

펄프의 고해 및 배합 방법이 종이의 물성에 미치는 영향

원종명[†] · 신동준 · 김홍배

(2009년 3월 4일 접수: 2009년 5월 25일 채택)

Effects of Refining and Blending of Pulps on the Physical Properties of Paper

Jong Myoung Won[†], Dong-Joon Shin and Heung-Bae Kim

(Received March 4, 2009; Accepted May 29, 2009)

ABSTRACT

The effects of refining either SwBKP or HwBKP, and both of SwBKP and HwBKP on the physical properties of paper were investigated in order to elucidate if the non-conventional refining and blending method can be used for the optimizing the paper properties. The blending ratio of SwBKP and HwBKP was 15:85. The highest bulk was obtained with the refining of SwBKP only. Any differences of opacity were not observed in unfilled paper, while the highest opacity of PCC filled paper was obtained at same bulk when the only HwBKP was refined. However burst index and tensile index did not showed any differences in the relationship with bulk. Therefore this result can be applied to improve the opacity of paper without sacrificing of strength properties.

Keywords : SwBKP, HwBKP, refining, blending, PCC, SEM, opacity, bulk, tensile index, burst index

1. 서론

종이의 성질에 영향을 미치는 인자로서 펄프의 특성, 고해 방법과 정도, 충전제, 보류 시스템뿐만 아니라 종이 제조에 사용되는 초지기와 관련된 다양한 조건들이 고려될 수 있다. 그 중 종이의 성질에 가장 큰

영향을 미치는 인자는 펄프의 특성과 고해라 할 수 있다. 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 펄프는 수중에 따라서 뿐만 아니라 생육 조건 등에 따라서도 매우 다양한 특성을 지니고 있다. 이러한 펄프의 선택은 제조하고자 하는 종이의 특성에 따라 달라지는데 특히 인쇄 용지의 경우 인쇄적성이 가장 중요하기 때문에 양호

• 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: wjm@kangwon.ac.kr

한 지필도, 평활도 및 벌크를 부여하기 위하여 활엽수 펄프를 주원료로 사용하고 지필의 주행성 및 강도를 확보하기 위하여 장섬유에 해당하는 침엽수 펄프를 일부 혼합 사용한다. Nanko 등¹⁾은 시판되고 있는 마켓펄프의 특성을 분석하여 제조하고자 하는 종이의 용도에 가장 적합한 특성을 지닌 펄프를 선택할 수 있는 귀중한 자료를 제공하였다.

펄프를 고해하는 동안 펄프 섬유는 랜덤으로 그리고 반복적으로 인장, 압축 및 휨 모멘트를 받으면서 내부 및 외부 소섬유화를 통한 새로운 표면 형성, 섬유의 구조 변화, 섬유 내 피브릴의 재배열, 섬유의 리본상 변형, 컬, 킹크, 마이크로 컴프레션 등 다양한 변형뿐만 아니라 섬유 파괴를 통한 단섬유화, 미세분 형성, 섬유장 분포의 변화 등 많은 변화를 수반한다. 이러한 모든 변화들은 거의 동시에 일어나며 거의 불가역적인 특성을 지니고 있다. 고해에 의한 섬유의 변형은 섬유의 해부학적 성질, 섬유의 물리적 화학적 성질 등 고해 조건에 따라 다양한 형태로 나타난다. 그 대표적인 예로 Seth의 연구 보고²⁾에서 제시된 SEM 사진을 통하여 관찰할 수 있는 바와 같이 펄프 자체의 특성에 따라 고해에 대하여 다르게 반응을 보인다. 따라서 펄프의 특성 및 제조하고자 하는 종이의 요구되는 특성에 따라 펄프의 선택뿐만 아니라 고해 방법도 적절히 적용하여야 가장 효과적인 결과를 얻을 수 있다.

일반적으로 이들 펄프들은 고해를 통하여 종이의 용도에 따라 요구되는 성질을 만족시킬 수 있는 수준으로 맞추게 되는데, 상당수의 공장들이 별도의 고해 라인을 갖추고 있지 못하기 때문에 혼합고해를 많이 실시하고 있다. 그러나 혼합고해를 하는 동안 이들 펄프 섬유들이 모두 동일한 처리를 받지 못하기 때문에 효과적으로 고해를 하지 못하는 경우가 많다. 그럼에도 불구하고 펄프의 고해는 단섬유화, 내부 및 외부 소섬유화를 포함하는 다양한 섬유의 구조적 변화를 수반하며, 종이의 구조적 성질을 포함한 제반 물성에 직접 및 간접적인 영향을 미친다.³⁻⁵⁾ 펄프의 고해에 의한 단섬유화는 섬유가 서로 뭉치는 개수 및 응집되려는 경향을 감소시켜 지필도 개선에 기여하며,⁶⁻⁷⁾ 그 결과 응집체의 크기가 작아져 지필도 개선에 기여한다고 보고된 바 있다.⁸⁾ 그러나 고해에 의한 변화가 지필도에 미치는 영향에 대하여 서로 반대되는 보고들이

발표되었다. 예를 들면 Waterhouse⁹⁾와 Versalyas¹⁰⁾는 고해에 의한 지필도의 변화를 거의 확인하지 못했으며, Jokinen¹¹⁾은 응집 및 지필도가 개선되었다고 보고하였고, Smith¹²⁾는 어느 정도의 고해는 지필도를 개선시켜주지만 고해가 더욱 진행되면 오히려 지필도가 나빠진다고 보고하였다. 이와 같이 다른 결과가 보고된 것은 아마도 펄프의 특성 및 고해 조건이 다르게 적용되었기 때문인 것으로 추측된다. 즉 Bhardwaj 등¹³⁾은 활엽수인 유칼리 펄프가 침엽수인 소나무 펄프보다 고해가 용이함을 보고하였고, Wahren¹⁴⁾은 수종뿐만 아니라 펄프화법에 따라서도 고해에 대하여 다른 반응을 나타내었음을 밝혔다.

Lumiainen 등¹⁵⁾은 인쇄용지에 강도를 부여하기 위하여 침엽수 펄프가 사용되는데 섬유의 손상을 최소화할 수 있는 고해를 통하여 강화용 펄프의 성능을 개선시켜줄 수 있다고 하였으며, Hiltunen¹⁶⁾ 등은 침엽수 펄프가 어떤 펄프와 함께 사용되는가에 따라서도 고해의 효과가 다르게 나타난다고 하였고, Manfredi¹⁷⁾는 펄프의 종류와 고해방법이 종이의 품질과 관련된 성질과 생산 비용에도 중대한 영향을 미친다고 하였다. 따라서 종이의 용도 및 특성에 따라 요구되는 성질을 효율적으로 부여하기 위해서는 펄프 및 제조하고자 하는 종이의 특성에 따라 고해 공정을 최적화하는 것이 매우 중요한 일이라 할 수 있다. 이와 관련하여 본 연구는 다소 엉뚱한 발상일 수는 있지만 기존의 전형적인 펄프의 고해 및 배합 방식과 전혀 다른 새로운 접근을 통하여 펄프의 고해 및 배합 방법이 종이의 물성의 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

공시 펄프로는 시판 침엽수 표백 크라프트 펄프와 활엽수 표백 크라프트 펄프를 A사에서 분양받아 사용하였으며, 충전제는 PCC(백광소재, spindle type)를 사용하였고, 보류제로는 벤토나이트(Ciba, Hydrocol OTK)과 PAM(PERCOL 63)이 사용되었다.

2.2 실험 방법

펄프의 고해 및 혼합 방법이 종이 물성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 침엽수 표백 크라프트 펄프 또는 활엽수 표백 크라프트 펄프만을 고해하여 혼합한 경우와 두 종류의 펄프를 모두 고해하여 혼합하여 제조한 종이의 특성을 조사하기 위한 실험이 진행되었다. 침엽수 표백 크라프트 펄프는 10 L 용량의 실험실용 Valley 고해기를 이용하여 600, 500, 400 및 300 mL CSF의 수준으로 고해를 실시하였으며, 활엽수 표백 크라프트 펄프는 550, 450 및 350 mL CSF 수준으로 고해하여 사용하였다. 침엽수와 활엽수 펄프의 혼합비는 15:85로 고정시켰으며, 수초지의 평량은 60 g/m²로 하였다. 벤트나이트와 PAM의 첨가량은 전건 펄프 기준으로 각각 0.25%와 0.05%로 고정시키고, PCC의 첨가량을 조절하는 방식으로 회분 함량을 20%로 조절하였다.

상기 조건으로 제조된 수초지의 특성을 조사하기 위하여 각 수초지에 대하여 SEM 사진 촬영을 실시하였으며, TAPPI Standard T402sp-03에 의거 소습처리를 실시한 후 수초지의 불투명도, 벌크, 인장지수 및 파열지수를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

자료로 사용된 펄프의 특성, 고해, 첨가제의 투입 및 각종 제지공정 조건이 어떻게 적용되었는가에 따라 종이의 구조적 특성이 결정되며, 이 구조적 특성에 의하여 다른 제반 물성들도 영향을 받게 된다. 본 연구에서 원료로 사용한 펄프 중 침엽수 표백 크라프트 펄프 또는 활엽수 표백 크라프트 펄프만 고해를 하거나, 2종의 펄프를 모두 고해하여 배합 초지한 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 침엽수 표백 크라프트 펄프만을 고해하였을 때 가장 높은 벌크가 얻어졌으며, 2종의 펄프가 모두 고해하여 배합되었을 때 가장 낮은 벌크를 나타내었다. 이러한 경향은 PCC가 충전되었을 경우에도 유사한 결과가 얻어졌다(Fig. 2). 종이의 불투명도는 펄프만 사용하였을 경우 펄프의 고해 및 배합 방법에 따른 차이를 확인할 수 없었고, 고해가 진행됨에 따라 예상한 바와 같이 감소되었다(Fig. 3). 그러나 충전이 실시되었을 경우에는(Fig. 4) 고해가 진행됨

에 따라 오히려 불투명도가 높게 나왔으며, 활엽수 펄프를 고해하여 혼합하였을 때 가장 높은 값을 나타내었다. 이와 같이 충전 시에 다른 결과를 나타내고 특히 활엽수 펄프 고해 시 가장 높은 불투명도를 나타낸 것은 85%에 해당되는 활엽수 펄프의 고해에 의해 다른 경우에 비하여 가장 비표면적이 많이 증가되었을 뿐만 아니라 충전제와의 사이에 빛을 산란시켜줄 수 있는 새로운 부위를 형성시켜주었기 때문인 것으로 사료된다. 한편 벌크를 기준으로 불투명도의 변화를 비교한 결과 펄프만 사용하였을 경우 비록 침엽수 펄프 고해 시 가장 높은 벌크가 얻어질 수 있었지만 벌크 대비 불투명도는 오히려 활엽수 펄프만을 고해하거나 두 가지 펄프 모두 고해했을 때 더 높은 값을 나타내었으며(Fig. 5), 충전 시에는 활엽수 펄프만 고해 시 가장 높은 불투명도가 얻어졌다(Fig. 6). Photo 1부터 Photo 3까지의 SEM 사진은 종이의 구조를 시각적으로 비교 판단하기 위한 것으로 침엽수 표백 크라프트 펄프만 고해한 경우가 가장 벌키한 구조를 나타내었고, 활엽수 표백 크라프트 펄프 및 2종의 펄프를 모두 고해한 펄프로 제조한 종이의 구조가 비슷한 구조를 나타내었다. 그러나 강도적 성질은 벌크 및 불투명도와는 달리 충전 여부와 관계없이 동일한 벌크에서 모두 비슷한 수준을 나타내었다(Fig. 7 - Fig. 10). 이상의 결과로부터 펄프의 선택적 고해 및 배합을 통하여 종이의 강도적 성질에 영향을 미치지 않으면서 벌크와 불투명도를 조절하는 것이 가능하다는 사실을 확인할 수 있었다.

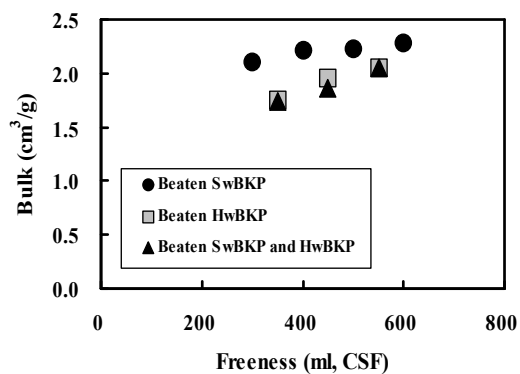


Fig. 1. Effect of pulp refining on the bulk of unfilled paper.

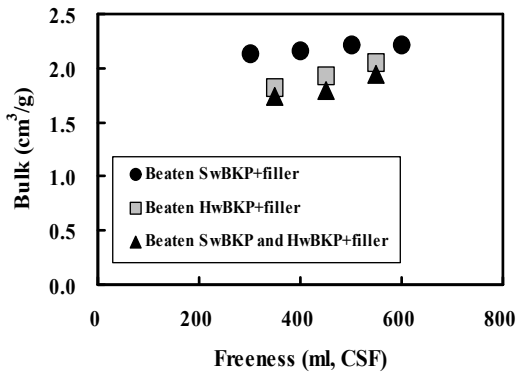


Fig. 2. Effect of pulp refining on the bulk of paper filled with PCC.

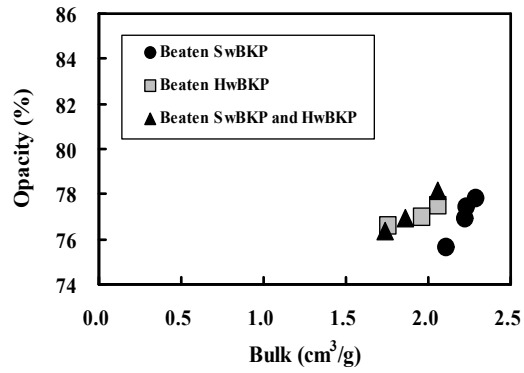


Fig. 5. Effect of pulp refining on the relationship between opacity and bulk of unfilled paper.

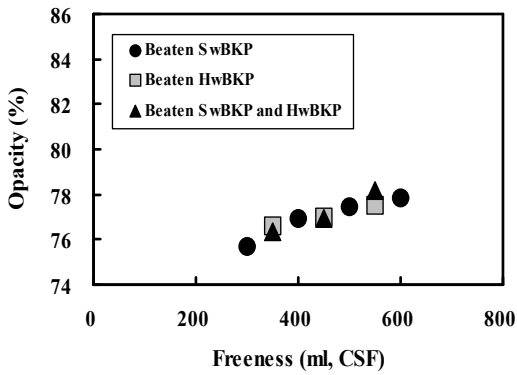


Fig. 3. Effect of pulp refining on the opacity of unfilled paper.

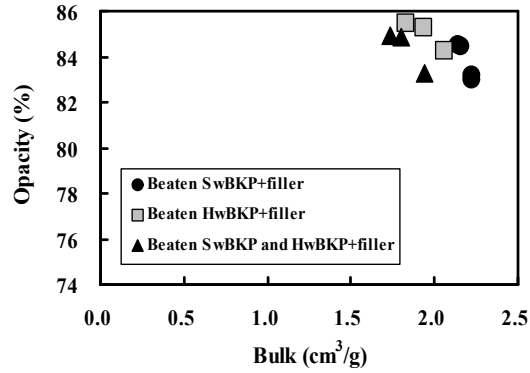


Fig. 6. Effect of pulp refining on the relationship between opacity and bulk of paper filled with PCC.

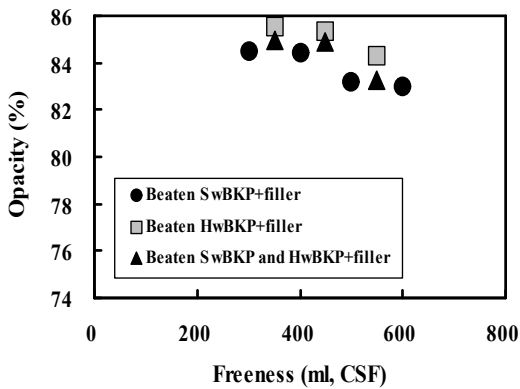


Fig. 4. Effect of pulp refining on the opacity of paper filled with PCC.

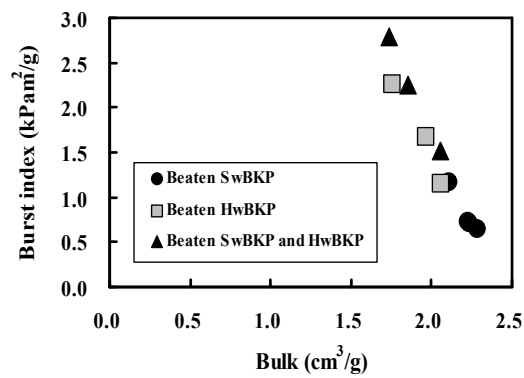


Fig. 7. Effect of pulp refining on the burst index of unfilled paper.

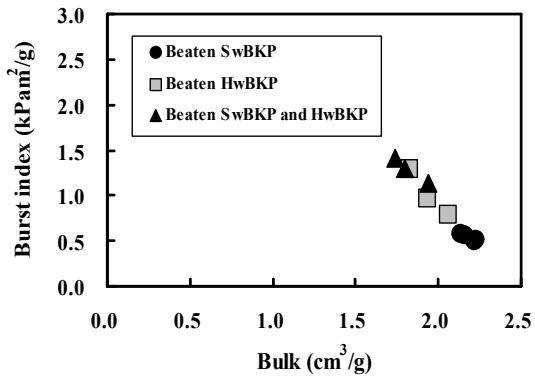


Fig. 8. Effect of pulp refining on the burst index of paper filled with PCC.



Photo 1. SEM for the sheet from the beaten SwBKP (400 ml, CSF) and unbeaten HwBKP (x500).

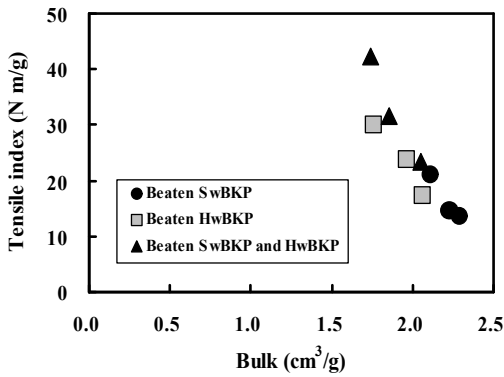


Fig. 9. Effect of pulp refining on the tensile index of unfilled paper.

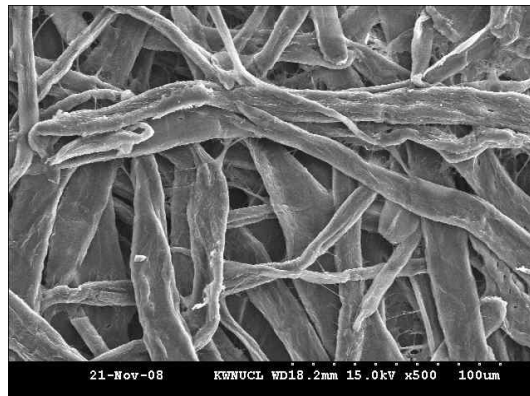


Photo 2. SEM for the sheet from the unbeaten SwBKP and beaten HwBKP(450 ml, CSF) (x500).

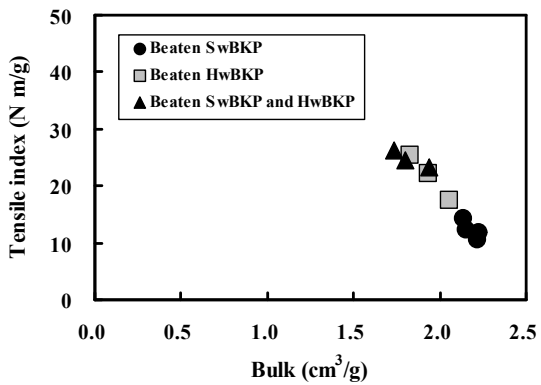


Fig. 10. Effect of pulp refining on the tensile index of paper filled with PCC.

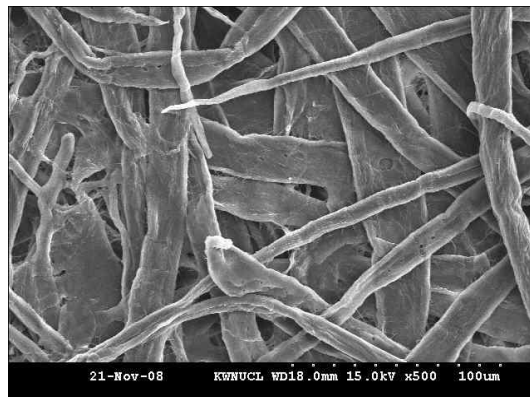


Photo 3. SEM for the sheet from the beaten SwBKP and HwBKP(450 ml, CSF) (x500).

4. 결 론

백상지 제조 시 원하는 구조 및 특성을 부여하기 위하여 침엽수 표백 펄프와 활엽수 표백 펄프를 혼합 사용하는 것이 일반적인 경향이다. 이들 펄프는 서로 다른 고유의 특성을 지니고 있으며 고해에 대한 반응뿐만 아니라 종이의 제반 물성에 미치는 영향도 다르다. 따라서 이들 펄프의 고해 및 혼합 방법을 달리하였을 때 일어날 수 있는 종이의 물성에 미치는 영향을 조사하였다. 펄프의 배합비는 침엽수 펄프 85%, 활엽수 펄프 15%로 고정하였으며, 이들 펄프 중 어느 한 가지만 고해하거나 모두 고해하여 혼합 초지를 실시하였다. 본 연구 결과 충전 여부에 관계없이 침엽수 펄프만 고해하여 초지하였을 때 가장 높은 벌크가 얻어졌다. 하지만 불투명도의 경우 미충전 시에는 뚜렷한 차이가 확인되지 않았으나 충전 시에는 활엽수 펄프만 고해했을 때 가장 높은 값이 얻어졌고, 동일 벌크에서 비교할 경우에도 가장 높은 불투명도를 나타내었다. 그러나 파열 및 인장지수는 충전 여부에 관계없이 동일한 벌크에서 유사한 값을 나타내었다. 따라서 불투명도의 개선이 요구되는 경우 활엽수 펄프만 고해하는 방법을 통하여 소기의 목적을 달성할 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

1. Nanko, H., Button, A. and Hillman, D., The World of Market Pulp, WOMP, LLC (2005).
2. Seth, R.S., Beating and refining response of some reinforcement pulps, TAPPI Journal 82(3):147-155 (1999).
3. Ebeling, K.A., Critical review of current theories for the refining of chemical pulps. Proceedings of the International Symposium on Fundamental Concepts of Refining, Project 3384, Report 3, The Institute of Paper Chemistry (1981).
4. Page, D.H., The beating of chemical pulps - The action and the effects, Transactions of 9th Fundamental Research Symposium, Fundamentals of Papermaking, Mechanical Engineering Publications Ltd., pp. 1-38 (1989).
5. Kang, T. Role of external fibrillation in pulp and paper properties, Doctoral Thesis, Helsinki University of Technology (2007).
6. Kerekes, R. J. and Schell, C. J., Characterization of fibre flocculation regimes by a crowding factor, J. Pulp Pap. Sci. 18(1):32-38 (1992).
7. Kerekes, R. J. and Schell, C. J., Effects of fiber length and coarseness on pulp flocculation, Tappi J. 78(2):133-139 (1995).
8. Kerekes, R. J., Perspectives on fibre flocculation in papermaking, Proc. Int. Paper Physics Conf., pp. 23-31 (1995).
9. Waterhouse, J. F., The effect of papermaking variables on formation, Tappi J. 76(9):129-134 (1993).
10. Versalyas, R., Controlling the flocculation of fibers and fillers, Paper Technology 31(7):18-22 (1990).
11. Jokinen, O. and Ebeling, K., Flocculation tendency of papermaking fibres, Paperi ja Puu 5:317 (1985).
12. Smith, M. K., Formation potential of west coast kraft pulps. Pulp Paper Can. 87(10):69 (1986).
13. Bhardwaj, N.K., Hoang, V., and Nguyen, K.L., A comparative study of the effect of refining on physical and electrokinetic properties of various cellulosic fibres, Bioresource Technology 98:1647 - 1654 (2007).
14. Wahren, D., Refining of hardwoods and softwoods, IPC Technical Paper Series No. 136, The Institute of Paper Chemistry (1983).
15. Lumiainen, J.J. and Partanen, M.T., Refining of reinforcement kraft pulp for mechanical printing papers, Proceedings of TAPPI Engineering & Papermakers Conference, pp. 353-364 (1997).
16. Hiltunen, E., Kettunen, H., Laine, J.E. and Paulapuro, H., Effect of softwood kraft refining on a mechanical-chemical mixture sheet, TAPPI Journal 83(10): (2000).
17. Manfredi, V., Evaluation of Refining Strategies for Combined Use of Softwood and Eucalyptus Pulps in Papermaking, Proceedings of Pan Pacific Conference, pp. 37-42 (2006).