

보류시스템의 응집에 따른 파괴인성의 변화

채희재, 김문성, 박창순, 박중문

충북대학교 임산공학과

1. 서론

오늘날 제지산업에서 가장 중요하게 요구되는 사항 중의 하나는 초지기의 고속화에 의한 단위시간당 생산량의 증대를 통해 저비용 고품질의 종이생산이다. 따라서 고분자 전해질을 보류첨가제로 사용하여 지료를 응집시켜 회분 및 미세분의 보류율을 올리고, 강도를 증가시키면서 동시에 공정상에서 빈번히 발생하는 지절을 줄이기 위한 파괴인성에 대한 연구도 진행되고 있다.

그동안 single polymer system, dual polymer system과 microparticle system의 장단점과 특성, 지합, 응집의 구조와 크기 및 강도, 폴리머의 분자량과 전하, 지층의 구조, 건조부 에너지의 절감, 지료농도, 종이의 물리적 특성, 회분 및 미세분의 두께방향의 균일한 보류, 사이즈제의 안정성 개선 등에 대해 많은 발표¹⁻⁸⁾가 있었다. 또한, 고해와 압착에 의한 파괴인성의 변화에 대한 연구와 지절을 줄이기 위한 연구⁹⁻¹⁰⁾가 있었다.

본 연구는 파괴인성의 변화를 연구하기 위하여 microparticle system에 사용된 보류향상제의 분자량과 약품 투입 순서에 변화를 주어 응집에 의한 수초지의 지합의 변화와 파괴인성을 분석하였다. 일반적으로 양이온성 전해질을 먼저 첨가하여 지료조성물과 충분한 반응을 일으킨 후 음이온성 microparticle을 첨가하는데, 본 연구에서는 음이온성 벤토나이트와 C-PAM의 투입순서를 달리하고, C-PAM의 분자량을 달리하여 응집에 의한 비파괴시편과 파괴시편의 물성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

지료는 다층판지의 filler층에 사용되는 OCC(Old Corrugated Container)와 그것의 백수를 혼합하여 사용하였다. 본 실험에서 사용한 PAM(polyacrylamide)은 파

우더형을 사용하였고, 상대적으로 고분자량의 PAM과 저분자량의 PAM을 사용하였다. 이를 0.1%로 희석하여 고형분 대비 150 ppm을 첨가하였다. 본 실험에서 사용한 bentonite는 1%로 희석하여 고형분 대비 800 ppm을 첨가하였다.

2.2 실험방법

지료의 조합은 지료와 백수를 일정량 배합한 후 농도와 회분을 측정하였다.

FPR(First-pass retention)을 측정하기 위하여 수초지를 평량 80 g/m² 으로 제조하여 FPR을 측정하였으며 화상분석기의 한 종류인 2D-F sensor를 이용하여 종이 내에 분포하고 있는 섬유 및 회분의 응집을 분석하여 index값인 Lt값으로 조합을 측정하였다.

종이의 인장 및 파괴시험은 SCAN-P 67/ P77에 의거하여 L&W사의 tensile tester with fracture toughness를 이용하여 측정하였다. 파괴 인성은 시편 내부에 존재하는 결점이 진행하면서 최종적인 파괴에 이르기까지 소비하는 에너지를 의미한다. 파괴인성에 사용된 시편은 직사각형 형태로 폭 50 mm, 길이 150 mm의 시편을 이용하였으며 span은 100 mm, 결점은 시편 중앙에 20 mm를 주어 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 지료의 조건

실험에서 사용한 지료의 고형분 농도와 회분의 함량은 Table 1과 같다.

Table 1. Solid contents and ash contents

	Solid contents(%)	Ash contents(%)
OCC	4.53	17.7
White water	0.35	50.5
Mixing pulp	0.68	32.8

3.2 보류

3.2.1 일과보류도

일과보류도를 Fig. 1에 나타내었다. 무처리(blank)에 비해 각각의 약품처리를 했을 때 보류도가 향상되는 것으로 나타났다. 일반적으로 싱글 폴리머를 사용했

을 때 상대적으로 높은 분자량을 가진 PAM을 단독으로 넣었을 때 높은 보류도를 보였으며, microparticle system으로 PAM/bentonite순으로 투입했을 때 보

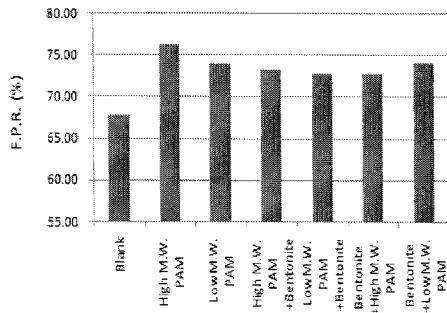


Fig. 1. FPR of handsheets.

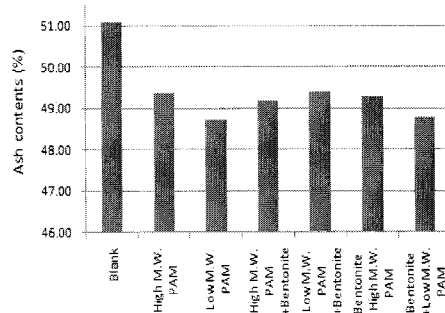


Fig. 2. Ash contents in drained water.

류도에 비해 저분자량의 PAM과 bentonite의 투입순서를 반대로 적용하였을 때의 보류도가 더 높았다.

3.2.2 백수의 회분함량

Fig. 2는 회분 및 미세분이 보류되지 못하고 빠져 나온 백수를 건조시킨 후 도가니에 담아 회화로에서 태워 남은 ash함량을 측정한 결과의 그래프이다. 무처리 시에 비해 회분함량이 줄었다는 것은 그만큼 지필에 충전제가 많이 보류되어 남아 있음을 뜻하는 것이다. 무처리시에 비해 각각의 보류 system으로 처리하였을 때 백수의 회분함량은 감소하였는데 그만큼 sheet에서 충전제가 많이 보류되었음을 뜻한다. 백수의 회분함량이 bentonite를 첨가한 후 저분자량의 PAM을 처리하였을 때에 가장 낮았다.

3.3 지합

수초지내의 섬유 응집을 측정하기 위하여 지합을 측정하였다. Fig. 3은 수초지를 화상분석기의 한 종류인 2D-F sensor를 이용하여 지합의 index값인 Lt값으로 나타낸 그래프이다. Lt값은 높을수록 지합이 좋지 않다는 것을 의미한다. 무처리에 비해 다른 처리들의 Lt값이 올라간 이유는 그만큼 지료가 응집하여 지합에 악영향을 끼쳤기 때문이라 사료된다.

고분자의 PAM을 단독으로 사용하였을 때 가장 높은 Lt값을 나타내었다. Single polymer system은 응집의 크기가 크기 때문이라고 판단되었다. 반면에 bentonite/저분자PAM을 사용하였을 때가 가장 Lt값이 낮았다. 이는 음전하를 띤 지료에 음이온성 bentonite가 서로 반발하여 산재되어 있다가 분자량이 낮은 PAM을 만나 보다 작고 고른 응집을 만들기 때문이라고 판단되었다. Single polymer system보다는 microparticle system이, microparticle system보다는 약품 투입순서를 바꾸었을 때에 더 낮은 Lt값을 지합을 나타내었다. 또한 고분자의 PAM보다는 저분자의 PAM이 응집이 작았음을 알 수 있다.

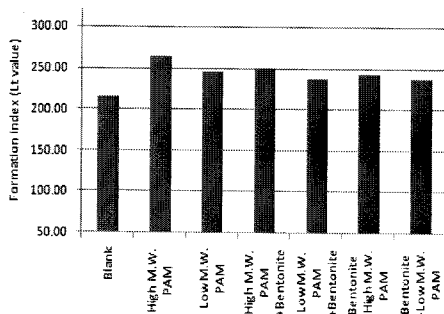


Fig. 3. Formation index (Lt value) of handsheets.

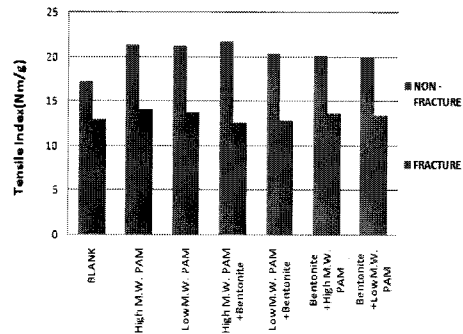


Fig. 4. Tensile index of hand sheets.

3.4 비파괴 시편과 파괴시편의 물성평가

회분의 함량이 높을수록 지료의 강도는 저하된다. 고분자 전해질을 이용하여 미세분과 회분을 응집시켜 보류를 향상 시킨 비파괴시편과 파괴시편의 물성을 평가하였다.

Fig. 4은 비파괴시편의 인장지수를 나타내었다. 분자량이 낮은 고분자의 PAM을 이용한 microparticle system으로 처리하였을 때의 인장지수가 가장 높게 나왔다. 회분의 보류가 올라갔음에도 무처리에 비해 보다 나은 인장지수를 나타내었다. Fig. 2를 미루어 보았을 때 회분의 함량이 증가했음에도 인장강도가 증가했음을 알 수 있다.

Fig. 5는 비파괴시편의 TEA(Tensile energy absorption)의 index값이다. TEA는 고분자의 PAM을 microparticle system으로 처리하였을 때 가장 높았고 순서를 바꾸었을 때 무처리에 오히려 낮은 경향을 보였다.

Fig. 6은 비과과 및 파괴시편의 열단장을 나타낸 것이다. 비과과시편에서는 무처리에 비해 전해질처리를 한 것이 열단장이 증가하였으며 고분자의 PAM을 이용하여 microparticle system으로 처리한 것이 열단장이 가장 높았다. 또한, 파괴시편의 경우 열단장이 거의 비슷함을 볼 수 있다.

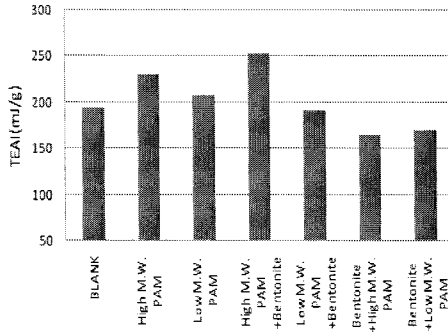


Fig. 5. TEAI of handsheets.

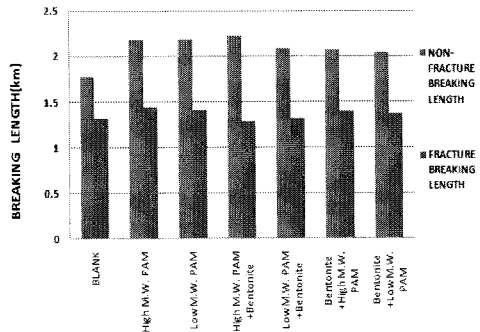


Fig. 6. Breaking length of handsheets.

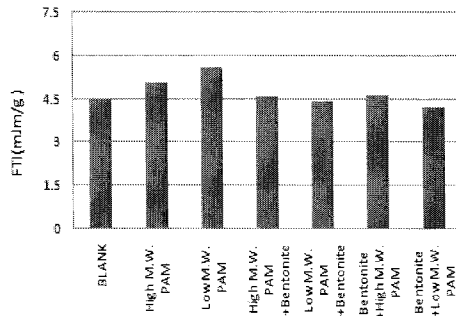


Fig. 7. Fracture toughness index of handsheets.

이 둘을 비교하면 비과과시편에 비해 파괴시편의 값이 저하됨을 볼 수 있고, 고분자의 PAM을 이용하여 microparticle를 적용한 시편에서 파괴를 주었을 때 열단장이 급격히 저하됨을 볼 수 있다.

파괴인성 측정결과를 Fig. 7에 나타내었다. 파괴인성이라는 것은 종이에 결점이 주어진 상태의 강도 측정법으로, 섬유의 결합특성, 종이의 구조, 응력집중현상 등에 따라 결점진행에 저항하는 정도가 달라져 파괴인성이 달라진다. 결점의 끝부분에서 시작되는 결점의 진행에 대항하는 응력을 측정하는 방법이다. 보통 응

집된 부분보다는 응집되지 않은 비교적 약한 부분으로 결점이 진행된다. 저분자의 PAM을 단독으로 사용하였을 때 파괴인성 값이 가장 높게 나왔고, micro-particle system과 투입순서를 바꾸었을 때의 값은 무처리와 거의 차이가 없었다. 하지만 충전제의 함량을 생각했을 때 각각의 처리를 통해 파괴인성 값이 개선되었음을 알 수 있었다.

4. 결 론

일반적으로 보류제에 의한 보류와 강도 향상은 응집에 기인하고 응집이 크면 보류와 강도는 향상되지만 지합은 악화되는 경향을 보인다. 고분자전해질의 응집에 의한 보류도와 비파괴시편과 파괴시편의 물성을 측정하여 보았더니 비파괴시편의 물성은 고분자전해질에 의한 응집으로 인하여 각종 강도 향상의 영향을 받았다. 또한, 파괴시편의 응력집중현상에 의한 파괴인성은 저분자의 PAM을 단독으로 사용하였을 때 파괴인성 값이 가장 높게 나왔고, microparticle system과 투입순서를 바꾸었을 때의 값은 무처리와 거의 차이가 없었다. 회분의 함량에 의한 강도저하의 영향은 크지 않았음을 알 수 있다.

5. 인용문헌

1. Didato, D. T., The use of single polyacrylamide retention system, 1991 Papermakers Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, pp. 445-448.
2. McCourt, A. M., Food P. A and Cauley. T. A., A practical view of a microparticle system in supercalendered paper, Tappi J. 76(10):165-168(1993)
3. Andersson, K. Nordic., Pulp and Paper Research J. No.4, pp. 243-259(1986).
4. Lindstrom, T., 1989, In Fundamentals of Papermaking, Mechanical Engineering Publications LDT., London, pp. 311.
5. Duffy B. P., 1993, A microparticle retention approach to papermaking, Papermakers Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, pp. 171-175.
6. Moberg, K., 1993, A visual perspective on microparticles, Papermakers Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta, pp. 115-127.
7. Krogerus, B., 1994, Impact of retention polymers on flocculation, retention,

drainage and sheet formation, Papermakers Conference Proceedings, TAPPI PRESS, Atlanta pp. 445-452.

8. Wagberg, L., Bjorklund, M., Asell, L. and Swerin, A., On the mechanism of flocculation by microparticle retention aids system, Tappi J. 79(6), pp.157-164(1996).

9. 윤혜정, 신동소, 고해와 압착처리가 종이의 파괴인성에 미치는 영향, J. of K TAPPI 32(4):1-9(2000)..

10. 이진호, 박종문, 고해와 압착에 의한 파괴 인성과 파괴 신장률의 변화, J. of K TAPPI 36(4):9-15(2004).