 지필의 함수율이 높은 경우 누적탈수량이 증가하였다. 또, 진공탈수

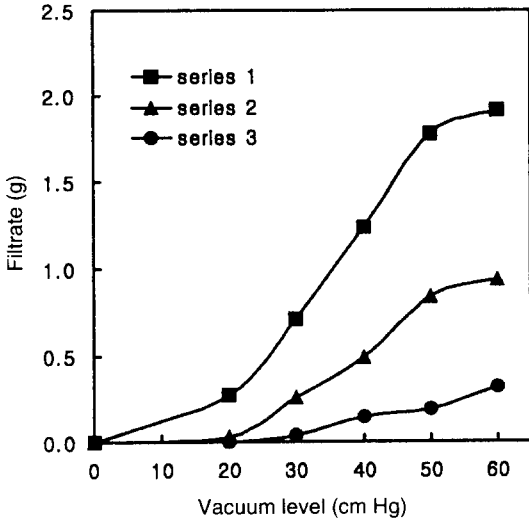


Fig. 3. Effect of vacuum level on the amount of filtrate.

단계가 거듭되면서 탈수량은 현저히 감소하였는데, 이러한 경향으로 볼 때 진공탈수에 의한 탈수는 그 한계점이 존재할 것으로 생각되었다.

자료-B에 PAM과 PEI를 첨가했을 경우 진공탈수된 습지의 건조도 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 여기에서 볼 수 있듯이 저분자량 PEI를 첨가한 경우 습지의 건조도는 그다지 크게 변화되지 않았지만 고분자량 PAM을 투입한 경우는 첨가량이 증가함에 따라 건조도가 급격히 감소하였다.

PAM은 미세섬유와 장섬유의 응집을 유도할 뿐만 아니라 장섬유와 장섬유간의 응집도 발생시켜 거대한 응집체를 형성시키는 특징이 있다.⁴⁾ 이러한 PAM의 거대 응집체 형성경향은 지합을 악화시키며 수절점에서 습지가 더욱 bulky한 성질을 갖게 한다. 이는 누적 탈수량을 도시한 Fig. 5에서도 확인할 수 있다. 특히 PAM 첨가량이 0.04%에서 0.07%로 증가할 경우 습지의 건조도가 가장 급격히 변화되었다. 이는 이 범위의 PAM 첨가량에서 장섬유간의 응집이 크게 발생하기 때문으로 판단된다.

Fig. 4와 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 PEI의 첨가량에 따라 누적탈수량, 진공도 저하 및 습지 건조도는 크게 변화되지 않았다. 이는 저분자량의 PEI의 경우는 PAM과는 달리 패치기작에 의해 응집을 일으키기 때문인 것을 생각된다.

Fig. 7에는 각 고해도 별로 0.01%의 PAM

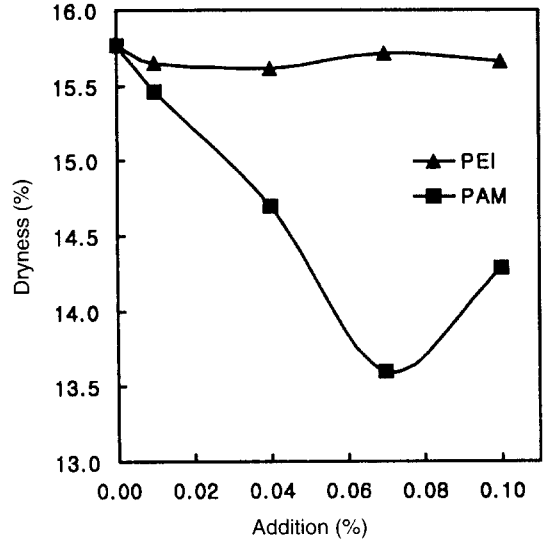


Fig. 4. Effect of retention aids on dryness after vacuum dewatering.

첨가가 진공탈수 후 습지의 건조도에 미치는 영향을 살펴보았다. 여기에서 보는 바와 같이 PAM 첨가에 의한 응집작용에 의해 습지 내 공극성이 증가하여 습지의 건조도는 고해시간 30분 이하의 경우에서 무첨가 자료보다 낮게 나타났다. 하지만 고해시간 40분의 경우 무첨가 자료의 건조도는 감소한 반면 PAM 첨가 자료의 경우 건조도는 증가하였다.

Fig. 7에서 본 바와 같이 미세분 함량이 극히 높은 경우 탈수특성은 특이한 거동을 보였다. 이러한 고 미세분 함량의 자료에서의 진공탈수 적성을 좀 더 명확히 구명하고, 실제 진공탈수 후의 건조도 저하를 극복하기 위한 한 방법으로 자료-A에서 200메쉬를 사용하여 분리한 미세분을 자료-A에 첨가하여 미세분의 함량을 변화시킨 자료에 PAM을 첨가하여 진공탈수 적성을 평가하고, 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 여기에서 보는 바와 같이 PAM 첨가에 따른 진공 탈수된 습지의 건조도 변화는 자료의 미세분 함량에 따라 다르게 나타났다.

미세분 함량이 25.28%와 30%인 경우에는 PAM 첨가량이 증가할수록 습지의 건조도는 감소하였다. 미세분 함량 35%인 경우에는 소량의 PAM을 첨가하면 지필의 건조도가 다소 향상하다가 그 이상의 첨가 시 약간 감소하였다. 이러한 건조도 변화는 40분 고해된 자료에 PAM을 소량

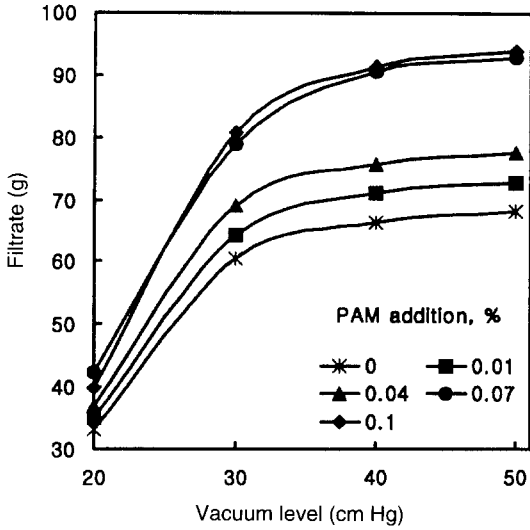


Fig. 5. Effect of PAM on filtrate.

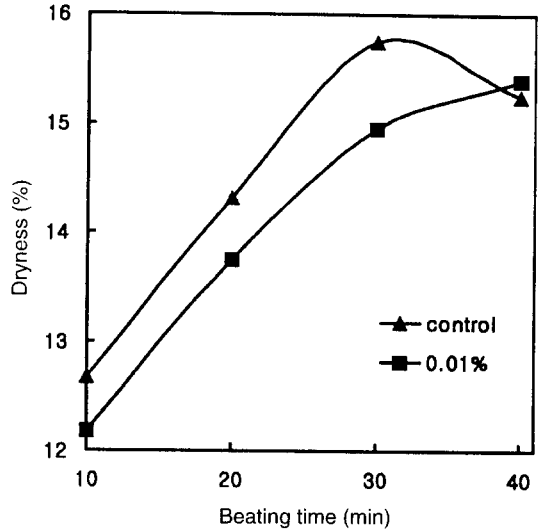


Fig. 7. Effect of PAM and beating time on dryness after vacuum dewatering.

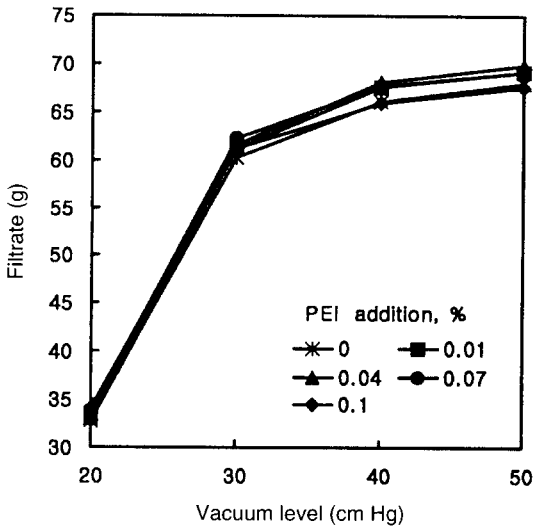


Fig. 6. Effect of PEI on filtrate.

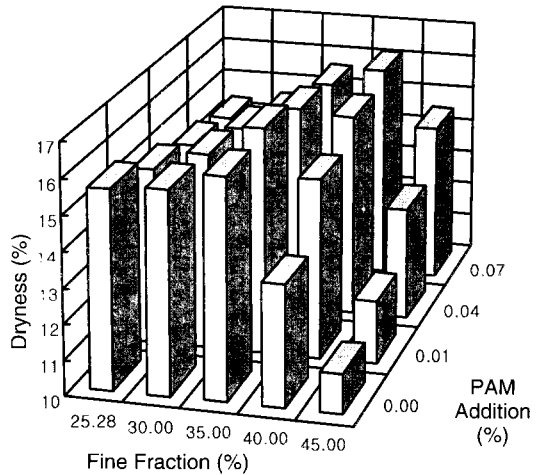


Fig. 8. Effect of PAM addition and fines fraction on dryness after vacuum dewatering.

첨가한 Fig. 7의 결과와 유사하였다. 40분간 고해된 지료의 미세분 함량이 34.62%였으므로 지료의 단섬유화나 피브릴 정도에 따라 다소 차이가 있겠지만, 미세분 함량이 35% 정도에서 고분자 첨가에 의한 BKP의 진공 탈수성이 달라진다는 것을 알 수 있다.

미세분 함량이 35% 이상인 경우 PAM을 첨가하지 않은 지료의 건조도가 급속하게 저하하였으나 PAM의 첨가를 통해 상당히 극복할 수 있었

다. 이는 PAM 첨가를 통하여 고 미세분 지료에서의 진공탈수도 향상을 기할 수 있음을 보여주고 있다.

4. 결론

지료특성 변화가 자연탈수와 진공탈수성에 미치

는 영향을 알아보기 위해 활엽수 BKP를 사용하여 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 지료의 미세분 함량에 따라 PAM에 의한 진공탈수도의 변화는 다르게 나타났다. 미세분 함량이 35% 이하인 경우에는 PAM의 첨가에 의해 진공탈수도는 감소하였지만 그 이상의 미세분 함량에서는 오히려 진공탈수도가 증가하였다.

2. 지료상의 변화에 의한 탈수특성 변화는 지층 형성부와 진공탈수부에서 각각 다르게 발생하였다. 특히, 미세분의 함량이 각 탈수특성 변화에 상당히 큰 영향을 미쳤으며, 특히 미세분 함량이 높은 지료의 경우 PAM을 첨가함으로써 진공탈수도 저하를 방지할 수 있었다.

인용문헌

1. Sung, Y.J., and Lee, H.L., J. Korea TAPPI 31(1):52 (1999).
2. Britt, K. W., Tappi 63(4):67 (1980).
3. Wegner, T. H., Tringer, A. M., and Chandrasekaran, S., Tappi J., 67(4): 124 (1984).
4. Tarvin, R. F., and Westwood, R. L., 1982 Papermakers Conference Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, p. 243.