

# Kneading 처리에 의한 섬유특성 최적화 고해 조건 분석

채희재, 박종문<sup>\*</sup>, 박창순, 임종혁

충북대학교 임산공학과

## 1. 서 론

제지공정에 있어서 종이의 물성을 향상시키기 위하여 여러 가지 기술들을 개발하여 적용하고 있다. 대표적인 예로 pulp의 고해방법 및 정도를 변화시키거나 지력증강제등과 같은 화학 첨가제를 이용해 종이의 물성을 증가시켰다.

각종 고해 기술의 발달을 응용하여 원료인 pulp에 물리적인 전처리를 가하는 경우가 많다. 일반적인 고해는 섬유에 물리적인 힘을 가해 섬유표면에 fibrillation을 유발시켜 종이의 물성을 향상시키는 방법이다. 물리적 전처리로 인해 발현되는 curl, kink, microcompression 등의 섬유 변형효과는 인장강도를 저하시키지만 섬유간의 공극을 증가시켜 투기성이 증가한다.

물론 원료인 pulp의 선택은 섬유장, kink, curl 등을 고려하여 실시하여야 한다. 종이는 섬유 자체의 성과 network 특성에 의하여 물성을 달리한다. 또한 개개의 섬유 성질은 섬유간 network 형성 능력에 영향을 끼친다. 섬유의 변형과 그로 인한 섬유간 network 강도의 손실에 대한 관계는 이미 많은 연구에 의해 조사되었으며, 이러한 섬유의 변형에 의하여 종이에 결점을 만들기도 한다. 이러한 개개의 섬유 특성의 변화는 펄프를 만들기 위한 칩 제조하는 공정, 펄핑 공정, 고해 공정에 의하여 유발되어진다.

따라서 고해 공정 전에 실시한 물리적 전처리에 따른 섬유변형은 그 이후에 실시하는 고해공정을 거치면서 물리적 전처리 효과가 사라지는 경우가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 물리적 전처리의 효과를 상쇄시키지 않기 위해 물리적 전처리 후에 고해방법을 달리하여 섬유변형 효과를 극대화 할 수 있는 방법을 찾기 위하여 연구하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

#### 2.1.1 펄프

시중에서 널리 사용되는 SW-UKP(softwood unbleached kraft pulp)를 A사에서 분양

받아 사용하였다.

## 2.2 실험 방법

### 2.2.1 Kneader

해리한 펄프를 35%로 농축하여 한국화학연구원이 보유한 twin shaft kneader를 사용하여 미리 80℃로 내부온도를 맞춘 후 투입하여 1회 처리하였다.

### 2.2.2 고해

Kneading 처리를 시행한 pulp를 고해하였는데 각각의 처리조건은 Fig. 1에 나타내었다.

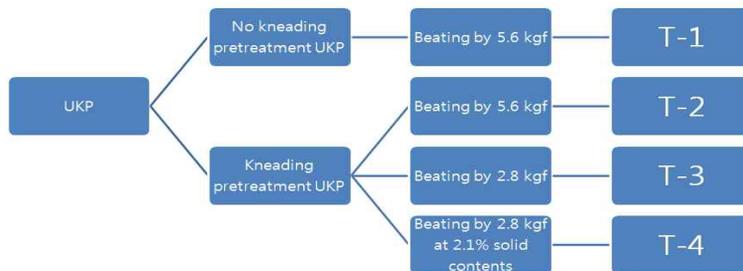


Fig. 1. Preparation of UKP stocks by kneading and beating.

### 2.2.3 섬유유의 분석

섬유장, 섬유폭, 조도, curl, kink 등을 분석하기 위해 MorFi LaBo(LB-01)로 측정하였다. 또한 섬유를 사프라닌으로 염색하여 프레파라트를 제작하여 현미경사진을 촬영하였다.

### 2.2.4 수초지 제작

Valley beater로 각각 700, 600, 500 ml C.S.F.로 고해한 펄프를 0.4%로 희석한 후 TAPPI T205 sp-95 에 의거하여 평량 80 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 제작하였다.

### 2.2.5 수초지의 물성 분석

수초지를 23±1℃, 상대습도 50±2%에서 12시간 조습시킨 후 평량, 두께를 측정하였다. 종이의 인장시험은 TAPPI T 494 om-88 에 의거하여 L&W사의 tensile tester with fracture toughness를 이용하여 측정했다. 수초지의 투기도는 TAPPI T 251 cm-85에

의거 하여 L&W사의 투기도 측정기를 이용하였으며 공기 100 cc 가 통과하는 시간을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 섬유의 분석

##### 3.1.1 Kneading 전처리 전후의 섬유 특성분석

물리적 처리 전후의 pulp의 섬유장, 섬유폭, 조도, kink, curl의 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 물리적인 처리 전후의 pulp의 특성을 비교해 본 결과 섬유의 길이와 폭은 감소했고 조도는 증가하였다. 또한 물리적인 처리에 의해 섬유의 꼬임과 변형을 알 수 있는 curl 및 kink의 수치가 증가함을 알 수 있었다.

Table 1. Properties of UKP stocks

	Average length( $\mu\text{m}$ )	Average width( $\mu\text{m}$ )	Coarseness (mg/m)	Kinked fibers(%)	Average curl(%)
Blank	2032	26.4	0.41	25.5	7.2
Pretreated pulp	1778	22.8	0.43	68.4	18.2



Fig. 2. UKP before kneading pretreatment( $\times 40$ ). Fig. 3. UKP after kneading pretreatment( $\times 40$ ).

##### 3.1.2 Beating time

Kneading 전처리한 UKP에 고해를 시행하였다. 고해시간을 달리하였을 때 각각의 여수도 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 동일한 여수도에 도달하기 위해 필요한 시간은 물리

적 전처리를 시행한 후 고해처리를 시행한 T-2에서 감소하였다. 이는 물리적 전처리 시행시 섬유가 서로 비벼지면서 어느 정도 섬유 손상을 가져왔기 때문이라고 사료된다. 고해하중을 줄인 T-3와 하중을 줄이고 농도를 높인 T-4에서는 600 ml C.S.F. 까지는 T-1과 비슷한 고해시간이 필요하였으나 500 ml C.S.F. 로 고해를 진행시킬때 T-4조건에서 가장 많은 고해 에너지가 필요함을 알 수 있었다.

### 3.1.3 고해처리 후 섬유 특성분석

각각의 고해처리 후의 섬유 특성분석을 Figs. 5-7에 나타냈다. 물리적 전처리 과정에서 섬유의 변형이 일어나기 때문에 curl 및 kink가 증가한다.

Fig. 5는 평균 섬유장을 나타내는 그래프이다. 고해가 진행될수록 섬유장에 변화가 일어났다. T-1과 T-2에서는 섬유장의 급격한 감소를 알 수 있는 반면, 여수도 700 ml C.S.F. 에서 섬유장이 늘어난 후 감소하거나(T-4), 유지 후 감소(T-3)함을 알 수 있었고, 500 ml C.S.F. 에서는 거의 비슷한 섬유장을 유지하는 것을 확인하였다.

Figs. 6-7을 통하여 kink 및 curl의 감소를 확인할 수 있다. 고해가 진행될수록 물리적 전처리를 가한 T-2, T-3, T-4의 kink, curl의 감소를 확인할 수 있었고 500 ml C.S.F. 에서는 거의 비슷한 수치를 나타냄을 확인하였다. Kneading 에 의한물리적 전처리의 효과를 유지하기 위해 상대적으로 pulp 농도를 올리고 고해하중을 낮추는 고해(T-4)가 유리하다고 판단되었다.

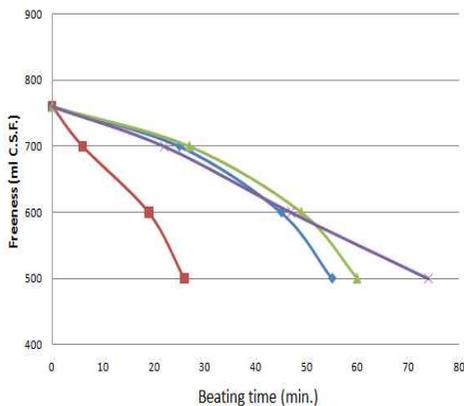


Fig. 4. Freeness of kneading pretreatment UKP depending on beating time.

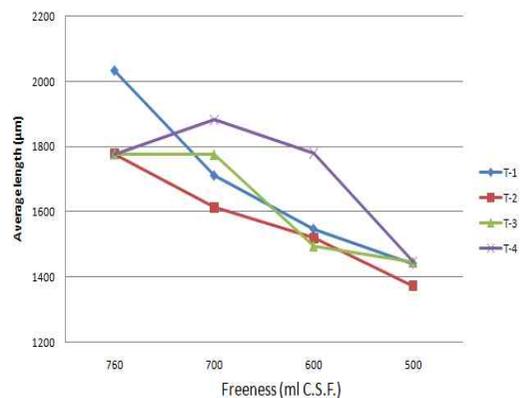


Fig. 5. Average fiber length of kneading pretreated pulp.

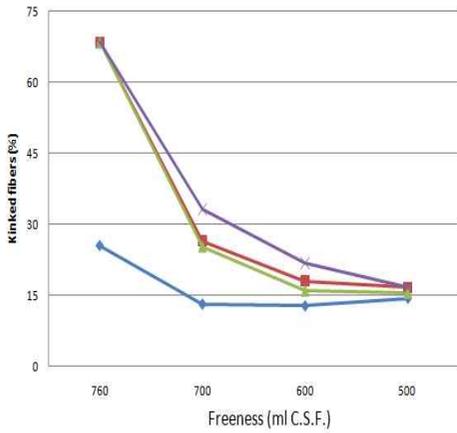


Fig. 6. Kinked fibers contents of kneading pretreatment UKP.

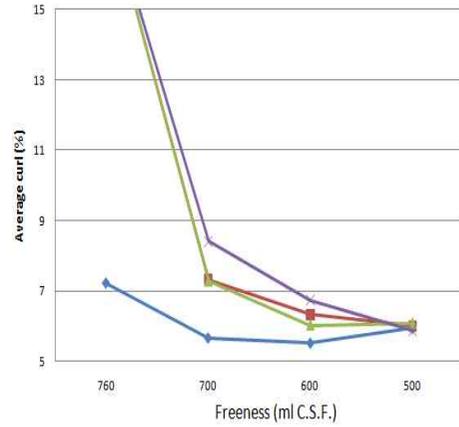


Fig. 7. Average curl % of kneading pretreatment UKP.

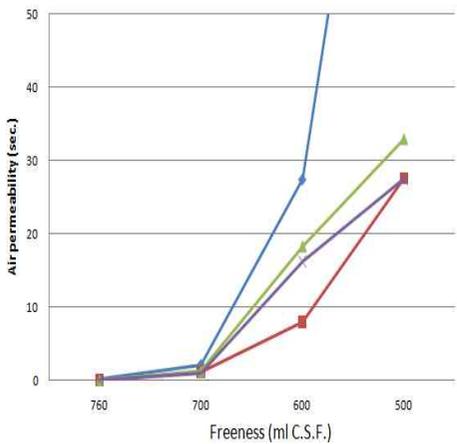


Fig. 8. Air permeability of handsheets.

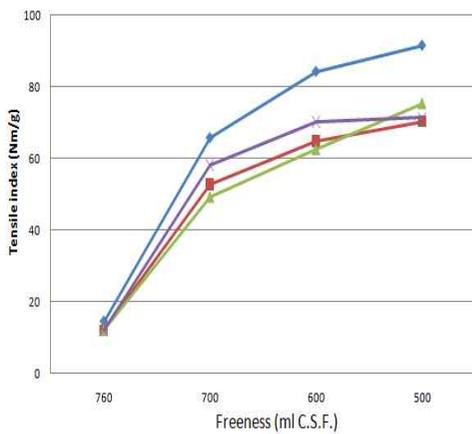


Fig. 9. Tensile index of handsheets.

### 3.2 Air-permeability

물리적 전처리와 고해조건에 따른 수초지의 투기도를 Fig.8 에 나타내었다. 물리적 전처리 여부와 고해의 조건이 달라짐에 따라 수초지의 투기도 특성이 달라짐을 알 수가 있는데, 전처리를 한 후 고해를 시행한 T-2, T-3, T-4는 T-1에 비해 낮은 투기도를 나타냈다. 이는 섬유 변형으로 인해 생긴 많은 공극이 투기도에 영향을 끼쳤을 것이라 판단되었다.

또한 물리적 전처리를 시행한 UKP 중 일반적인 고해 하중을 가한 T-2가 투기도가 가장 낮았으며 고해하중이 낮은 T-3은 T-2에 비해 높은 투기도를 나타냈다. 고해하중을 낮추고 고해농도를 높인 T-4는 T-2와 T-3의 중간 값을 나타낸 것을 확인하였다.

### 3.3 Tensile index

Fig. 9는 시편의 인장강도를 평량으로 나눈 인장지수를 나타낸 그래프이다. 섬유 kink와 curl이 증가하면 인장강도는 감소하였다. T-1에 비해 물리적 전처리를 시행한 시편들이 낮은 인장강도를 나타낸 것을 볼 수 있다. 이는 섬유에 물리적 전처리를 하였을 때 섬유변형으로 인해 섬유간 결합면적이 줄어들었기 때문이라고 판단되었다. T-4는 600 ml C.S.F.까지는 T-2, T-3에 비해 높은 인장강도를 나타내었으나 500 ml C.S.F.에서는 다른 처리와 비슷한 인장지수를 나타냈다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 UKP에 kneading에 의한 물리적 전처리를 가하고 그 이후에 고해방법을 달리하여 고해를 거치면서 물리적 전처리의 효과가 사라지는 경우를 억제하고 처리의 효과를 극대화할 수 있는 방법을 찾기 위하여 연구 하였다. 물리적 전처리 후 고해가 진행될수록 섬유의 단섬유화 및 처리에 의한 kink 및 curl이 감소하는 경향을 보였다. 이미 물리적 처리로 인하여 섬유가 손상되었기 때문에 일반적인 고해 방법으로는 섬유의 절단 및 kink, curl의 감소를 초래하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 고해시 고해하중과 고해농도의 변화를 주어 실험을 시행하였다. Kneading 전처리에 의해 발생한 kink와 curl을 보존하고 단섬유화를 줄이기 위한 타당한 고해방법은 이른바 점상고해라 불리는 고농도 지료에 저하중 고해를 실시하는 것이 타당하다고 판단되었다. 하지만 일정수준 이상의 고해를 진행할 경우 섬유장, kink, curl의 수준은 같았으며 수초지의 물성 또한 차이가 크지 않음을 확인하였다.

## 참고 문헌

1. Abitz, P., and Luner, P., The effect of refining on wet fiber flexibility and its relationship to sheet properties, pp.67-86.
2. Tam Doo, P. A. and Kerekes, R. J., The effect of beating and low-amplitude

- flexing on pulp fiber flexibility, J. Pulp Paper Sci. 15(1):J36 (1989).
3. Danforth, D. W., Pira International Conference: Advances in Refining Technology, Birmingham, England, Dec. 9-11 (1986).
  4. Sinkey, J. D., Internatiomnal symposium: Fundamental Concepts of Refining, IPC, Appleton, WI, Sept. 16-18 (1980).
  5. Luner, P. and Abitz, P., Fundamental of Papermaking, C. F. Baker & V. W. Punton, Vol. 1, EMP. Limited, London, pp.67-86 (1989).
  6. 장현성, 고해하중변화에 의한 탈수성과 종이물성변화, 충북대학교, 석사학위논문 (2003).
  7. 남기영, 정순기, 원종명, 제지 원료의 특성 및 물리적 처리가 종이의 기공 구조 및 물성에 미치는 영향, 한국펄프·종이공학회, 펄프·종이기술, 39(4):7-13(2007).
  8. 이진호, 박중문 섬유 특성에 따른 종이의 물리적, 파괴 역학적 특성 변화, 한국펄프·종이공학회, 펄프·종이기술, 35(3):37-42(2003).