Journal of Korea TAPPI
Vol. 47. No. 4, 2015, 60-65p
ISSN (Print): 0253-3200
Printed in Korea
http://dx.doi.org/10.7584/ktappi.2015.47.4.060

Sw-BKP, Hw-BKP, PVA 섬유의 배합비에 따른 수초지의 물성과 파괴인성의 변화

윤상구 · 박종문†

접수일(2015년 8월 12일), 수정일(2015년 8월 20일), 채택일(2015년 8월 22일)

Mechanical Property Variations of Handsheets by Mixing Ratios of Sw-BKP, Hw-BKP, and PVA Fibers

Sang-Gu Yoon and Jong-Moon Park†

Received August 12, 2015; Received in revised form August 20, 2015; Accepted August 22, 2015

ABSTRACT

In order to improve the strength of paper, mixing ratio of Sw-BKP and Hw-BKP and PVA (polyvinyl alcohol) fibers dosage were investigated. When the Sw-BKP fraction was increased, strength properties were increased because of average fibers length increased. When PVA fraction increased, paper strength was increased, but there was dissolution of PVA in water. The reason for improving handsheet strength that contained PVA was due to increased bonding action between the fibers by the PVA. The addition of PVA to kraft pulp would be helpful for packaging paper materials to increase strength and fracture toughness.

Keywords: *PVA fibers, physical strength, fracture toughness, pulp fibers*

• 충북대학교 농업생명환경대학 임산공학과(Chungbuk National University, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Dept. of Forest Product & Engineering, Cheongju, Chungbuk, 28644, Republic of Korea)
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: jmpark@cbu.ac.kr

1. 서 론

파괴인성은 초지기 운전율 향상, 인쇄 공정 지절 감소 등을 위해 매우 중요한 특성이다. 파괴인성은 인위적인 결점을 시료에 만들어 잡아당길 때 견디는 정도를 나타내는 특성이다. 파괴인성의 중요성이 인식되어 국제적으로도 최근 들어 ISO 표준으로 제정되었다.[1] 파괴역학 개념을 종이에 적용하여 종이의 파괴인성을 다양한 재료와 비교하였다.[2]

파괴인성이 인장강도와 TEA(인장에너지 흡수도)와 직선적인 비례관계에 있는지 분석하였으나, 인장강도와 TEA를 함께 고려하여 상관관계를 구하였지만 한계가 있었다. 이것은 파괴인성이 결점 선단에서 응력이 집중되고 지절이 진행하는 것이 동적(dynamic)인 특성 등 복잡한 현상이 포함되어 있기 때문이다.[3]

침엽수 표백 크라프트 펄프(Sw-BKP), 활엽수 표백 크라프트 펄프(Hw-BKP)를 혼합하여 의약품 포장용지 등을 생산했을 때, 강도적 특성, 투명성, 열접착성, 상대습도에 따른 치수안정성이 매우 중요하다.[4] 제지 공정에는 많은 약품이 투입되는데, 기존 지력제의 경우 수소결합을 통한 지력 증강 효과를 가지나, 전하 조절에 어려움이 있으며, 전하 조절을 위해 다른 약품의 추가적인 투입을 제한할 수 있다. PVA 섬유의 경우 화학적 수소결합이 아닌 섬유간 물리적 결합을 통해 지력을 향상시킬 수 있다.[5] 이러한 특성을 향상시키기 위하여, 폴리비닐알코올(PVA) 섬유를 혼합하여 제품을 생산할 경우 강도가 향상되는 효과를 볼 수 있을 것으로 생각된다.

PVA는 폴리초산비닐을 메틸알코올 용액으로 수산화나트륨을 가해 가수분해한 것으로 섬유와 섬유 사이에 접착되어 바인더 역할을 함으로써 생산하는 종이 제품의 강도를 향상시킨다.

따라서 기존 제품의 생산원가를 절감하고 특성을 향상시키기 위한 방안으로, 원료 펄프의 최적 고해조건, Sw-BKP, Hw-BKP, PVA섬유의 혼합비율을 달리했을 때 수초지의 강도적 특성, 투명성, 열접착성 등을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

국내 제지회사 현장에서 사용하고 있는 일림스크(Ilimsk) 침엽수 표백크라프트 펄프(Sw-BKP)와 Acacia 활엽수 표백 크라프트 펄프(Hw-BKP)를 사용하였고, 국내 K사로부터 분양받은 PVA 섬유(PVA vinylon, OG Corp.)를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 펄프 배합비별 고해 및 초지

펄프를 배합비에 맞춰 혼합하여 해리한 후 Valley beater를 이용하여, 450 mL C.S.F.까지 1.5% 농도로 고해한 후, 원형 수초지기를 이용하여 Sw-BKP와 Hw-BKP 배합비를 변화시켜주면서 평량 60 g/m^{2}의 수초지를 제작하였다.

2.2.2 펄프 배합비에 따른 물성 측정

수초지를 TAPPI standard T402 sp-08에 의거하여 조습처리 한 후, 강도적 특성을 측정하였다. Hounsfield 社의 tensile test equipment를 이용하여 인장강도와 신장률(TAPPI standard T494 om-13)을 측정하였으며, MIT folding endurance tester를 이용하여 내절도(TAPPI standard T414 om-12)를 측정하였다. Gurley densometer를 이용하여 투기도(TAPPI standard T460 om-11)를 측정하였다. 파괴인성(fracture toughness)은 DEN(double-edged noted)시료를 이용, J-integral을 이용한 측정방법을 사용하였다.[6-8] 시료의 fracture toughness는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$Fracture\,toughness\,(J/m) = \frac{2\times A}{B\times b}$$

여기서, B = W-2a = 50 mm - 10 mm = 40 mm,
W = sample width = 50 mm,
a = crack length, b = sample thickness,
A = tensile energy absorbtion.

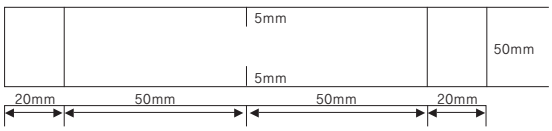

Fig. 1. DEN sample for fracture test.[3]

2.2.3 PVA 섬유 첨가량에 따른 초지 및 물성 측정

PVA 섬유를 전건섬유 대비 0.3-1.2% 첨가하여 수초지를 제작한 후, 2.2.2와 같이 물성을 측정하여 PVA 합성 섬유 첨가량에 따른 물성을 비교, 분석하였다.[9] 물풀림성의 경우 5 cm × 5 cm의 샘플을 20℃의 물 300 mL를 넣은 비커를 마그네틱 스터러로 600 rpm에서 교반하여 완전히 분해되는 시간을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 펄프 배합비 별 수초지 물성 비교

Fig. 2는 Sw-BKP, Hw-BKP 배합비에 따른 인장강도, 신장률의 변화를 비교한 그래프이다. 배합비 별 인장강도를 비교했을 때 침엽수 배합비가 높을수록 인장강도 값이 증가하는 경향을 보였다. 이는 섬유장이 긴 침엽수 펄프의 혼합비율 증가에 따라 강도적 특성이 증가한 것으로 판단되었다.

Figs. 3과 4는 펄프 배합비 변화에 따른 내절도 및 투기도의 변화를 보여주는 그래프이다. 내절도 및 투기시간(투기도와 반비례)의 경우 완만한 상승폭을 보이다가 침엽수 펄프를 70% 이상 투입 시 급증하였는데, 이는 섬유장이 상대적으로 긴 침엽수 펄프를 일정 비율 이상 첨가했을 때, 종이구조가 치밀해지고 내절도도 급증하는 것으로 사료되었다.

Sw-BKP, Hw-BKP 혼합비가 7:3일 때 강도가 상당히 증가하지만 침엽수 펄프 고해동력이 많이 소요되고 펄프가격이 비싸다. 따라서 활엽수 펄프의 지합개선, 고해동력 절감 등 장점 때문에, 포장용지 생산을 위한 Sw-BKP, Hw-BKP 혼합비가 5:5일 때를 최적 배합비로 판단하였다.

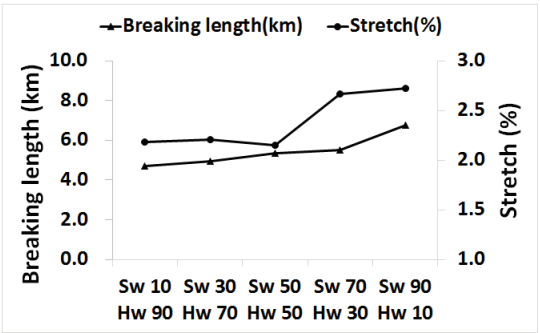

Fig. 2. Breaking length and stretch depending on mixing ratio of Sw-BKP and Hw-BKP.

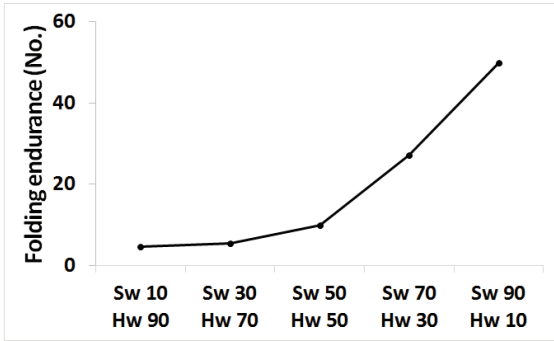

Fig. 3. Folding endurance depending on mixing ratio of Sw-BKP and Hw-BKP.

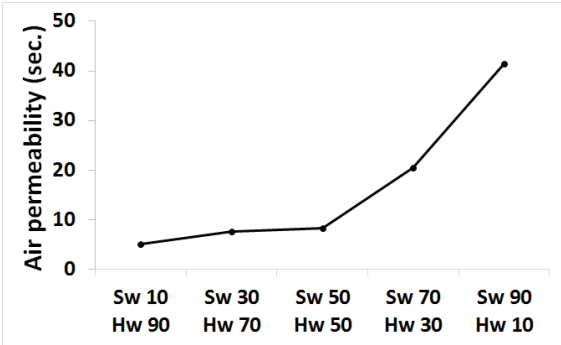

Fig. 4. Air permeability depending on mixing ratio of Sw-BKP and Hw-BKP.

3.2 PVA섬유 첨가량에 따른 물성 측정

PVA 섬유의 첨가량에 따른 인장강도 및 신장률의 변화를 Fig. 5에 나타내었고, 파괴인성을 Fig. 6에 나타내었다. 일반적인 지력증강제는 섬유간 결합을 향상시켜 종이의 밀도를 높임으로써 종이의 벌크가 낮아지는 문제가 발생할 수도 있다. 그러나 PVA는 섬유간 결합을 향상시키면서도 섬유들 사이에 존재하는 비결합부분(Segment)이 벌크를 향상시키고 물풀림성이 증가하는 장점이 있다. 따라서 본 실험에서는 물풀림성을 염두에 두고 PVA로 강도, 파괴인성, 벌크, 물풀림성 등을 분석하였다.

PVA 섬유 첨가량에 따라 인장강도 및 파괴인성 모두 비슷한 증가폭을 보였다. 이는 PVA가 초지 과정에서 섬유와 결합하여 강도 값의 증가를 가져왔을 것으로 판단됐다. 파괴인성은 결점이 있는 종이의 인장강도 측정시 나타나는 응력-변형률 곡선 아래의 면적과 비례하는 값으로, 종이의 응력과 변형률을 고려한 파괴 현상에 대한 저항성이라고 생각할 수 있다. PVA 투입량에 따라 파괴인성이 증가하는 이유는 PVA가 펄프 섬유 사이에 결합하여

Fig. 5. Breaking length and stretch depending on PVA dosage.

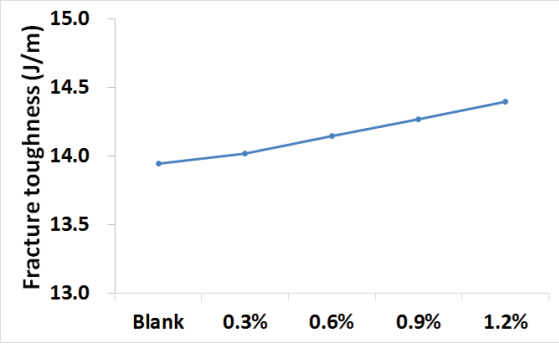

Fig. 6. Fracture toughness depending on PVA dosage.

종이 전체의 구조가 치밀해지면서도 결점첨단의 응력집중을 완화시켜 강도 및 변형률이 증가되는 것으로 판단되었다. Figs. 7과 8에서 볼 수 있는 바와 같이 SEM 촬영 결과 PVA 섬유가 펄프 섬유 사이에서 서로 결합하여 바인더 역할을 하는 것으로 나타났다.

Figs. 9와 10은 PVA 첨가량에 따른 투기도 및 내절도를 나타낸 그래프이다. 투기도는 PVA 첨가에 따라 점차적으로 하락하고, 내절도는 증가하는 경향을 보였다. 이는 PVA가 섬유간 공극을 접착을 통해 메꾸어 일어난 것으로 판단된다. Fig. 11은 종이의 Bulk의 변화를 나타낸 그래프이다. PVA 섬유가 섬유간 거리를 띄운 상태에서 결합하여 벌크값이 증가하는 것으로 판단되었다.

Fig. 12는 PVA의 첨가에 따른 물풀림성의 그래프이다. 물풀림성은 종이가 물에 분해되는 정도를 나타내는 특성으로, 생산 가능성을 분석하고자 하는 의약품 포장용지와 같은 지종의 경우, 물에 잘 안풀리는 특성을 가져야 한다. 왜냐하면 포장지 내부에 있는 고가의 수분에 민감한 의약품을 포장하기 위함이다.

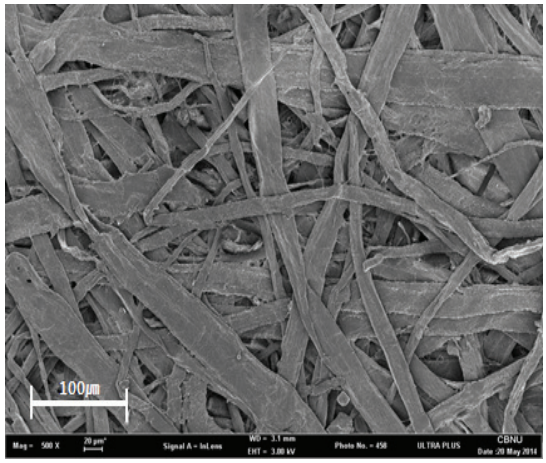

Fig. 7. The SEM photographs of paper without PVA dosage (×500).

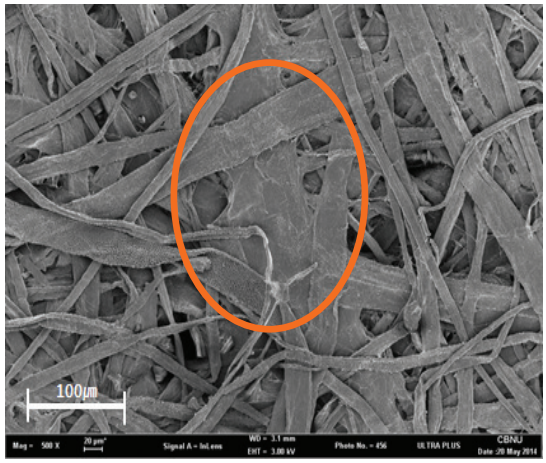

Fig. 8. The SEM photographs of paper with PVA dosage (×500).

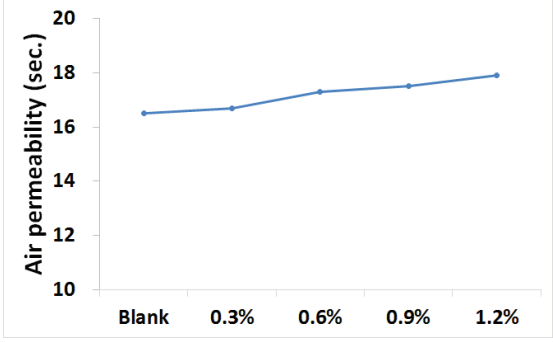

Fig. 9. Air permeability depending on PVA dosage.

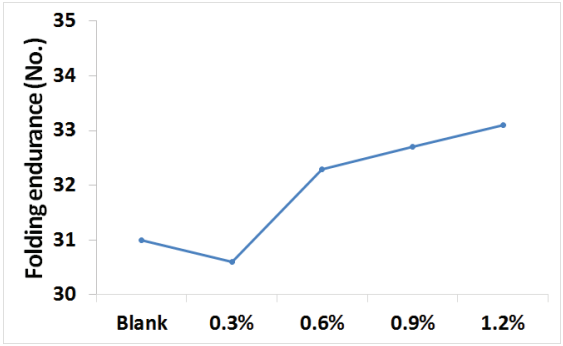

Fig. 10. Folding endurance depending on PVA dosage.

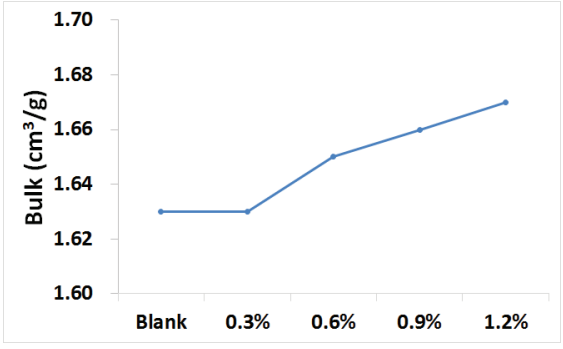

Fig. 11. Bulk depending on PVA dosage.

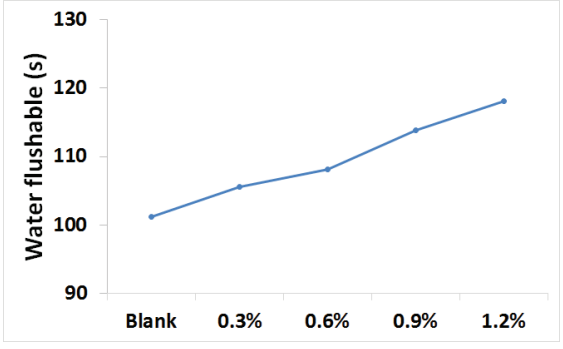

Fig. 12. Water flushable properties depending on PVA dosage.

물풀림성은 대폭 감소하였는데, 이는 PVA의 섬유간 결합이 증가함에 따라 종이의 강도가 증가하여 물풀림성의 감소를 가져왔을 것으로 판단되었다. 화장지나 물티슈와 같은 위생용품의 경우 물에 잘 풀리는 특성을 가지는 것이 유리하겠지만, 의약품 포장용지와 같이 치수안정성과 강도가 중요한 지종에서는 PVA 섬유를 첨가하는 것이 유리하다고 판단되었다.

4. 결 론

PVA 섬유 첨가량의 증가에 따라 물리적 특성은 모두 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 PVA 섬유를 혼합할 때, 투입함에 따라 바인더 역할을 하여 섬유 사이에 결합 역할을 수행함으로써 결합력을 증가시키는 것으로 판단됐다. 파괴인성 또한 인장강도의 증가 경향과 같은 결과를 보였다. 위생용지에서 중요시하는 물풀림성의 경우 종이의 강도가 높아질수록 감소하는 특성을 보였는데, 이는 파괴인성과 강도가 중요한 포장용지의 경우에는 바람직한 특성이 될 것으로 판단됐다.

따라서, PVA 섬유를 일정량 첨가하여 포장용지를 생산할 경우, 향상된 강도를 가진 제품을 생산할 수 있을 것으로 판단됐다.

사 사

이 논문은 2014년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of Chungbuk National University in 2014).

Literature Cited

1. ISO 17958, Paper and board – Determination of fracture toughness – constant rate of elongation method (1.7 mm/s) (2013).
2. Seth, R. S. and Page, D. H., Fracture resistance of paper, J. Materials Sci. 9:1745–1753 (1974).
3. Wanigaratne, D. M. S., Batchelor, W. J., and Parker, I. H, Comparison of fracture toughness of paper with tensile properties, Appita J. 55(5):369–385 (2002).
4. Lee, H. L., Lee, B. J., Shin, D. S., Lim, K. P., Seo, Y. B., Won, J. M., and Sohn, C. M., Paper Science, Gwangil munhwasa, pp. 406–407 (2000) (in Korean).
5. Sakurada, I., Polyvinyl Alcohol Fibers (Vol. 6), CRC Press, p. 15 (1985).

6. Youn, H. J. and Shin, D. S., Effect of beating and pressing on fracture toughness of paper, Journal of Korea TAPPI 32(4):1-9(2000).
7. Lee, J. H., Change of paper's physical and fracture mechanical properties depending on fibers properties, Master's Thesis, Chungbuk National University, Republic of Korea (2003).
8. Park, J. M., Study of Yield and Fracture of Paper, Ph. D. Thesis, State University of New York, USA (1993).
9. Shin, J. H., Sohn, C. M., and Ow, S. K., Effect of PVA fibers on paper properties (I): Relationship between water contents of wet web and fiber bonding, Journal of Korea TAPPI 27(4):7-15 (1995).