

# 리파이닝 방식에 따른 리파이닝 효과 비교

이학래, 윤혜정, **이상훈**, 서주환, 손창만<sup>1)</sup>, 김권도<sup>1)</sup>, 주용훈<sup>1)</sup>, 곽동수<sup>1)</sup>  
서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공<sup>1)</sup>

## 1. 서론

국내에서의 리파이닝 효과에 대한 연구는 대부분 Valley Beater 또는 PFI mill 을 사용하여 실시되고 있다. 그러나 이 두 가지 고해기는 동력소비를 평가하거나 실제 공정에서의 리파이닝 처리 정도를 평가함에 있어서 부족한 부분이 많은 것이 사실이다.

본 연구에서는 Single-Disk 타입의 파일로트 리파이너를 이용하여 리파이닝 처리를 하고, 섬유 분석과 종이 물성을 측정하여 그 결과를 Valley Beater와 PFI mill 의 리파이닝 처리 결과와 비교함으로써 세 가지 리파이닝 방식 간의 처리효과를 비교하고자 하였다. 이러한 비교 분석을 통해서 실험실에서의 기존 리파이닝 처리 방식이 현장과 유사한 결과를 보이는 파일로트 리파이너와 어느 정도 차이를 나타내는지 알 수 있을 것으로 기대된다. 또 각 리파이닝 처리별 섬유 변형의 정도를 관찰하면 리파이닝 방식에 따른 고해 메카니즘의 차이를 비교할 수 있을 것이다.

## 2. 재료 및 방법

### 2-1. 공시재료

공시펄프로는 H사에서 분양받은 Hw-BKP를 사용하였다. 이 펄프의 특성은 Table 1.과 같다.

**Table. 1 Characteristics of Hw-BKP**

	섬유장	조도	비고
Hw-BKP	0.71	0.093	

## 2-2 실험방법

세 가지 리파이닝 방법으로 처리를 한 후 평량  $75\text{g}/\text{m}^2$ 으로 수초를 하였다. 수초지의 물성을 비교하기 위해 측정한 항목으로는 인장강도, 인열강도 및 내부결합강도 등이며 여수도, 미세분, 섬유장 및 Curl 측정을 통해 섬유의 특성을 평가하였다.

### 2.2.1 Valley beater를 이용한 리파이닝 처리

TAPPI method T200-sp96에 따라 23 L 용량의 Valley beater로 1.57%의 농도로 섬유의 양을 맞추고 해리시키기 위해서 15분간 하중을 주지 않은 상태에서 고해기를 회전시켰다. 리파이닝 시간은 10, 15, 20, 25분으로 하였다.

### 2.2.2 PFI mill을 이용한 리파이닝 처리

Valley beater와 같은 해리 조건을 맞추기 위해서 Disintegrator 대신 Valley beater에서 15분간 회전시켜 해리시켰고 필터 페이퍼로 Filtering 하여 펄프를 10%로 농축시켰다. 농축된 시료 24 g은 PFI mill bed plate벽면에 고르게 펼쳐서 2000, 3000, 3500, 4000 revolution 으로 리파이닝 하였다.

### 2.2.3 Pilot refiner를 이용한 리파이닝 처리

Fig. 1은 파일로트 리파이너의 모식도이다. Single-Disk 타입의 리파이너 이고 회전바와 고정바로 이루어져 있다. 펄퍼를 통해 펄프가 해리되며 온라인 작동에 의해서 유량과 압력을 조절하며 리파이닝 플레이트의 회전 속도를 조절하게 된다. 파일로트 리파이닝의 경우 펄퍼에서 300L, 3.0%의 조건으로 15분간 해리 시킨 후, 200 sec 동안 리파이닝 처리를 하고 해리, 80, 110, 140, 170, 200초 후의 샘플을 각각 채취하였다. 유량은  $8\text{ m}^3/\text{hr}$ 으로 고정하고 바의 폭이 3.1 mm인 플레이트를 사용하였다. 이때 바의 기울기 각도는 회전바  $15^\circ$ , 고정바  $10^\circ$ 인 것을 사용하였다.

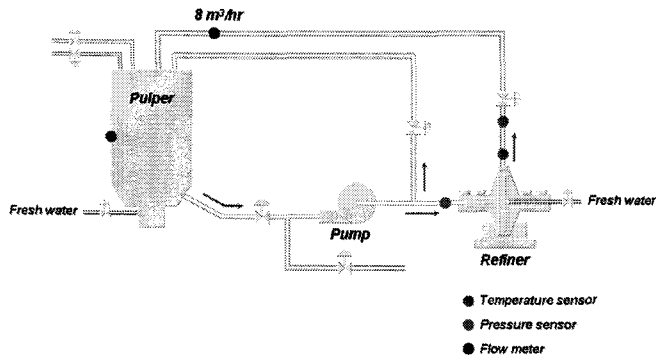


Fig.1. A schematic of pilot refiner

지료의 처리 방향은 모식도의 화살표 방향과 같고 유량 밸브와 압력 밸브를 조절하여 리파이닝 처리된 지료와 처리되지 못한 지료가 같은 유량으로 다시 펄퍼로 이동하도록 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 리파이닝 방식에 따른 인장강도 변화를 비교해 나타낸 것이다. Valley beater와 PFI mill의 리파이닝 에너지 측정이 어렵기 때문에 여수도를 기준으로 강도 비교를 하였다. Fig. 2의 결과를 보면 Pilot refiner(PM)의 WRV값이 여수도에 따라서

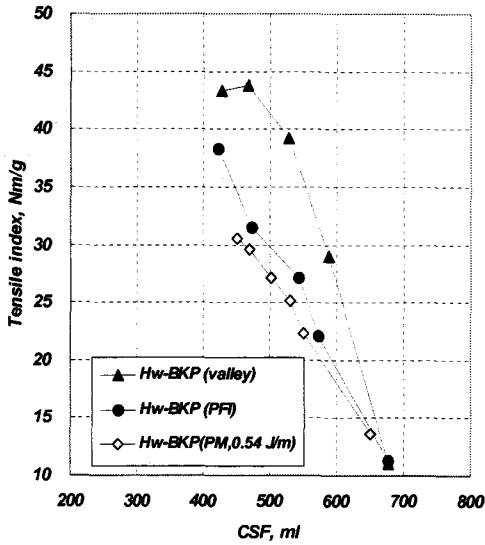


Fig. 2. Comparison of tensile index of pulp beaten in a valley beater, PFI mill and refined in the pilot refiner(PM).

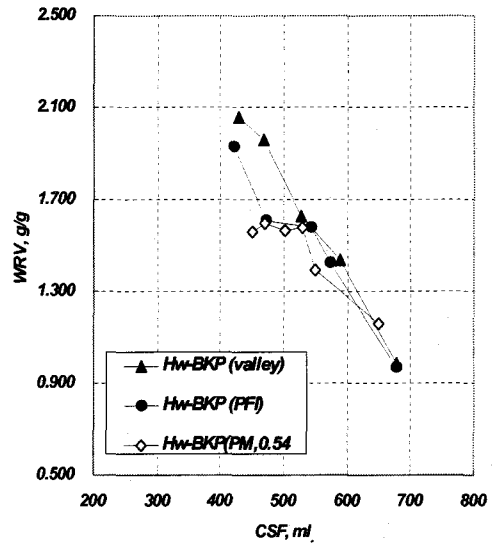


Fig. 3. Comparison of water retention value(WRV)of pulp beaten in a valley beater, PFI mill and refined in the pilot refiner(PM).

어느 정도 상승하나 이 후 거의 일정한 값을 유지하고 있는 것으로 나타났고 Valley beater와 PFI mill의 경우 리파이닝이 진행되면서 WRV값이 계속적으로 상승하였다. 이는 PM의 경우 내부 피브릴효과가 두 비터기에 비하여 떨어지는 것으로 볼 수 있다. Fig. 2의 결과를 보면 Valley beater, PFI mill 그리고 PM 순서로 인장강도가 높게 나타났으며, 이는 내부피브릴화를 반영하는 WRV의 결과와 일치하고 있다. 인장강도에 영향을 미치는 인자가 단순히 내부피브릴화 뿐만은 아님은 PM의 WRV값은 고해가 진행됨에 따라 증가한 후 일정한 값에 도달한 다음부터는 큰 변화를 나타내지 않았으나 인장강도는 CSF가 감소됨에 따라서 지속적으로 상승하고 있는 것으로도 알 수 있다.

이러한 원인을 구명하기 위해서 미세분 함량 변화와 강도 변화의 상관관계를 조사하고, 이를 Fig. 4에 도시하였다. 여기에서는 CSF에 따른 미세분 함량의 변화를 나타내었다. Valley beater의 경우 리파이닝이 진행될수록 미세분 발생이 늘어났으며, PM의 경우도 비교적 적은양이지만 미세분양이 증가하였다. 반면 PFI mill의 경우 미세

분 함량의 변화가 거의 없는 것

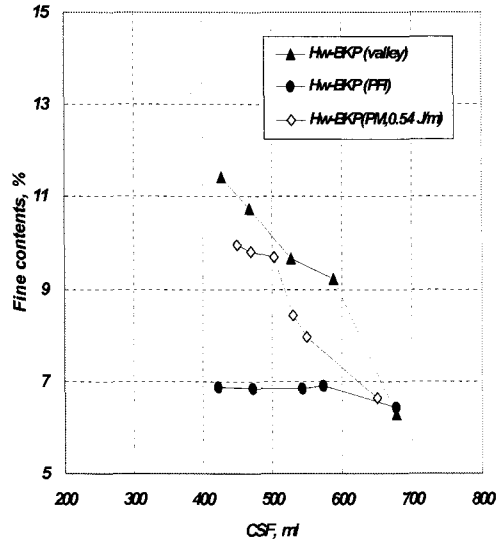


Fig.4. Fine contents vs. freeness

을 확인할 수 있었다.

이러한 결과로 볼 때 Valley beater는 내부피브릴화 뿐만 아니라 단섬유화도 유발시키는 것을 확인할 수 있으나, PFI mill은 주로 내부피브릴화를 유발시킨다고 할 수 있다. Rotor와 Stator가 서로 접촉하여 섬유에 압축 및 전단력을 부여하는 Valley beater는 내,외부 피브릴화가 발생할 뿐만 아니라 섬유 절단 현상도 일어날 확률이 높다는 것을 보여준다. Pilot refiner의 경우에도 3.1 mm의 바 폭을 가진 플레이트의 Rotor와 Stator가 회전하면서 바모서리에서의 충격으로 섬유 절단 현상이 일어나는 것으로 보이나 내부피브릴화효과는 상대적으로 적게 나타난다고 생각되어 진다. 그리고 PFI mill의 경우 매끈한 표면의 bed plate와 roll이 함께 회전하나 속도차이에 의해서 리파이닝이 이루어지므로 다른 두 가지 경우와는 달리 전단력 보단 주로 압축력에 의한 처리가 이루어지고 있다고 여겨진다. 따라서 섬유의 내부피브릴화는 발생하나 외부 피브릴화 및 섬유의 절단 효과는 적게 발생함을 관찰할 수 있었다.

Bulk의 경우 Valley beater로 리파이닝 시 낮았으며 PM과 PFI mill의 경우

비슷하게 측정 되었거나 PM의 Bulk값이 약간 높게 측정되었다. 이것은 Fig.3의 결과에

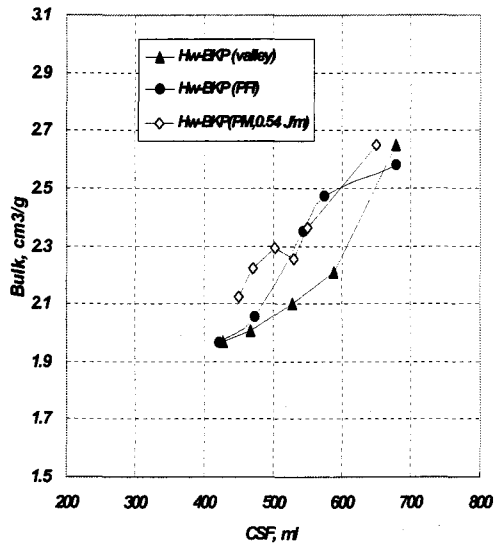


Fig. 5 Bulk vs. freeness

서 볼 수 있듯이 섬유의 유연성과 팽윤성이 높은 경우 Bulk 특성이 떨어지고 있음을 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 세 가지의 서로 다른 리파이닝 방식을 가지고 고해효과를 비교하고자 하였다. 특히 국내에서 연구용으로 많이 사용되는 Valley beater와 PFI mill의 고해효과와 현장의 리파이닝 처리 정도를 근접하게 모사할 수 있는 Pilot refiner의 결과를 비교분석하였다.

Valley beater의 경우 내부 피브릴화와 섬유의 절단 및 미세분 함량의 증가로 인해 강도적인 측면에서 크게 향상 되었으며 반면 벌크 특성은 낮게 나타났다. PFI mill의 경우 섬유의 내부 피브릴화는 발생하나 섬유의 절단은 거의 이루어 지지 않았다. Pilot refiner는 섬유의 절단과 미세분 함량 증가가 동시에 발생하였고 그 증가폭은 Valley beater에 비해서는 다소 낮았다. 그러나 내부 피브릴화 측면에서는 세 가지 방

식 중 가장 비효과적이었으며 결과적으로 강도특성이 상대적으로 낮게 측정되었다.

## 사 사

본 연구는 산업자원부의 지원에 의해 수행되었으며 대전 한솔제지(주)기술연구소로부터 Pilot Refiner Machine을 지원 받았음.

## 인용문헌

1. Riachard J. Kerekes, Characterizing refining action in PFI mills, Vol 4: No.3, TAPPI Journal.
2. J. Dhak, Process Specialist Alberta-Pacific Forest Industries Inc., Boyle, AB, TOA 0M0 Canada, Refining characteristics of aspen, 1997 Engineering & Papermakers Conference.
3. Frank P. Meltzer, Product Manager, Voith Sulzer Stoffaufbereitung GmbH, PO Box 2120, 88191 Ravensburg/Germany, Reducing specific energy in refining with a new key figure and innovative fillings materials.
4. D. C. McIntosh, The effect of refining on the structure of the fiber wall, Vol.50, No.10, October 1967, TAPPI
5. D.H. Page and J.H. De Grace, The delamination of fiber walls by beating and refining, Vol 50, No.10, October 1967, TAPPI