

고해하중 변화에 의한 섬유 flocc 특성 및 탈수 변화

장현성 · 박종문 · 이진호 · 윤두훈 · 민경은

충북대학교 임산공학과

1. 서론

고해의 효과 중 고해의 진정한 목적은 펄프섬유의 절단보다는 피브릴화를 극대화 시키는데 있다. 고해하중이 낮아짐에 따라 섬유가 받는 하중이 낮아지므로 섬유장이 보호되면서 피브릴화가 많이 진행되어 종이의 강도를 향상시킨다. 그러나 고해하중이 작아지면 고해시간이 오래 소요되는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 2단고해를 도입하였다. 2단고해의 경우 종이의 구조적 특성은 고해하중 5.6 kg과 유사한 결과를 얻을 수 있었고 강도는 고해하중 5.6 kg 보다 우수한 결과를 나타냈다. 본 실험에서는 고해하중에 따른 탈수성과 탈수에 영향을 미치는 인자를 분석하였다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 실험 재료

2.1.1 펄프

대한제지에서 공급받은 NBKP Radiata Pine(SW) 펄프를 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 펄프 고해

5.6-2.8 kg: 고해하중 5.6 kg으로 여수도 500 ml, C.S.F.로 고해를 한 후 고해하중을 바꾸어 고해하중 2.8 kg으로 여수도 400 ml, C.S.F.까지 고해하였다.

2.8-5.6 kg: 고해하중 2.8 kg으로 여수도 500 ml, C.S.F.로 고해를 한 후 고해하중을 바꾸어 고해하중 5.6 kg으로 여수도 400 ml, C.S.F.까지 고해하였다.

2.2.2 RDA를 이용한 지료의 탈수성 분석

RDA를 활용하여 초지시의 평량과 지료의 농도를 달리하여 탈수성을 분석하였으며, 이때 감압 탈수 처리는 main과 sub 탱크의 진공압력을 동일하게 200 mmHg로 유지하는 탈수조건으로 실시하였다. 이때 백수 탱크에 채집된 백수의 탁도를 측정하여 각 초지조건에서의 보류도를 평가하였다. 감압 detector로부터 얻은 데이터를 바탕으로 탈수 시간 경과에 따른 진공의 해압곡선을 작성하여 각 초지조건에서의 탈수성을 분석하였다.

2.2.3 Viscometer를 이용한 플럭의 응집강도와 매트형성 속도 분석

전건펠프 4 g이 들어 있는 400 ml의 시료를 viscometer 100 rpm 조건으로 10초 간격으로 지료 플럭(floc)의 점도변화를 측정하였다.

2.2.4 DDJ를 이용한 지료의 filtration 분석

전건펠프 4 g이 들어 있는 400 ml의 시료를 jar에 넣고 450 rpm으로 일정시간 교반 후 5초간의 정지(pause)시간을 둔 후 밸브를 열어 물이 탈수되어 매트를 형성할 때까지 자연탈수를 시킨다. 그런 후 DDJ(dynamic drainage jar)을 이용하여 400 ml의 물을 jar에 넣고 밸브를 열어 자연 탈수된 물은 메스실린더로 받는데 300 ml에 도달될 때까지의 탈수시간을 측정하였다.

2.2.5 습지의 플럭 크기 분석

RDA로 초지한 습지 상태의 시편을 2D-F Sensor를 이용하여 플럭 크기를 분석하였다. 플럭 크기는 광투과 이미지에 contrast 값을 곱한 에너지 개념을 수치화한 값이다.

2.2.6 Surface Roughness 측정

제조된 수초지를 L&W Bendtsen Tester를 이용하여 surface roughness를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 고해하중에 따른 탈수 경향

고해하중 2.8 kg의 경우 고해하중 5.6 kg에 비해 미세섬유가 적음에도 불구하고 탈수성이 좋지 않았다. 이는 미세섬유가 탈수성에 악영향을 미치는 것은 사실이지만, 탈수성을 좌우하는데 있어서는 섬유의 성질에 따라 탈수 메커니즘에 의해 달라질 것으로 사료된다.

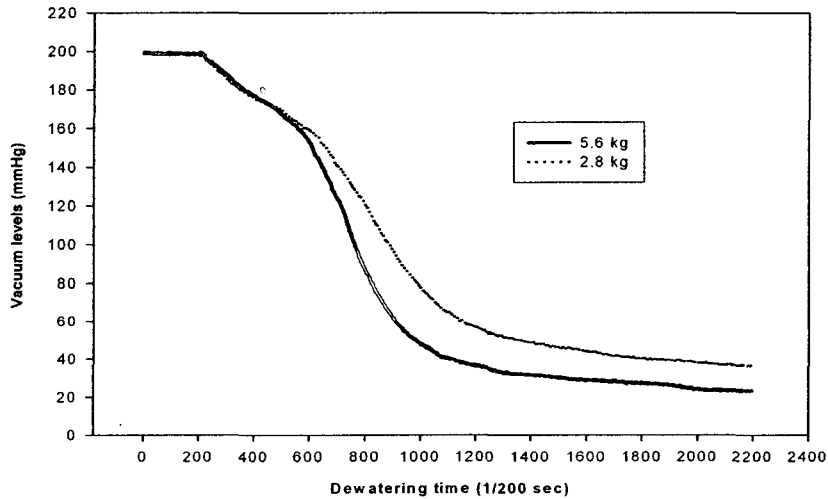


Fig. 1. Drainage curve of NBKP depending on refining load.

3.2 미세섬유의 함량에 따른 탈수성

미세섬유함량을 0%부터 30%까지 첨가한 지료의 고해하중별 탈수성을 나타낸 것이다. 미세섬유가 증가할수록 고해하중에 따른 탈수성의 차이가 크게 나타났다. 이는 고해하중에 따른 섬유의 특성이 탈수과정에서 미세분의 보류를 달리하기 때문에 차이가 있는 것으로 사료된다. 그러나 본 실험에서는 미세섬유가 없이는 탈수경향이 나타나지 않았다. 이는 탈수성을 좌우하는 것은 섬유가 매트를 형성하면서 미세섬유를 보류시키는 과정에 의해 좌우된다고 사료된다.

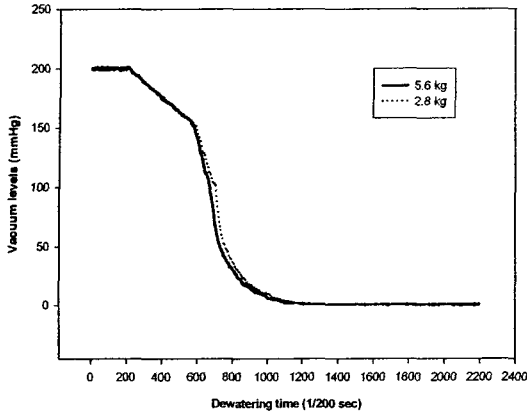


Fig. 2. Drainage curve of NBKP depending on refining load at 0% fines content.

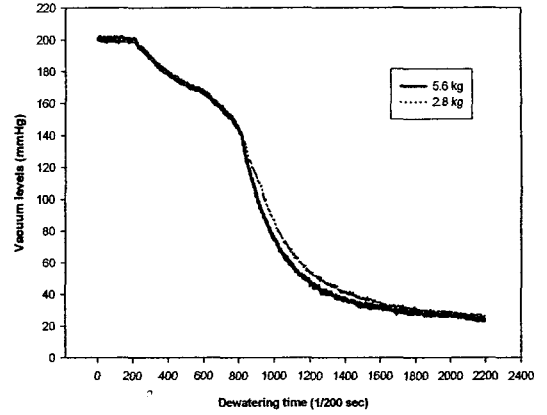


Fig. 3. Drainage curve of NBKP depending on refining load at 10% fines content.

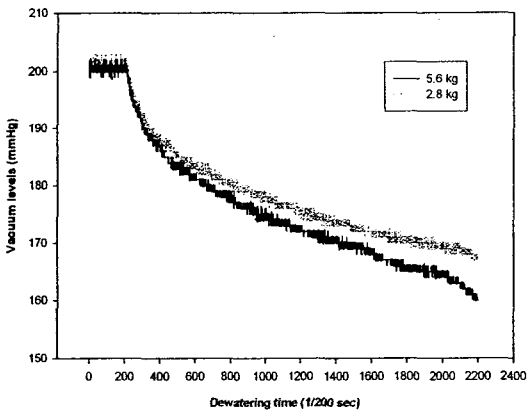


Fig. 4. Drainage curve of NBKP depending on refining load at 20% fines content.

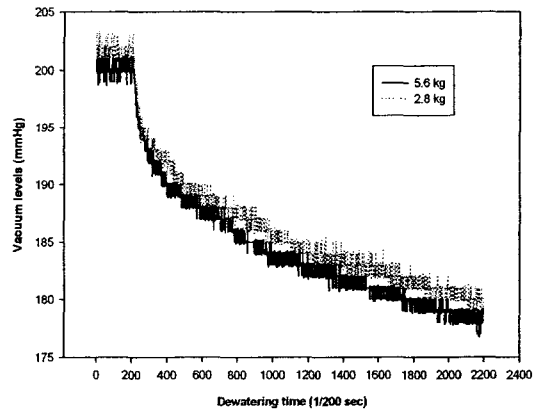


Fig. 5. Drainage curve of NBKP depending on refining load at 30% fines content.

3.3 고해하중에 따른 filtration

Filtration은 와이어 위에 형성된 매트와 지료사이의 명확한 경계가 있으며 초기매트가 빨리 형성된다. 형성된 매트는 필터 역할을 하기 때문에 보류는 좋아지나 탈수성은

나빠지게 된다. 따라서 탈수성을 결정하는 주요인자는 지료상태에서 초기 매트 형성하는 속도와 형성된 매트가 필터 역할을 하는 정도라 사료된다. DDJ를 이용하여 매트 형성후의 탈수성을 측정한 결과 고해하중 2.8 kg의 경우 매트형성 후의 탈수시간이 고해하중 5.6 kg에 비해 상당히 느리게 진행되었다. 이는 고해하중 2.8 kg의 경우 습지필의 filtration 정도가 고해하중 5.6 kg 보다 크다는 것을 의미한다. 이는 초기매트 형성 능력과 습지필의 dense한 정도가 연관이 있을 것으로 사료된다. 고해하중 2.8 kg의 경우 고해하중 5.6 kg에 비해 수초지한 종이의 겉보기 밀도가 높은 것으로 보아 습지필의 경우도 고해하중 2.8 kg의 경우가 고해하중 5.6 kg에 비해 밀도가 높을 것이라 사료된다.

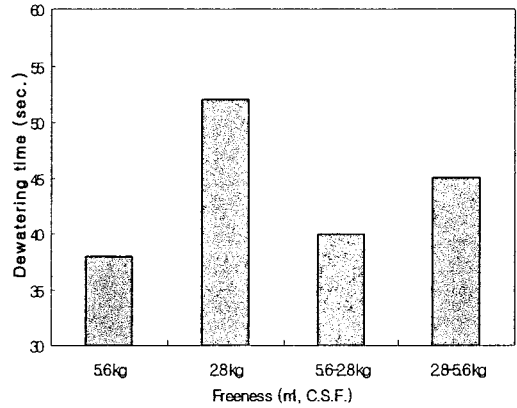
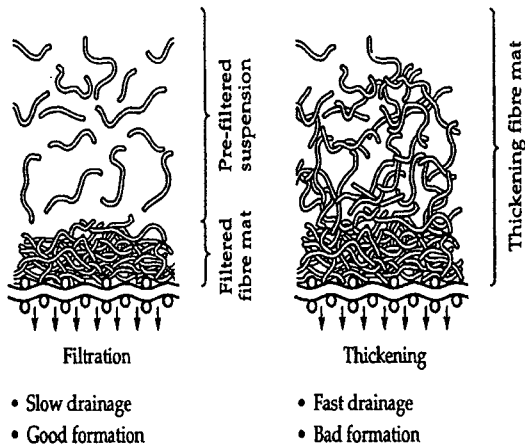


Fig. 6. Deposition mechanisms by drainage. (Source: Paker J D, The Sheet Forming Process, TAPPI, 1994)

Fig. 7. Drainage time of NBKP depending on refining load.

3.4 고해하중에 따른 플럭의 크기 변화

탈수는 섬유와 미세섬유의 플럭과 미세섬유와 미세섬유의 플럭의 특성에 의해 크게 영향을 받는다. 플럭은 크기, 밀도, 전단력에 대한 저항성 등에 의해 성질이 좌우된다. 플럭이 크고 다공성이면 물을 많이 머금고 있어 탈수가 나빠진다. 그러나 플럭이 작고

단단하다면 물은 쉽게 탈수된다. Figs. 8-9는 습지 상태의 플럭의 크기를 측정한 결과이다. 미세섬유가 없는 지료 내에서는 3 mm이하의 작은 플럭이 주를 이루는 것으로 나타났다. 유연한 섬유(고해하중 2.8 kg)의 경우는 미세섬유가 없더라도 16 mm의 큰 플럭이 존재하였지만, 강직한 섬유(고해하중 5.6 kg)의 경우는 16 mm의 큰 플럭이 존재하지 않았다. 그러나 미세섬유가 20% 첨가된 지료에서는 6 mm 이상의 큰 플럭들이 형성되는 결과를 나타냈다. 이는 섬유는 미세분으로 인하여 플럭이 커지는 가능성이 많아짐을 나타낸다.

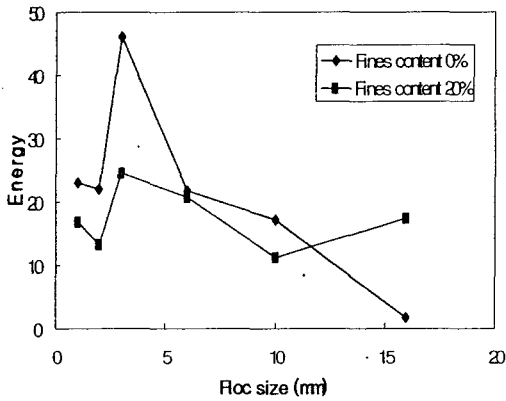


Fig. 8. Floc size of NBKP depending on fines content at 5.6 kg refining load .

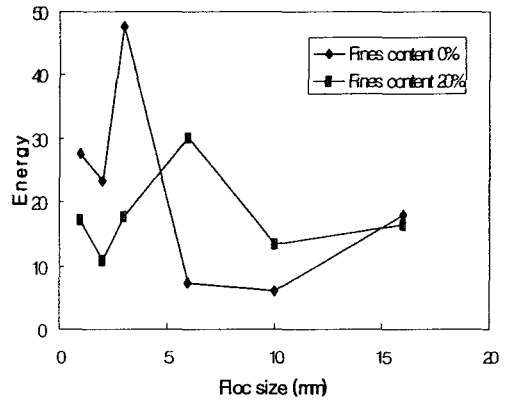


Fig. 9. Floc size of NBKP depending on fines content at 2.8 kg refining load .

3.5 고해하중에 따른 지료의 응집강도와 매트형성 속도

지필 형성 과정 중에 발생하는 지료의 섬유와 미세섬유의 응집 그리고 지필이 형성되는 동안의 탈수 현상을 설명하고자 실험하였다. 섬유의 응집은 헤드박스 및 와이어에서 발생하는 전단력과 난류에 파괴되지 않고 저항하는 능력이 보류율을 결정하는 주요 요인이다. 플럭이 전단력과 난류에 의해 파괴되기 쉽다면 탈수가 쉽게 일어나 백수로 이 유출이 많아질 것이다. Fig. 10은 지료의 응집강도를 저전단 점도계를 통해 점도로 나타낸 것이다. 고해하중 2.8 kg의 경우 고해하중 5.6 kg에 비해 높은 점도를 나타내었

다. 이는 고해하중 2.8 kg의 경우 섬유장이 길고 유연해서 섬유가 응집할 정도가 많아 지기 때문에 섬유의 응집성뿐만 아니라 응집의 강도 또한 큰 것으로 나타났다. 점도를 통한 지료의 응집 강도 결과는 초지한 종이의 강도와 유사한 경향을 나타냈다. 이는 점도를 통한 지료의 응집 강도 측정이 어느 정도는 신빙성이 있다고 사료된다. Fig. 11은 지료가 침강하는 속도를 나타낸 것이다. 고해하중 2.8 kg의 경우 고해하중 5.6 kg에 비해 침강하는 속도가 2배 정도 빠른 것으로 나타났다. 이는 초기 매트형성 능력이 고해하중 2.8 kg이 고해하중 5.6 kg에 비해 더 빠르다는 것을 나타낸다. 이로 인해 고해하중 2.8 kg이 고해하중 5.6 kg에 비해 보류율은 좋지만 탈수성이 나쁘게 나타난 것으로 사료된다.

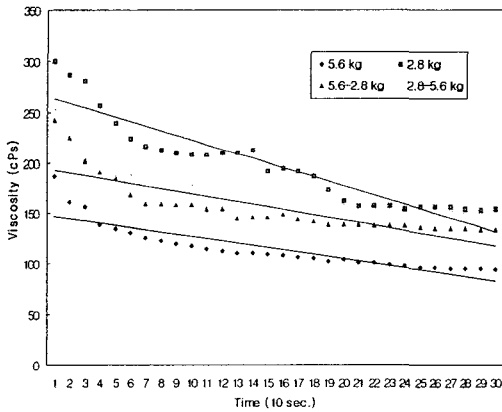


Fig. 10. Viscosity of NBKP depending on refining load.

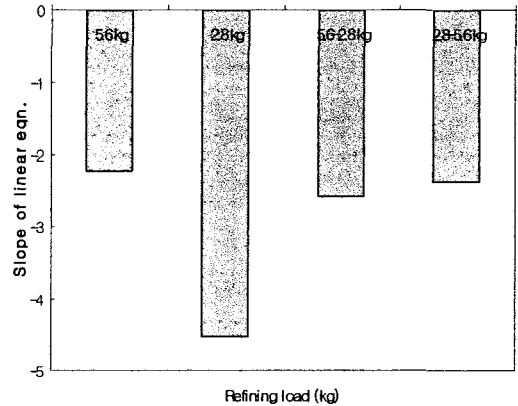


Fig. 11. Slope of linear equation of viscosity of floc depending on refining load.

3.6 고해하중에 따른 거칠음도 변화

Fig. 12는 고해하중에 따른 거칠음도를 표면과 이면 그리고 표리차로 나타낸 것이다. 초기에 섬유와 미세섬유들은 와이어에서 여과시 와이어 틈새로 미세섬유들은 거의 백수로 유출되고 섬유들이 network 구조를 형성하면서 점점 많은 양의 미세섬유들이 존재하게 된다. 그래서 표면이 평활하게 되는 것이다. 고해하중별로는 5.6 kg이 고해하중

2.8 kg에 비해 표면과 이면 모두 평활하였다. 이는 고해하중 5.6 kg에서는 고해하중 2.8 kg에 비해 단섬유와 미세분 함량이 많기 때문에 평활한 것으로 사료된다. 그러나 표면과 이면의 거칠음도 차이는 고해하중 2.8 kg에서가 고해하중 5.6 kg에 비해 크게 나타났다. 이는 탈수과정에서 고해하중 2.8 kg이 고해하중 5.6 kg에 비해 초기 매트를 빨리 형성해서 표면으로 갈수록 미세분의 보류가 증가하여 표면과 이면의 거칠음도 차이가 큰 것으로 사료된다. 2단고해의 경우는 고해하중 2.8 kg과 고해하중 5.6 kg의 중간적인 경향을 나타냈다.

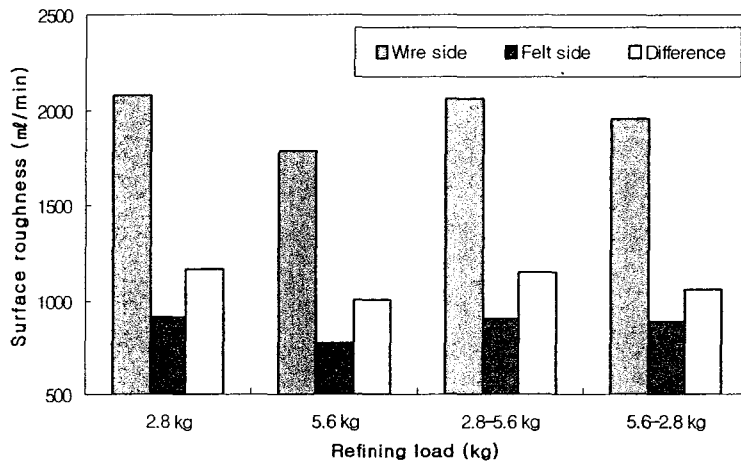


Fig. 12. Surface roughness of NBKP handsheet depending on refining load.

3.7 2단고해에 의한 탈수변화

미세섬유가 존재하지 않는 지료상태에서는 고해하중의 변화에 관계없이 유사한 탈수성을 나타냈다. 미세섬유가 존재하는 지료에서 2단고해의 지료는 고해하중 5.6 kg과 유사한 탈수성을 나타냈다. 이는 2단고해로 고해를 실시할 경우 탈수성에 문제를 나타내지 않을 것으로 사료된다.

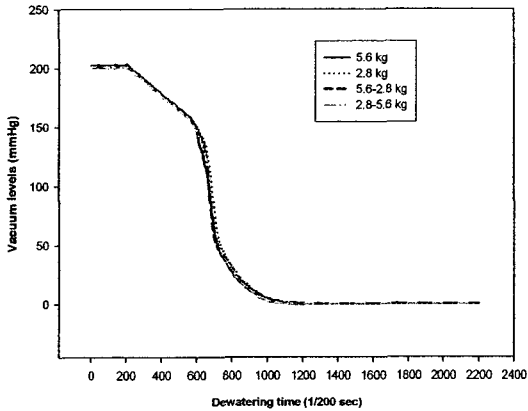


Fig. 13. Drainage curve of NBKP depending on refining load at 0% fines content.

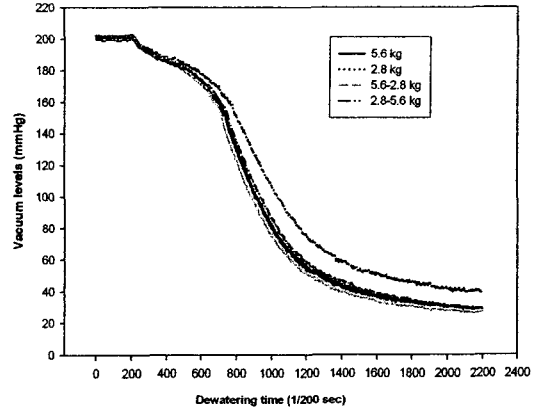


Fig. 14. Drainage curve of NBKP depending on refining load.

4. 결론

탈수성에 영향을 미치는 인자를 분석한 결과 탈수과정에서 초기매트를 형성하는 속도에 따라 탈수성이 좌우되며 형성된 매트가 filtration 역할을 하는 정도에 따라 탈수성이 좌우되는 것으로 나타났다. 유연한 섬유일 경우 강직한 섬유에 비해 초기 매트 형성 속도가 빠르며 filtration 역할 또한 우수하여 고해하중 2.8 kg이 고해하중 5.6 kg에 비해 탈수속도가 늦었다. 또한 유연한 섬유의 경우 지료내에서 형성되는 플럭의 강도가 컸으며, 미세분예의해 플럭의 크기도 증가하였다. 이로 인해 고해하중 2.8 kg에서는 고해하중 5.6 kg에 비해 플럭의 크기가 크고 초기 매트형성 능력도 빠르며 filtration 역할 또한 우수하여 탈수 속도가 느리게 나타나는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Britt, K.W. and Unbehend, J.E., New methods for monitoring retention, TAPPI. J.

59(2):67-70 (1976).

2. Britt, K.W. and Unbehend, J.E. and Shridharan, R., Observation on water removal in papermaking, TAPPI. J. 69(7):76-79 (1986).
3. Davison, R.W., A new vacuum pulsation drainage procedure for determining fine particle retention, TAPPI. J. 72(8):121-127 (1989).
4. Kim. Y. S. and Won. J. M., The Evaluation of Drainage Characteristic Using a New Drainage Tester, Korea TAPPI 32(3):1-9 (2000).
5. Angeles Blanco, Carlos Negro and Julio Tijero, Developments in flocculation. Pira International, p.95-99.