

펄프 특성에 따른 혼합고해와 분리고해 효과 비교

이학래¹⁾, 윤혜정¹⁾, 이상훈¹⁾, 서주환¹⁾, 손창만²⁾, 곽동수²⁾, 주용훈²⁾
서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공¹⁾, (주)한솔제지 기술연구소²⁾

1. 서론

일반적으로 백상지 제조 시에는 수종의 침엽수 및 활엽수 펄프를 혼합하여 제조하게 된다. 특히 원료 수급이 원활하지 않아 대부분의 펄프를 수입에 의존하여 사용하는 우리나라의 현실을 감안하면 수 종 내지는 수십 종의 서로 다른 특징을 가지는 펄프를 혼합하여 사용하는 경우도 있다. 이 때 혼합되는 펄프의 대부분은 크게 침엽수 펄프와 활엽수 펄프로 나눌 수 있다. 침엽수 펄프는 긴 섬유장과 큰 조도 등으로 인하여 강도 유지와 조업성 향상에 도움이 되고 활엽수는 짧은 섬유장과 미세분이 많은 특성을 가지므로 좋은 지합과 인쇄적성 향상, 불투명도 등의 광학적 성질에 유리하다.

이처럼 특성이 다른 펄프를 혼합하는 경우에는 고해 방식에 따라 크게 각각의 펄프를 단독으로 고해 처리한 후 혼합하는 분리 고해 방식과 먼저 혼합한 후 함께 고해하는 혼합 고해 방식을 생각할 수 있다. 두 가지 고해 방식에 대한 연구는 많이 이루어져 왔으나 이견이 많은 것이 사실이다. 예전부터 조도가 크고 섬유장이 긴 침엽수의 특성상 혼합 고해하면 침엽수가 선택적으로 처리를 받게 되어 섬유의 절단이 침엽수 쪽에 집중되고 활엽수는 효율적인 처리가 되지 못하므로 혼합 고해 방식은 좋은 강도 발현에 한계가 있다고 알려져 있다. 한편 혼합되는 두 펄프의 조도 특성에 따라서 혼합 고해 방식으로 좋은 결과를 얻을 수 있다는 연구 결과 또한 발표된 적이 있다. 이 연구에 따르면 조도가 큰 침엽수와 조도가 작은 활엽수의 혼합 고해는 그 응집 특성으로 인하여 강도 향상 및 이에 따르는 에너지 절감 효과가 있다.

이번 연구에서는 섬유장 및 조도 등의 펄프 특성에 따라 혼합 또는 분리 고해 방식에 따른 고해 효과가 어떤 차이가 나타나는지 알아보려고 하였으며 이와 함께 최적의 고해 처리를 통하여 강도 향상 및 침엽수 함량 절감을 통한 원가 절감을 이루고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

공시펄프로는 H사에서 분양받은 Hw-BKP와 Sw-BKP를 사용하였다. 각각의 펄프의 특성은 Table 1.과 같다. 두 펄프 모두 비교적 큰 조도를 가짐을 알 수 있다.

Table 1. Characteristics of Sw-BKP and Hw-BKP

	Fiber length (mm)	Coarseness (mg/m)	Fines content (%)
Sw-BKP	2.22	0.273	2.65
Hw-BKP	0.88	0.146	8.15

2.2 실험 방법

각각의 펄프를 가지고 실험실용 벨리 비터와 현장 리파이너를 모사한 싱글 디스크 타입의 파일로트 리파이너를 이용하여 혼합 및 분리 고해를 실시하고 평량 80g/m²으로 수초하였다. 수초지의 물성을 비교하기 위하여 인장강도, 인열강도, 내부결합강도 등을 측정하고 여수도, 섬유장, 미세분 함량 등의 측정을 통하여 섬유의 특성을 평가하였다.

2.2.1 벨리 비터를 이용한 분리 고해

각각의 펄프를 실험실용 벨리 비터를 이용하여 각기 다른 여수도 수준으로 고해를 실시하였다. 침엽수는 490 mL CSF가 되도록 65분 동안, 침엽수는 400 mL가 되도록 22분 동안 고해를 실시하였다. 고해는 TAPPI method T200-sp96에 따라 23 L 용량의 벨리 비터를 이용하여 1.57%의 농도에서 실시하였으며 하중을 주지 않은 상태에서 15분 동안 회전시켜 해리를 진행하였다. 이를 가지고 일정 비율로 혼합하여

분리 고해 지료를 얻었다.

2.2.2 벨리 버터를 이용한 혼합 고해

두 가지 펄프를 일정 비율로 혼합하여 분리 고해의 경우와 같이 해리 후 고해를 진행하였다. 분리 고해의 경우와 비슷한 여수도 수준을 얻기 위하여 시간을 조정하였다. 이 때 분리 고해의 산술적인 고해시간보다 혼합고해의 경우 2분 이내의 시간차이가 있었다.

2.2.3 파일럿 리파이너를 이용한 분리 고해

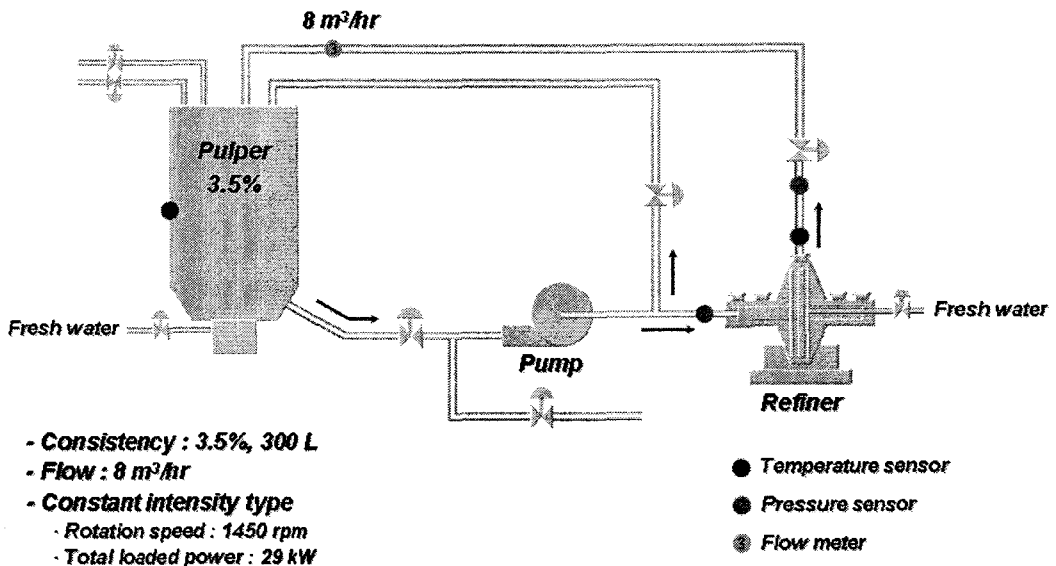


Fig. 1. Schematic of Pilot Refining Machine

Fig. 1.은 파일럿 리파이너의 모식도를 나타내었다. 펄퍼 내에서 3.5%의 농도로 교반되고 있는 지료가 디스크 리파이너를 지나게 되면서 리파이닝이 실시되고 이 때 디스크 회전 속도는 1450 rpm이었다. 실험에 사용될 지료는 두 가지 펄프를 분

리 고해하여 시간대별로 각각 펄퍼에서 채취하였으며 이를 통해 일정 비율의 침엽수를 함유한 분리 고해 지료를 만들었다.

2.2.4 파일로트 리파이너를 이용한 혼합 고해

파일로트 리파이너를 이용하여 일정 비율의 침엽수를 함유한 혼합 지료를 펄퍼 내에서 15분간 해리시킨 후 고해하였다. 이 중 분리 고해와 같은 에너지 수준의 혼합 고해 지료를 채취하여 실험에 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 벨리 비터를 이용한 혼합 고해 및 분리 고해 효과 비교

Table 2는 벨리 비터를 분리 고해와 혼합 고해의 고해 시간과 여수도를 나타낸 것이다. 침엽수 함량 증가에 따라 여수도는 증가하였으며 혼합 고해의 경우는 비슷한 고해 시간에도 불구하고 분리고해보다 높은 여수도를 얻을 수 있었다. 혼합 고해의 경우가 보다 좋은 탈수 특성을 나타낸다고 할 수 있겠다.

Table 2. Characteristics of separate and mixed beaten pulp.

	Sw-BKP content(%)	Beating time (min)	CSF (mL)
Separate	10	-	387
	20	-	406
	30	-	425
Mixed	10	31.5	426
	20	36	426
	30	38	450

Fig. 2.은 Sw-BKP의 함량에 따른 인장 강도의 변화를 나타낸 것이다. 두 경우 모두 침엽수 함량 증가에 따라 강도는 증가하는 것을 알 수 있다. 두 고해 방식을 비교해보면 혼합 고해의 경우가 높은 여수도 수준에도 불구하고 좋은 인장 강도를 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 혼합 고해 방식을 이용하면 침엽수 함량

20%만으로도 분리 고해의 30% 함량의 침엽수를 사용한 경우보다 높은 강도를 얻을 수 있었다. 침엽수 10%의 혼합 고해 또한 20%의 분리고해보다 높은 강도를 얻었으며 이는 상승하는 침엽수 펄프의 가격을 감안해 볼 때 혼합 고해 방식이 좋은 원가 절감 방안이 될 수 있다고 하겠다.

Fig. 3.는 혼합고해의 경우가 분리고해의 경우보다 더 나은 벌크 특성을 보임을 알 수 있다. 혼합 고해의 경우 침엽수의 보호 작용으로 벌크 특성이 좋은 활엽수에 대한 고해 처리가 보다 약하게 진행되고 이를 통해 고해로 인한 활엽수의 벌크 감소를 막을 수 있었다. 이를 통해서 두 펄프의 고해에 있어서 혼합 고해의 경우가 강도 향상 및 벌크 특성 유지에 유리하다고 판단된다.

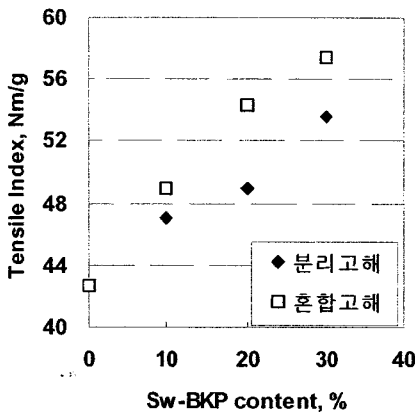


Fig. 2. Comparison of tensile index of handsheet with separate and mixed beaten fibers.

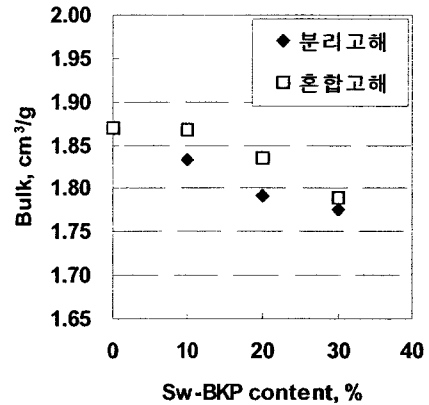


Fig. 3. Comparison of bulk of handsheet with separate and mixed beaten fibers.

Fig. 4. 과 Fig. 5.는 섬유장 및 인열 강도를 나타내었다. 침엽수 함량이 증가함에 따라 섬유장이 증가하고 이와 함께 인열 강도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 더불어 혼합 고해의 경우 분리 고해와 비교하여 섬유장이 길고 이에 따른 높은 인열 강도 특성을 얻을 수 있었다. 이를 통해 혼합 고해 방식이 활엽수의 섬유 절단이 덜 발생함을 알 수 있으며 인장 및 인열 강도에 유리하게 작용한다고 생각된다.

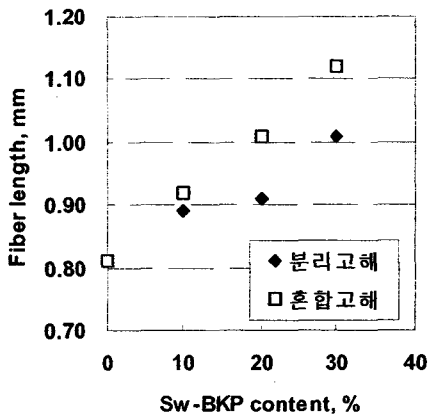


Fig. 4. Comparison of Length weighted Fiber length of separate and mixed beaten fibers.

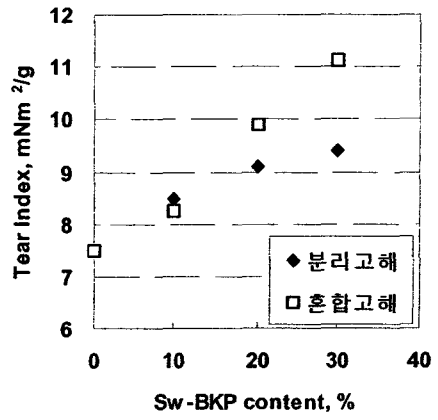


Fig. 5. Comparison of tear index of handsheet with separate and mixed beaten fibers.

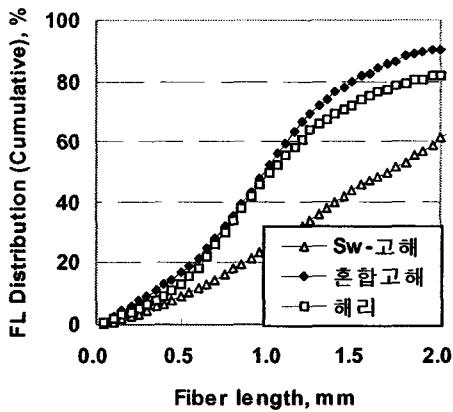


Fig. 6. Fiber length distribution (cumulative) of separate and mixed beaten fibers.

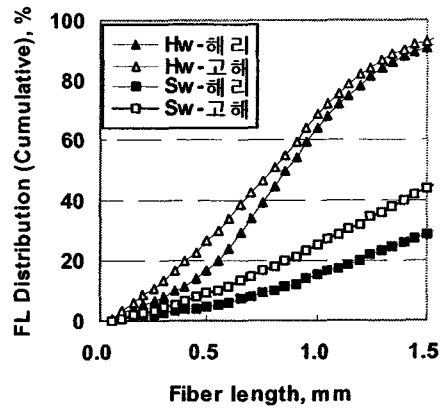


Fig. 7. Fiber length distribution (cumulative) of Sw-BKP and Hw-BKP beaten fibers.

Fig. 6을 보면 혼합 고해의 경우가 미세 섬유 생성이 더 적게 발생함을 알 수 있다. Fig. 7.에서와 같이 단독으로 고해를 진행하면 침엽수보다는 활엽수의 경우가 미세섬유가 생성되는 양상이 더 뚜렷하다. 이로 미루어 혼합 고해시의 적은 미세분 생성은 침엽수의 혼합으로 인하여 활엽수의 미세분 생성이 적게 나타났기 때문임을 알 수 있다. 이러한 미세분 차이는 위에서 언급한 것과 같이 탈수성 차이가 나는 원인이 된다고 할 수 있다. 이와 같이 벨리 비터로 혼합 고해한 경우에는 상대적으로 침엽수에 선택적으로 고해 처리가 진행된 것이 섬유장, 미세분 차이 등으로 인하여 강도 및 벌크 특성에 긍정적으로 작용했다고 할 수 있겠다.

3.1 파일럿 리파이너를 이용한 혼합 고해 및 분리 고해 효과 비교

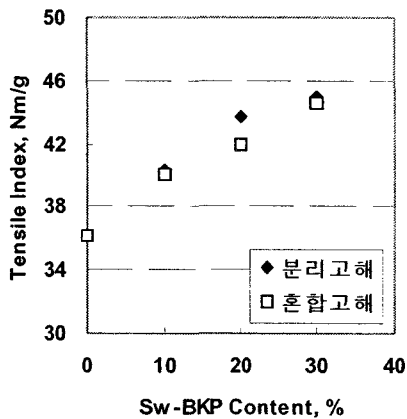


Fig. 8. Comparison of Tensile index of handsheet with separate and mixed refined fibers.

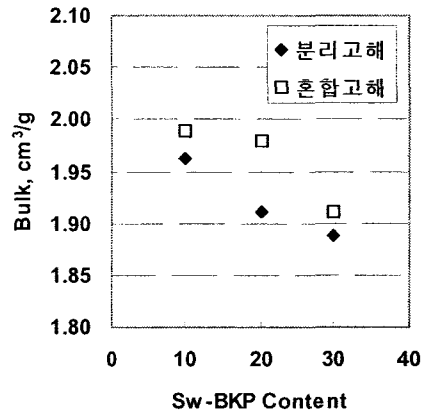


Fig. 9. Comparison of Bulk of handsheet with separate and mixed refined fibers.

Fig. 8과 9는 파일럿 리파이너를 이용한 혼합고해 및 분리고해의 인장 강도 및 벌크 특성을 나타내고 있다. 이 경우에는 강도는 비슷하나 혼합 고해의 경우가 더 좋은 벌크 특성을 가짐을 알 수 있다. 벨리 비터에 비하여 섬유 절단이 덜 발생하는 파일럿 리파이너의 특성상 고해 방식에 따른 섬유장 차이로 인한 강도 차이는 적었다.

하지만 같은 강도를 유지하면서 벌크 특성에 효과적인 것으로 보아 혼합 고해의 경우가 유리한 방식이라는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 펄프의 특성에 따른 혼합고해와 분리 고해 효과를 비교해보고자 하였다. 연구 결과 본 연구에 쓰인 조도가 큰 침엽수와 활엽수 펄프의 고해에 있어서 강도와 벌크 특성 모두 혼합 고해의 경우가 유리하였다. 혼합 고해하는 경우 섬유 절단이 침엽수에 선택적으로 행해지고 이는 펄프 특성에 따라서 강도 증가에 유익한 역할을 함을 알 수 있었다. 이를 통해 효과적인 강도 향상과 섬유 절단 방지 및 벌크 유지를 얻을 수 있었다.

사 사

본 연구는 산업자원부의 지원에 의해 수행되었으며 대전 한솔제지(주)기술연구소로부터 원료 및 장비를 지원 받았음.

인용문헌

1. Jorma J. Lumiainen, Refining of fine paper fibres - separate or mixed refining?, 1996 Papermakers conference
2. Ajit K. Ghosh, Catherine Rae, Bruce Moorhouse, Optimal refining strategy - separate or co-refining?, Appita 2002.
3. Rajinder S. Seth, Beating and refining response of some reinforcement pulps, Vol.82: No.3 TAPPI Journal
4. Colin Baker, Refining Technology, A Pira paper and board guide.