

# 고지섬유의 효율적 이용을 위한 Multifactor의 활용분석 (I)

– Slot screen을 사용하는 경우 –

서영범<sup>1</sup> · 이민우 · 김영욱

(2010년 2월 3일 접수: 2010년 3월 7일 채택)

# Use of Multifactors in Paper Mills for Recycled Fibers (I)

– Slot screen cases –

Yung Bum Seo<sup>1</sup>, Min Woo Lee, Young Wook Kim

(Received February 3, 2010; Accepted March 7, 2010)

## ABSTRACT

Four waste paper mills in Korea, where multifactors, devices for fiber fractionation, were installed, were selected to investigate how effectively and how differently the multifactors were used. They all used slot-type screens. Effective fiber fractionations by fiber length were expected by the multifactors, but in reality, they were used for selecting fiber furnishes that were flexible and hydrated. Flakes, which meant large fiber bundles, were rejected effectively by the multifactors. There existed a high regression coefficient between the fiber length differences and the freeness differences of the accepted and the rejected fiber furnishes.

## 1. 서론

국내에서 고지를 사용하는 공장 중에서 multifactor를 사용하여 섬유분급을 실시하는 공장들이 있지만, multifactor들의 사용되는 현황에 대한 자료를 찾기 어려웠다. 고지섬유의 경우 고지의 낮은 탈수성을 보완하

고 강도를 유지하기 위하여 장섬유를 분리고해하고, 단섬유분들을 나중에 첨가시킴으로서 고해 에너지를 줄이고, 탈수성을 높이며, 강도적 성질을 보완하는 방향으로 연구들이 지속되어왔다<sup>1-3)</sup>. 하지만 고지섬유들의 품질이 시간이 갈수록 열악해지며, 탈수성이 더욱 감소함으로서 사실상 장섬유의 고해 가능성까지도 점점 더

• Dept. of Bio-materials, College of Life Science and Agriculture, Chungnam National University, Daejeon, Yuseong-Gu Gung-Dong, Republic of Korea

1 Corresponding author. ybseo@cnu.kr, T)82-42-821-5759

악화되고 있다. 본 연구에서는 현재 국내에 설치된 multifactor 들의 사용현황들을 구에하여, 어떠한 용도로 얼마나도 점점인 섬유분급이 이루어지고 있는지 알아보고자 하였다<sup>4,5)</sup>. 특히 multifactor를 사용하는 국내 공장 중에서 규모가 큰 규모의 공장 4개를 대상으로 하였으며, 이들을 A, B, C, D 공장으로 칭하였다. 이들 공장들은 AOCC (American old corrugated container) 와 KOCC (Korean old corrugated container)를 대개 따로 처리하고 있었으며, 모두 slot 스크린들을 사용하고 있었으며 전반적으로 섬유유의 섬유유장에 따른 분급 효율은 매우 부실한 상태였다.

본 연구에서는 섬유유의 길이에 대한 분급효율이 매우 높은 hole screen<sup>4)</sup>을 사용하기보다 slot screen을 사용하는 경향이 있는 국내 multifactor 이용 공장들의 운전현황과 자료분석을 실시하고자 하였다. 또 이러한 분석을 통해 multifactor 의 실제적인 역할을 알아보고자 하였다. 두 번째 논문인 ‘고지섬유의 효율적 이용을 위한 Multifactor의 활용분석 (II)’에서는 섬유유의 길이에 따른 분급효과가 높은 hole screen을 이용하기 위하여, 국내 기업 중에서 파일릿 분급기를 가지고 있는 공장들에서 hole screen을 이용한 분급도 실시하여 slot screen 과 그 결과들을 비교, 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구에서 사용된 펄프는 A사, B사, C사, D사의 multifactor에서의 OCC (inlet, accept, reject)를 사용

**Table 1. Characteristics of pulps and multifactors used in the mills.**

Pulp	Note
A paper mill AOCC	Flow rate of accept and reject = 70 : 30 (Fractionator model : ITM-BC500) slot size : 0.25mm
B paper mill AOCC	Flow rate of accept and reject = 60 : 40 (Fractionator model : BCI 600SB) slot size : 0.33~0.35mm
C paper mill AOCC KOCC	Flow rate of accept and reject = 60 : 40 (Fractionator model : TAS-340) slot size : AOCC 0.25mm/KOCC 0.2mm
D paper mill KOCC	Flow rate of accept and reject = 70 : 30 and 60 : 40 (Fractionator model : BCI 600SB) slot size : 0.33mm

하였으며, multifactor 기종 및 당시 사용하였던 slot screen 의 크기도 같이 제시하였다. 각각의 특징은 Table 1과 같다.

채취된 섬유들은 Table 2에 제시한 바와 같이 다양한 방법으로 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

섬유샘플들은 각각 공장의 multifactor 입구 (inlet), multifactor들의 출구 (outlent) 즉, 스크린을 통과한 accept 와 스크린을 통과하지 못한 reject 를 직접 채취하였다. 공장에서는 reject 인 장섬유들을 추가적으로

**Table 2. Analyzing methods of fiber furnishes**

Properties	Methods
Fiber length	Morfi fiber analyzer
Ash	ISO 1762:2001(Ed.2) Paper, board and pulps -- Determination of residue (ash) on ignition at 525 degrees C
Freeness	ISO 5267-2:2001(Ed.2) Pulps -- Determination of drainability -- Part 2: "Canadian Standard" freeness method
WRV	ISO 23714:2007 (Ed.1) Pulps -- Determination of water retention value (WRV)
Breaking length	ISO 1924-2:2008 (Ed.3) Paper and board -- Determination of tensile properties -- Part 2: Constant rate of elongation method (20 mm/min)
Drainage	T221 cm - 99 Drainage time of pulp
3F Analysis	T275sp-02 Screening of pulp (Somerville-type equipment)

고해하는 공정이 없었다. Table 3과 Table 4에서는 공장에서 채취한 샘플들의 섬유측정결과와 물리적 특성을 각각 보이고 있다. 표에서와 같이 먼저 각 지료들은 길이중 평균섬유장, 섬유덩어리 (flake)와 섬유분 (fiber), 미세섬유분 (fines) 을 측정하여 Table 3에 나타내었고, Table 4에서 지료의 분급비율 (Ratio-flow)과 실제 섬유들의 분급비율 (Ratio-fiber)을 따로 나타내었다. Flake는 덩어리가 되어서 잘 풀리지 않는 섬유분을 말하며, reject에 주로 포함되어있다. 미세분인 fine은 0.2 mm 이하의 섬유분들의 양을 말한다. 또 각각의 농도와 여수도, 탈수도, WRV(Water Retention Value), 및 열단장을 Table 4에 나타내었다.

Table 5에서는 reject와 accept의 평균섬유장의 비율, flake의 %, 탈수도의 시간 및 섬유들의 분급상황이 나타나있다. C mill의 경우 multifactor에 의한 분급이 섬유장의 차이를 거의 내지 못하였지만 flake를 현저히 걸러내는 효과를 발휘하였음을 보이고 있다. 따라서 C mill의 경우 multifactor를 flake를 걸러내는데 주로 쓰이는 것으로 판단되며, multifactor 이전의 공정에서 수화되고 유연해진 섬유들이 주로 slot screen을 통과

하는 것으로 판단된다. Slot screen은 그 구조상 섬유의 크기가 slot 크기보다 작거나 유연한 섬유들이 통과할 수 있기 때문이다. 섬유가 유연해지려면 섬유가 충분히 수화되거나 기계적인 충격으로 섬유벽의 층간분리가 이루어져야 한다. 즉, C mill의 경우 분급에 의해 섬유장의 변화는 거의 없었지만 유연한 섬유들을 선택하는 accept 지료의 경우 열단장이 높아질 것으로 예상된다. C mill의 경우, 열단장의 개선이 accept 지료가 초기 지료보다 AOCC의 경우 17%, KOCC의 경우 25% 각각 증가된 것을 볼 수 있었다 (Table 4).

분급에 의한 섬유장의 차이가 가장 두드러진 공장은 D mill로서 이러한 섬유장 차이로 인한 accept와 reject의 탈수도 차이는 6배정도를 나타내었다 (Table 5). 반면에 열단장의 차이는 크게 나타나지 않았다. 이것은 accept와 reject 지료의 섬유장의 차이가 적은 C mill의 경우와 구별된다. 섬유장이 작아지면 섬유 표면적이 증가하고 섬유간의 결합부위가 넓어져서 섬유간의 결합이 증가하고 열단장이 증가하는 것이 일반적이다<sup>6-7)</sup>. 이러한 현상이 D mill 지료에 나타나지 않는 이유를 우리는 분급된 지료들의 회분양의 차이에서 짐작할 수 있

**Table 3. Distribution of fractionated fiber furnishes by multifactors**

	Fiber L. (mm)	Flake (%)	Fiber (%)	Fines (%)	COD (mg/L)	Ash (%)
A mill Inlet	0.98	3.43	62.73	33.84	2102	4.98
A mill reject	1.12	7.23	72.15	20.62	2120	3.85
A mill accept	0.94	1.34	53.77	42.89	2148	4.86
B mill Inlet	0.90	2.90	66.72	30.38	4184	14.69
B mill reject	0.93	4.65	68.00	31.58	3160	14.07
B mill accept	0.83	0.42	63.00	32.35	3000	14.91
C mill Inlet (AOCC)	0.83	6.56	72.45	20.99	3012	10.41
C mill reject (AOCC)	0.84	11.63	66.41	21.96	4416	10.49
C mill accept (AOCC)	0.80	1.00	72.58	26.42	3436	11.70
C mill Inlet (KOCC)	0.80	4.55	69.42	26.03	3000	12.11
C mill reject (KOCC)	0.82	9.96	69.56	20.48	2656	12.84
C mill accept (KOCC)	0.78	1.11	74.33	24.56	3724	12.84
D mill Inlet	0.89	2.14	71.92	25.94	3028	14.68
D mill 7:3 reject	0.97	4.15	67.60	28.25	3208	13.20
D mill 7:3 accept	0.74	0.38	58.90	40.72	2856	19.29
D mill Inlet	0.89	2.14	71.92	25.94	3028	14.68
D mill 6:4 reject	0.92	3.63	69.48	26.89	3660	12.75
D mill 6:4 accept	0.73	0.36	59.47	40.17	3472	18.51

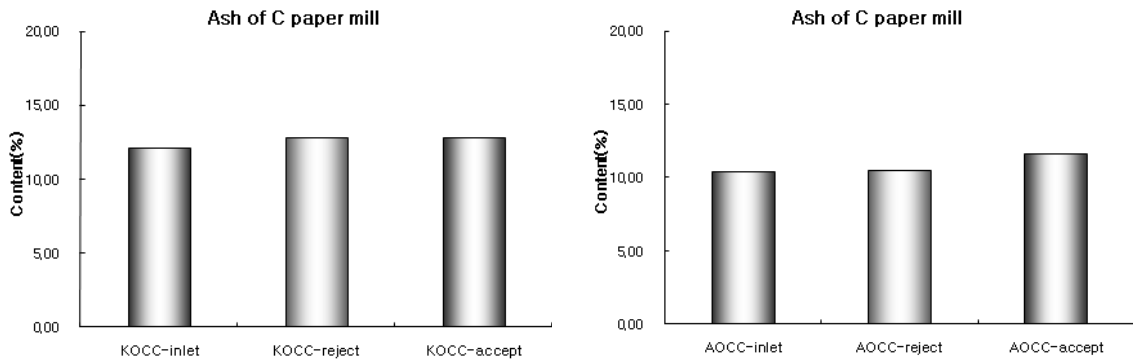
**Table 4. Physical properties of fractionated fibers furnishes**

	Ratio-flow	Ratio-fiber	Conc. (%)	Freeness (ml)	WRV (g/g)	Breaking L. (Km)	Drainage (sec)
A mill Inlet	100.0	100.0	1.45	535	1.82	3.33	9.01
A mill reject	28.0	41.0	2.37	659	1.69	3.03	5.84
A mill accept	72.0	59.0	1.42	468	1.82	3.48	12.35
B mill Inlet	100.0	100.0	3.02	435	1.56	2.88	13.95
B mill reject	40.3	44.8	3.26	456	1.61	2.72	12.75
B mill accept	59.7	55.2	2.71	370	1.64	3.26	18.36
C mill Inlet (AOCC)	100.0	100.0	1.28	433	1.68	2.55	14.36
C mill reject (AOCC)	40.3	47.2	1.46	492	1.64	2.38	11.79
C mill accept (AOCC)	59.7	52.8	1.23	396	1.70	2.99	16.45
C mill Inlet (KOCC)	100.0	100.0	1.65	437	1.66	2.66	15.68
C mill reject (KOCC)	40.0	48.1	1.61	456	1.68	2.69	14.02
C mill accept (KOCC)	60.0	51.9	1.49	396	1.72	3.33	16.52
D mill Inlet	100.0	100.0	3.0	369	1.79	2.97	17.75
D mill 7:3 reject	30.0	44.8	3.4	509	1.60	2.78	9.77
D mill 7:3 accept	70.0	55.2	1.8	190	1.78	3.26	60.87
D mill Inlet	100.0	100.0	3.0	369	1.79	2.97	17.75
D mill 6:4 reject	40.0	55.5	3.3	485	1.60	2.80	10.63
D mill 6:4 accept	60.0	44.5	2.7	170	1.91	3.12	67.49

었다. Fig. 1 과 Fig. 2 는 C mill과 D mill의 분급결과 나타나는 회분의 양에서 보이고 있다. 즉 D mill의 경우 분급은 잘 이루어졌지만 초기부터 회분양이 많았으며(약 15%), accept 지료에 섬유간 결합을 방해하는 무기질인 회분이 많이 들어가서 reject에 비해 회분양에 있어서 약 6% 의 큰 차이들을 보이게 되었다.

회분의 대부분을 구성하는 무기질들은 그 크기가 때

우 작아서 주로 accept 지료에 포함되게 되는 경향을 보이고 있었다. 이러한 회분양의 차이는 열단장에도 크게 영향을 주게 될 것이다. 즉, accept 지료는 섬유장이 작아서 섬유간 결합면적이 높아질 것으로 예상되었지만 accept 지료에 많이 포함되어있는 회분들이 섬유간의 결합의 방해인자로 작용함으로써 reject 지료와 열단장의 크기에 있어서는 현격한 차이를 나타내지 못하였다



**Fig. 1. Ash contents of the fractionated furnishes (C mill cases).**

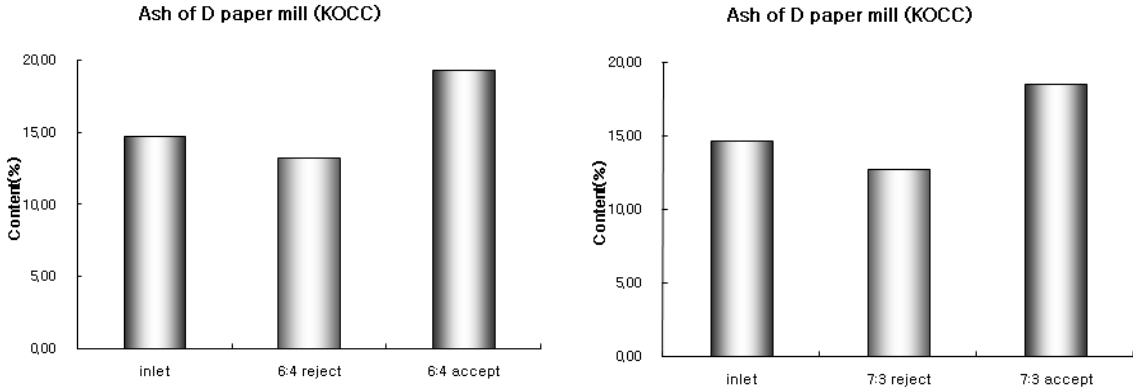


Fig. 2. Ash contents of the fractionated furnishes (D mill cases).

Table 5. Fractionation results of fiber furnishes

	Mean fiber length			Flake,%		Drainage, sec		Fractionation,%	
	Accept	Reject	Ratio	Accept	Reject	Accept	Reject	Accept	Reject
A mill	0.94	1.12	1.19	1.34	7.23	12.4	5.8	59.0	41.0
B mill	0.83	0.93	1.12	0.42	4.65	18.4	12.7	55.2	44.8
C mill - AOCC	0.80	0.84	1.05	1.00	11.63	16.5	11.8	52.8	47.2
C mill - KOCC	0.78	0.82	1.05	1.11	11.63	16.5	14.0	51.9	48.1
D mill - 7:3	0.73	0.92	1.25	0.36	3.63	67.5	10.6	44.5	55.5
D mill - 6:4	0.74	0.97	1.31	0.38	4.15	60.9	9.8	55.2	44.8

고 볼 수 있는 것이다. 반면 C mill의 경우 분급된 지료들의 회분량의 차이는 없었다. 이러한 결과를 요약하면 회분이 많은 지료의 경우 분급에 의해 섬유장의 차이를 매우 크게 만들지라도 분급된 두 지료의 열단장의 차이가 크게 나타나지 않을 것임을 시사하고 있다.

A mill과 B mill의 경우 C mill과 D mill의 중간상태로 multifactor를 운전하고 있었다. A mill의 경우 다른 공장들에 비해 열단장이 다소 높은 경향을 보이는데 그것은 초기 지료의 회분량이 현저히 적기 때문으로 판단된다 (Table 3). A mill의 reject 지료는 여수도가 659 ml에 이를 만큼 매우 높았으며, 강도증대를 위해서는 reject 지료에 약간의 고해를 실시하는 것도 가능할 수 있을 것이다. 섬유 크기별 분급이 효과적으로 이루어진 D mill의 경우, 초기 지료의 여수도 (369 ml)가 너무 낮아서 reject 지료의 여수도도 낮으므로 고해를 실시하는 경우 탈수도의 급격한 저하가 예상되었다.

Accept된 지료와 reject된 지료의 섬유장 차이와 두 지료의 여수도 차이를 상관관계로 나타내 보았는데

Fig. 3과 같이 높은 상관관계를 보임을 알 수 있었다 ( $R^2=0.840$ ). 공정상 많은 요소들이 지료의 여수도 변화를 야기시킬 수 있지만 섬유장의 차이가 두드러지게 여수도의 변화를 야기시키는 주요 변수인 것을 나타내고 있다. 반면에 섬유장과 여수도, 혹은 미세분의 양과 여수도는 우수한 비례관계를 형성하지 못하였다 (Fig. 4

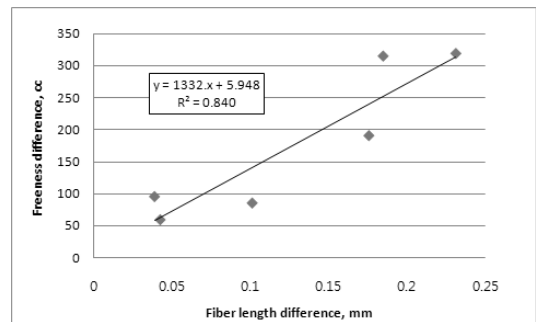


Fig. 3. Relationship between fiber length and freeness differences for the fractionated furnishes.

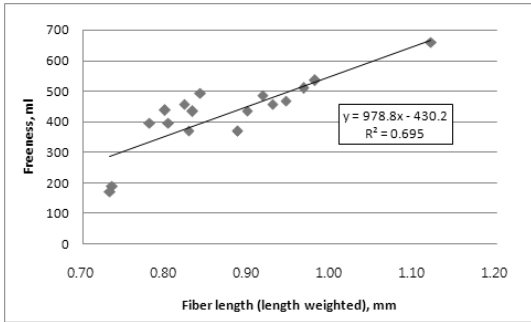


Fig. 4. Relationship between fiber length and freeness for the fractionated furnishes.

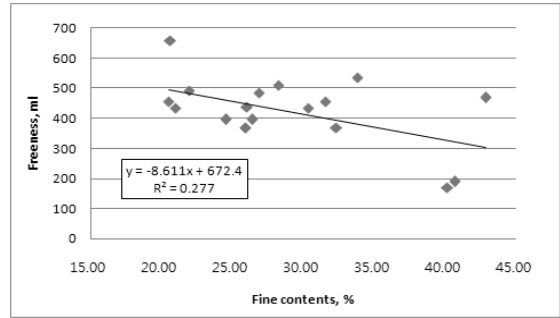


Fig. 5. Relationship between fine contents and freeness for the fractionated furnishes.

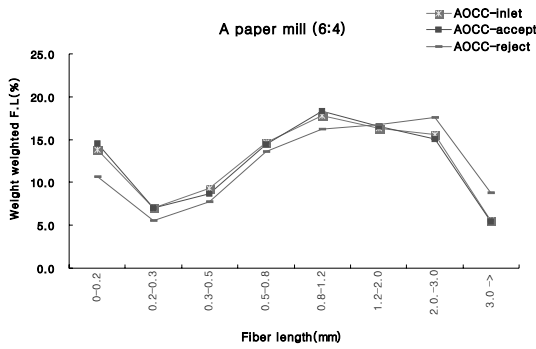


Fig. 6. Fiber length distribution (A mill).

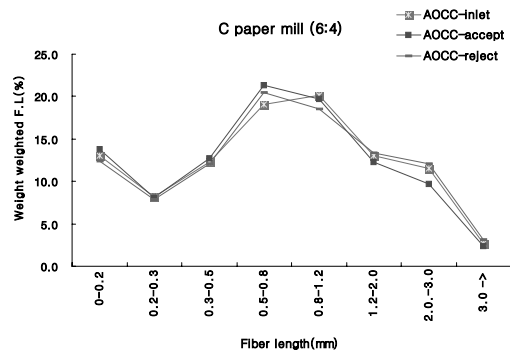


Fig. 7. Fiber length distribution (C mill).

와 Fig. 5). 이는 모두 OCC 를 사용하고 있기는 하지만 공장마다 특징이 서로 다른 자료를 사용하고 있어서 생길 수 있는 현상으로 판단되었다.

섬유장의 분포를 Fig. 6에서 A mill의 자료, Fig. 7에

서 평균섬유장의 차이가 적은 C mill의 자료, Fig. 8에서는 평균섬유장의 차이가 큰 D mill의 자료를 서로 비교하였다. Fig. 8에서는 섬유장의 분포의 차이가 크게 드러나고 있었다.

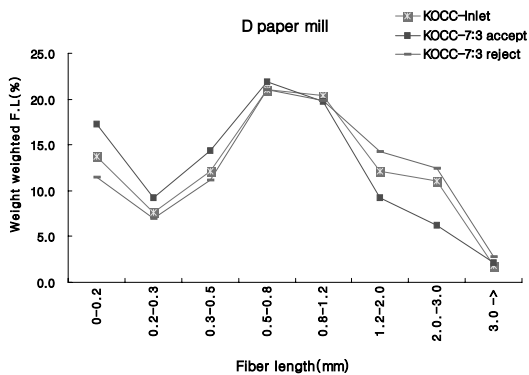


Fig. 8. Fiber length distribution (D mill).

## 4. 결론

현재 국내 고지공장에서 사용되고 있는 대표적인 multifactor들은 정도의 차이는 있지만 섬유장의 크기별 분급을 실시하는 경우와 섬유장의 크기별 분급보다는 섬유덩어리인 flake를 분리시키는 데 더 무게를 두고 있는 공장들이 있다는 것을 알 수 있었다. 섬유장의 크기별 분급이 크게 발생하지 않는 경우라도 accept 자료들의 열단장들은 상당히 증가하는 경향이 있었는데, 그것은 accept 자료의 경우, 자료에서 flake의 양이 적으며, 해리과정 등을 통해 이미 유연해진 섬유들이 주로 slot

screen을 통과하는 결과로 판단되었다.

유연하고 크기가 작은 섬유들이 slot screen을 통과하게 되지만 초기에 회분양이 많은 지료의 경우, 잘게 부서진 회분들이 주로 accept 지료에 포함되게 되므로 slot screen을 통과한 지료의 높은 유연성에 기인한 높은 섬유간 결합의 잠재력을 충분히 발휘할 수 없게 되는 경우도 있었다. 이러한 경우 먼저 지료의 비중별 분리가 가능한 크리너를 먼저 통과하는 것이 바람직하다고 할 수도 있다.

현재 국내 4개사에서 사용되고있는 multifactor들의 사용현황을 분석한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 섬유의 크기별 분급은 네 개의 공장중에서 한 공장에서만 효율적으로 이루어지고 있었다.

- 다른 세 공장에서는 섬유장에 따른 분급보다는 multifactor 이전 공정에서 slot screen을 통과할 만큼 수화되고 유연해진 섬유들을 선택하는 공정으로 판단되었다.

- 분급전 지료의 회분양이 많을수록 분급후 accept와 reject 지료들의 섬유간 결합에 차이를 만들지 못하였다.

- slot screen의 크기와 지료 분급비율만으로는 섬유 분급의 효과를 예측하기 어려웠다.

- 분급된 섬유들의 섬유장의 차이와 여수도의 차이는 높은 비례관계가 있었다.

## 인용문헌

1. Lee, J.H., Seo, Y.B., Choi, C.H., and Jeon, Y., Influence of chemical and mechanical treatments of the screened short fibers from OCC on paper properties, J. Korea Tappi 33(4): 8-14 (2001).
2. Lee, J.H., Seo, Y.B., Jeon, Y., Lee, H.L., and Shin, J.H., Strength property improvement of OCC-based paper by chemical and mechanical treatments, J. Korea Tappi 32(2): 8-15 (2000).
3. Bliss T., A study of fiber fractionation using centrifugal cleaners, Pulp and Paper, 88 (1987).
4. Olson, J., Allison, B., Friesen, T., and Peters, C., Fiber fraction for high porosity sack kraft paper, Tappi J. 84(6):10 (2001).
5. Olson, J.A., Fiber length fractionation caused by pressure screening. Part3: Contoured slotted screen plates, Pulp and Paper Report 1415 (1999).
6. Casey, J.P., Pulp and Paper, 3rd edition, Vol. II, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, pp845-854 (1980).
7. Defoe, R.J., Optimal refining conditions for development of OCC pulp properties, Tappi J., 76(2):157-161(1993).