

면 린터 펄프 종류에 따른 고해적성 평가

신현식 · 박종문^{1*} · 이진호² · 김정중¹ · 길정하

접수일(2013년 10월 4일), 수정일(2013년 10월 20일), 채택일(2013년 10월 23일)

Evaluation of Beatability of Two Kinds of Cotton Linter Pulps

Hyeon-Sik Shin, Jong-Moon Park^{1*}, Jin-Ho Lee², Jeong-Jung Kim¹ and Jung-Ha Kil

Received October 4, 2013; Received in revised form October 20, 2013; Accepted October 23, 2013

ABSTRACT

In this study, paper mill applicability of two kinds of cotton pulps which have different initial freeness, fiber length and intrinsic fiber strength were investigated. Basic properties such as CED viscosity, fiber length, and crystallinity of major two kinds of cotton pulps were analyzed, and beatability of cotton pulps and physical properties of handsheet made from two kinds of cotton pulps were compared. Laboratory beating was performed at different refining conditions such as refining loads and freenesses. Relationship between beating degree and physical properties of handsheet were compared to seek optimum condition of refining for different cotton pulps application to paper mill.

Keywords: Cotton Linter, CED viscosity, crystallinity, refining, physical properties of paper

1. 서론

현재 제지공정에 있어 최대 목표는 원가절감, 품질 향상과 생산성 증대이다. 특히 면 린터펄프를 이용하여 특수지를 제조하는 생산현장에서조차 마찬가지이다. 최근 해외시장의 개방과 함께 국제 면화가격의 급격한 상승은 제조원가에 많은 부담으로 작용하고 있다. 면

린터섬유(cotton linters)는 일반 목재섬유(wood pulp)와 마찬가지로 원료섬유 대부분을 수입에 의존하고 있으며 그 사용량이 매년 증가하고 있는 추세이다. 기존 제지공정에 사용되는 C린터섬유의 경우 다년간의 축적된 고해기술로 고해적성이 상당히 안정되었으나, 섬유자체의 강도가 높고, 초기 고해도가 높으며, 섬유길이 장섬유화 경향을 나타내는 새로운 U린터섬유는

* 한국조폐공사 (KOMSCO, 80-67 Geahak-ro Yuseong-gu Daejeon 305-713, Republic of Korea)

¹ 충북대학교 농업생명환경대학 임산공학과 (Dept. of Forest Product & Engineering, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk, 361-763, Republic of Korea)

² 주 케미라 (KEMIRA, Yeoksam bldg 13th floor, #648-23 Yeoksam-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-748, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: jmpark@cnu.ac.kr

고해시간이 과다 소요되고 초지적성이 저하되는 등 기존 고해방식에 쉽게 순응하지 못하는 중대 문제점을 나타내고 있다.

20세기 초 Dunbar¹⁾는 제지공정에서 고해나 리파이닝의 운영만큼 깊은 주어나 경험적 판단을 요구하는 공정은 없다고 하며 실제 “종이가 만들어지는 곳은 고해기”라고 그 중요성을 역설하였고, Yoon²⁾은 제지용 원료펄프 섬유는 그것이 얻어진 식물학적 기원이나 산지 또는 섬유화 방식과 처리공정 등에 따라 큰 차이를 나타낼 수 있는데 원료섬유별 특성에 따라 최적의 고해효율을 위한 고해방법에 더욱 신중을 기하여야 한다고 보고하였다. 그러므로 균일한 품질의 종이를 제조하기 위해서는 무엇보다도 원료로 사용하고 있는 펄프섬유 조건이 고해 시 충분히 고려되어야 한다. 특히 이들 섬유재료는 원산지, 가공과정 등에 다소 차이가 있기 때문에 생산현장에서 요구하는 최적의 제지적성 발현을 위한 고해공정에서 고해가 어렵고 목적 고해조건 도달 시간이 많이 소요되며, 탈수와 치수불량 등 제지적성이 저하되어 현재 제지공정에 적지 않은 영향을 미치고 있다. 따라서 본 논문에서는 주어진 제지공정 시설에서 나타나는 문제점에 대한 기술적인 해결방안을 모색하기 위한 기초실험 단계로 주요 2가지 면 린터섬유에 대한 고해특성과 수초지의 물리적 특성을 비교 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

2.1.1 공시펄프

Table 1. Properties of cotton linter fibers

Properties	C* linter fibers	U** linter fibers
Fiber Classification (%) (Bauer-McNett 14-28 mesh)	64	71
Viscosity (cPs)	40	70
Freeness (mL CSF)	608	720
Ash (%)	0.24	0.39
Brightness (%)	84	86
Crystallinity (%)	83	84

C* Linter fibers : Cotton Linter from China

U** Linter fibers : Cotton Linter from Uzbekistan

본 실험에서는 국내 K사에서 주로 사용하고 있는 면 린터펄프 (cotton linter pulp) 2종을 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 고해특성

C 및 U 린터펄프의 고해 속도측정은 표준해리기로 해리한 펄프시료를 실험용 Valley beater를 이용하여 1.5%의 농도, 고해하중 5.6 kgf 으로 450, 350, 250, 150 mL CSF 의 목적고해도까지 도달할 때 소요되는 시간을 초시계를 이용하여 각각 측정하였다. C 및 U 린터섬유의 고해도 측정은 TAPPI T227 om-94의 기준에 의하여 전건중량 3 g을 채취하여 각각의 고해도를 측정하였다.

2.2.2 탈수성 및 WRV

린터펄프의 탈수시간은 TAPPI T221 om-93에 근거하여 잘 해리된 전건중량 1.2 g의 펄프 현탁액을 시트머신기에 넣은 후 최종 액량선 까지 물을 채운 후 교반하여 배수판을 열고 표선부터 금방까지의 배수시간을 스톱워치를 이용하여 측정하였다. 섬유의 보수도(WRV)는 KOKUNSAN사 H-103N을 사용하였으며 TAPPI UM-256 방식에 근거 50 g의 filtering crucible에 고온체로 거른 4 g의 펄프 슬러리를 넣은 후 중력 가속도 900 G 조건에서 30분간 원심 분리하였다. 원심분리가 끝난 일정량의 펄프시료의 무게를 측정하고 105±3℃ 건조기에서 24 hr 건조 후 무게를 측정하였다. 이후 보수도 측정방식에 따라 WRV를 측정하였다.

2.2.3 CED 점도 및 중합도

린터펄프의 CED(Cupriethylenediamin) 점도는 TAPPI T230 om-94에 근거하여 측정하였으며 전건중량 0.25 g의 시료를 채취하여 25 mL의 증류수와 함께 100 mL의 삼각플라스크에 넣고 완전히 교반하여 분산시켰다. 이후 용기에 25 mL의 CED용액을 첨가, 질소가스로 1분간 충전시킨 뒤 용기 입구를 밀봉하고 셀룰로오스가 용해되도록 교반시켰다. 반응이 끝난 CED용액은 glass filter로 여과하였고 여과액은 Ubbelode 점도계를 사용하여 25±1℃의 항온수조에서 초시계를 이용하여 낙하시간을 측정하였다.

셀룰로오스의 중합도 계산은 Temming사의 환산식

을 이용하여 중합도를 계산하였다. Temming사의 환산식은 아래와 같다.

$$DP = -449.6 + 598.4 \ln(CED) + 118.08 \ln^2(CED)$$

셀룰로오스의 분자량은 상기 중합도 측정 결과 값에 셀룰로오스 분자량 162를 곱하여 산출하였다.

2.2.4 홀로셀룰로오스 함량 및 결정화도

린터펄프의 홀로셀룰로오스 분석은 Wise's method를 근거로 펄프시료 2.5 g을 삼각플라스크에 채취하였다. 아염산나트륨 1 g, 빙초산 0.2 mL, 아세톤 50 mL와 증류수 150 mL를 첨가하고 60-70°C의 향온수조에 1 hr 반응시킨 후 아염산나트륨 1 g, 빙초산 0.2 mL를 3회/hr 반복 투입하여 백색잔사를 글라스필터로 여과 냉수 100 mL, 아세톤 50 mL로 세척건조 후 칭량하였다. 섬유 결정화도 측정은 PANalytical사의 X'Pert Pro기를 사용 X선 회절법(X-ray Diffraction, XRD)을 활용 Segal method로 측정하였다.

2.2.5 섬유품질 측정

린터펄프의 섬유품질분석(fiber quality analysis)은 핀란드 메조 사의 Kajaani FS 300 섬유품질분석기를 사용하였고 시료 10 mL를 채취하여 100 mL 증류수를 첨가하여 무게 희석하여 시료를 피펫으로 1 mL를 채취하여 희석하였다. 측정조건은 중량 0.2 g, 회전스피드 40-80 rpm, 섬유측정개수는 8,000-12,000개로 하여 길이가중치 섬유장(fiber length), 미세분(fines), 컬

(curl), 키크(kink), 섬유 폭(fiber width) 등을 측정하였다. 단, 조도(coarseness)는 L&W사의 Fiber tester기를 이용하였으며 미세섬유 함량은 0.2 mm 이하를 미세섬유로 규정 측정하였다.

2.2.6 수초지 제조

2.2.1의 방법에 따라 각각 고해한 U 및 C린터펄프를 실험실용 원형수초지기를 이용하여 평량 60 g/m²으로 초지한 후 압착 건조하여 수초지를 제조하였다. 이때 고해하중은 5.6 kg, 고해도는 450, 350, 250, 150 mL CSF로 하였다.

2.2.7 수초지의 물리적 특성

수초지의 물리적, 강도적 성질을 평가하기 위하여 Table 2의 방법과 같이 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 면 린터펄프 특성 평가

3.1.1 CED 점도 및 중합도

면 린터펄프에 대한 셀룰로오스 섬유의 분자량과 중합도 차이를 비교하기 위하여 CED점도를 측정하였다. 앞서 Table 1에서 나타난 바와 같이 2가지 원료섬유에 대한 초기 CED점도는 U린터 섬유가 70 cPs, C린터 섬유가 40 cPs로, U린터 섬유가 C린터 섬유에 비하여 30 cPs 즉 약 43% 정도 더 높게 나타났다. 이는 2가지 모두 동일한 린터섬유라 할지라도 원산지와 가공방식

Table 2. Measurement methods for physical properties of handsheet

Properties	Method	Instrument	Unit
Tensile index	ISO 1924-2	FRANK F81502 Tensile Tester Horizontal TS	N-m/g
ZDT	TAPPI useful method-584	L&W ZD Tensile Tester	kPa
Folding endurance	ISO 5626	Shopper tester, FRANK	logN
Formation index	-	Formation tester, Techpap	LT
Bulk	ISO 534	-	cm ³ /g
Light-scattering coefficient	ISO 2470	Opacity tester, Technidyne	m ² /kg

을 달리함에 따라 처음부터 CED점도가 확연한 차이가 있었다. Table 3은 각 고해구간별 CED점도를 보여주고 있다. 각 고해구간별 CED점도는 U섬유는 66-64 cPs, C섬유는 26-27 cPs, 정도로 U섬유가 약 2.5배 CED점도가 높게 나타났다. 또한 각 섬유는 고해초기부터 목적고해도까지 물리적인 고해처리에 의한 CED 점도 변화는 크게 나타나지 않았으며, 중합도 및 분자량도 차이가 크지 않았다. 이는 고해과정에서 셀룰로오스 섬유체인을 파괴할 수 있을 만큼의 물리적인 작용이 크지 않은 것으로 판단된다. 각 섬유의 결정화도는 유사한 수준을 나타내고 있으며 고해가 진행되면서 다소 감소하는 추세이고 홀로 셀룰로오스 함량 또한 95% 이상 순도가 높은 전형적인 셀룰로오스 섬유물질로 구성되었으며 근본적인 차이는 거의 없었다. Lautd 등³⁾은 낮은 점도의 면 펄프를 이용하여 종이를 제조하면 인장강도가 낮아진다고 하였다. Bialkowski⁴⁾는 낮은 CED 점도의 면섬유로 종이를 제조하면 내절도가 급격히 하락한다고 보고하였다. Jayme⁵⁾은 펄프섬유의 중합도가 400에서 1,400으로 증가되면 인열강도와 파열강도가 급격히 증가되고, 내절도는 900 이상에서 증가한다고 하였다. Clark⁶⁾는 면 또는 린터섬유의 중합도는 1,000-3,000 이상, 목재섬유는 600-1,000 정도이며 제로스펜 인장강도로 평가한 섬유의 고유 강도는 중합도에 의존한다고 보고하였다. 일반적으로 CED 점도는 셀룰로오스 함량이 높은 섬유의 펄프화 및 표백에 의한 변질상태 즉 펄프의 손상정도를 확인하기 위해 사용하는 화학적 분석 방법으로 많이 사용되며 점도가 높다는 것은 펄프화 처리시 셀룰로오스 섬유를 구성하고 있는 세포의 손상이 적고 분자량의 높은 것으로 해석할 수가 있다.

3.1.2 섬유품질

섬유품질은 고해효율뿐만 아니라 종이의 전반적인 물성을 결정하는 중요한 인자이다. Gurnagul 등⁷⁾은 캐나다 활엽수 크라프트 펄프의 종이특성을 연구한 결과 종이의 물리적 특성에 대한 변이의 다양성은 섬유의 형태학적 차이로 설명하였다. Seth⁸⁾는 펄프의 특성 중에서 섬유 조도의 중요성을 보고하였는데 섬유의 강도나 길이변화가 일차적으로 종이의 강도에 영향을 미치며 섬유의 조도가 사실상 모든 종이의 모든 특성에 영향을 미친다고 하였다. Won⁹⁾은 종이의 제조에 사용하는 구성 원료 중 펄프의 비율은 75-95% 정도를 차지하며 종이의 특성은 펄프의 선택만으로도 결정된다고 하며 원료섬유의 중요성을 강조하였다.

원산지와 가공방식을 달리하는 2가지 린터섬유의 섬유품질을 평가하기 위하여 고해에 따른 섬유품질과 섬유장(fiber length), 조도(coarseness), 미세분(fines), 컬(curl), 킹크(kink), 섬유 폭(fiber width)을 측정할 결과를 Table 4에 나타내었다. 특수용지의 위 변조 요소로 사용되는 은화 및 은선의 최적화 유지를 위한 목적 고해 조건인 150 mL CSF까지 고해가 진행되면서 U린터섬유는 C린터섬유보다 섬유길이가 짧고 조도가 높고 킹크가 높은 반면에 미세분이 증가하고 섬유 폭이 넓어지고 섬유 휨과 컬 현상이 감소한다. 이런 현상은 고해시간이 오래 걸리며 그에 따라 나타나는 U섬유 특성으로 고해 진행과정에서 섬유길이의 변화가 크며 꼬임과 조도가 높은 강직한 섬유적 특성을 나타내는 반면 C린터섬유는 유연성이 높고 꼬임이 낮으며 조도가 낮은 덜 강직한 경향의 섬유특성을 나타내는 등 2가지 섬유의 고해조건에 따른 형태적 특징은 현저한 차이를 나

Table 3. Comparison of CED viscosity, average molecular weight and degree of polymerization, crystallinity index, holocellulose with various refining conditions

Type	Freeness (mL CSF)	CED viscosity (cPs)	Molecular weight	Degree of polymerization	Crystallinity index(CI)	Holocellulose (%)
U Linter fibers	450	66	669000	4130	80.3	97.0
	350	70	684000	4220	81.0	
	250	70	684000	4220	79.8	
	150	64	661000	4080	80.0	
C Linter fibers	450	27	454000	2810	81.0	97.3
	350	26	446000	2750	80.2	
	250	26	446000	2750	79.6	
	150	27	454000	2810	80.9	

Table 4. Comparison of fiber length, coarseness, curl, kink, fiber width, fines content depending on various refining conditions

Type	Freeness (mL CSF)	Fiber length (mm)	Coarseness ($\mu\text{g}/\text{m}$)	Curl (%)	Kink index (1/m)	Fiber width (μm)	Fines content (%)
U linter fibers	450	1.14	162	19.0	939	20.7	7.43
	350	1.08	135	17.7	821	20.9	7.75
	250	1.02	137	16.8	779	20.9	8.17
	150	0.80	121	16.2	638	21.3	12.5
C linter fibers	450	1.07	163	22.7	951	19.2	7.82
	350	0.99	129	20.1	540	19.9	7.21
	250	0.91	126	18.6	410	20.3	9.96
	150	0.92	108	17.6	354	20.4	9.98

타내고 있다.

3.2 고해특성 평가

3.2.1 고해 속도

U 및 C린터섬유의 고해 속도에 따른 고해의 효율성을 분석하기 위하여 고해하중 5.6 kgf로 목적고해도 150 mL CSF까지의 각 섬유에 대하여 고해 속도를 측정된 결과를 Fig 1에 나타내었다. 목적고해도까지의 고해 속도는 U린터섬유가 C린터섬유에 비하여 약 2.3 배 정도로 늦으며 고해 속도가 낮게 나타났다. 이는 같은 린터 면섬유라 할지라도 원산지와 가공방식을 달리 함에 따라 목적고해도까지의 고해 속도는 확연한 차이를 나타내고 있음을 알 수가 있었다. 또한 C린터섬유는 목표고해도 150 mL CSF 도출 고해시간은 28분이 소요되었으나, U린터섬유의 동일 고해시간의 경우 고해도는 350 mL CSF 정도로 여전히 높은 고해도를 나타냈는데 이는 U린터섬유는 C린터섬유에 비하여 근본적으로 섬유장이 길고 섬유자체 강도가 높으며 초기 고해도가 높은 특성 요인이 고해 속도를 낮게 하는 주요 인자로 판단된다. 따라서 C린터섬유의 동일고해시간대에 U린터섬유의 고해 속도 증가를 위해서는 바 플레이트 개선과 유량변화, 고해하중의 증대, 화학적 전처

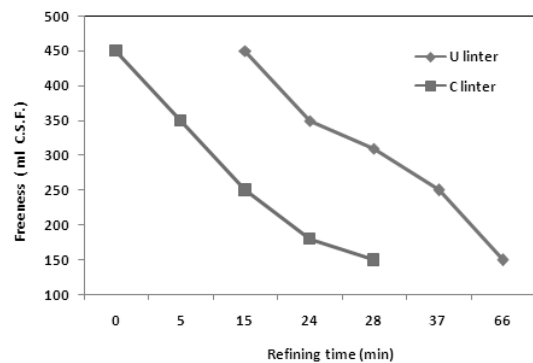


Fig. 1. Effect of refining time on freeness.

리방식 등 새로운 리파이닝 방법이 절대적으로 요구된다. Baker¹⁰⁾는 면섬유는 일반적인 리파이너에서 섬유 뭉침 문제가 없도록 섬유장이 짧은 린터섬유만 이용된다고 하였고 Stephenson¹¹⁾은 면, 린넨, 아마, 황마 등의 장섬유의 리파이닝은 단섬유화를 목적으로 이루어져야한다고 하였다.

3.2.2 보수도 및 탈수시간

Table 5는 2가지 린터섬유에 대한 보수도와 탈수시간을 비교한 결과이다. 보수도는 각 고해초기부터 고

Table 5. WRV and drainage time depending on refining conditions

Type		Freeness			
		450 mL CSF	350 mL CSF	250 mL CSF	150 mL CSF
WRV (g water/ g fiber)	U linter fibers	2.06	2.20	2.29	2.48
	C linter fibers	1.33	1.82	1.91	2.09
Drainage (sec.)	U linter fibers	10	12	22	71
	C linter fibers	12	13	20	51

해후반부까지 U린터섬유가 C린터섬유보다 높게 나타났다. 이는 U린터섬유가 목적고해도까지 고해 속도는 낮아지며 물의 수화와 팽윤현상에 의해 섬유외의 보수도가 높은 것으로 판단된다. 또한 섬유 피브릴화의 간접지수인 보수도에 의해 U린터섬유의 피브릴화가 더 진행됨을 예상할 수 있었다. 탈수시간 또한 U섬유가 C섬유보다 높게 나타났다. 이 또한 와이어상에서 탈수시 섬유의 피브릴화와 미세분에 의한 탈수 저항성을 판단하는 지표로서 고해에 의한 U린터섬유의 섬유팽윤과 비표면적이 더욱 증가하기 때문에 발생하는 현상으로 판단된다.

3.3 수초지의 물리적 특성평가

3.3.1 종이구조

벌크는 U린터섬유 수초지가 C린터섬유 수초지에 비하여 다소 낮게 나타났는데 이러한 현상은 Fig. 2에서 보는바 같이 원료 섬유자체의 초기고해도가 높고 섬유장이 길며 고해 속도가 낮은 결과로써 섬유의 피브릴화가 더욱 진행되어 종이구조가 보다 치밀하게 형성된 것으로 판단된다. Fig. 3에 나타난 비산란계수는 C섬유가 높게 나타났는데 이는 섬유간 결합이 잘 이루어지지 않아 섬유 간 공극이 커져 나타나는 것으로 판단된다. 일반적으로 목재섬유는 고해에 의한 산란계수가 감소하는 경향을 띄는데 반해 린터섬유의 경우에는 그렇지 않다는 것을 확인할 수 있었는데 이것은 상대적으로 강직한 린터섬유의 특성으로 판단되고 충분한 고해가 이루어져 섬유 간 결합력이 좋아지면 목재섬유와 같은 결과를 가져올 것으로 판단된다. Fig. 4는 지합지수를 나타내고 있다. 지합은 C린터섬유가 U린터섬유보

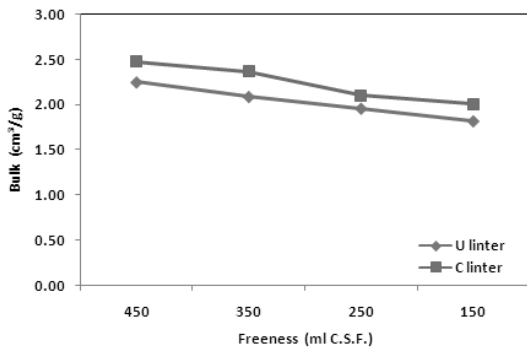


Fig. 2. Change of bulk depending on refining conditions.

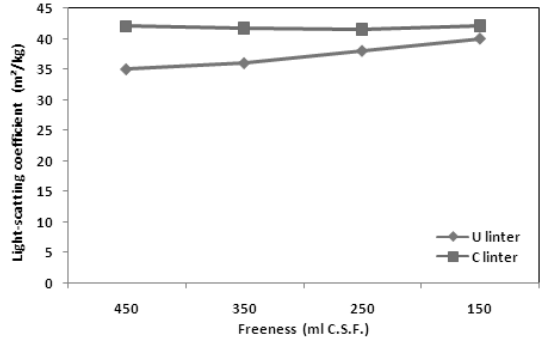


Fig. 3. Change of light-scattering coefficient depending on refining conditions.

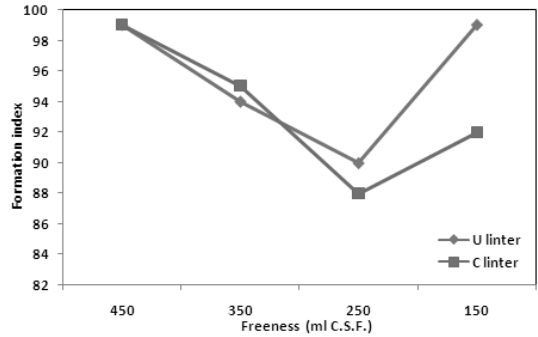


Fig. 4. Change of formation index depending on refining conditions.

다 낮으며 지합이 양호하게 나타났는데 이는 섬유장이 짧아지고 조도가 낮아지며 섬유가 유연해지는 특성으로 지합이 양호한 것으로 판단된다. 특히 2가지 섬유 모두가 고해 초, 중반부분까지는 지합 지수가 낮아지며 개선되었으나 목적고해도인 150 mL CSF에서는 지합이 저하되는데 이는 고해도가 높아지며 섬유의 뭉침 현상에 따른 수초지의 지합은 저하되는 것으로 판단된다.

3.3.2 종이강도

Fig. 5에는 U 및 C린터섬유로 제조한 수초지의 인장지수를 나타내었다. 고해가 진행되면서 인장지수는 U린터섬유 수초지가 더 높게 나타나고 있음을 확인할 수 있었으며 C린터섬유는 목적고해도인 150 mL CSF에서 인장강도가 크게 증가하지 않는 것으로 나타났는데 이는 고해에 의한 섬유절단과 단섬유화가 증가된 결과로 판단된다. 따라서 U린터섬유는 고해시간이 오래 걸리는 문제점과 고해효율성을 향상시키면 기존의 C린

터섬유 대비 동등 이상의 물리적 성질을 발현하는 우수한 원료섬유가 될 것으로 판단된다.

Fig. 6에는 수초지의 내부결합강도를 나타내었다. 내부결합강도 또한 U린터 수초지가 높게 나타났는데

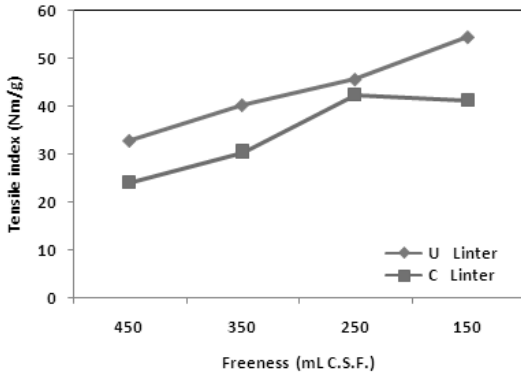


Fig. 5. Change of tensile index depending on refining conditions.

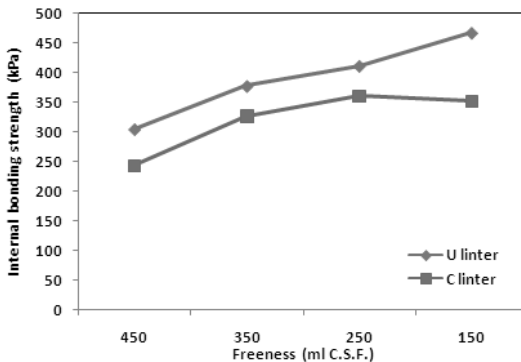


Fig. 6. Change of internal bonding strength depending on refining conditions.

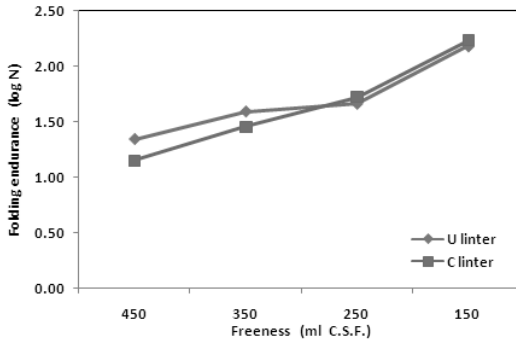


Fig. 7. Change of folding endurance depending on refining conditions.

이는 고해에 의한 충분한 섬유가 네트워크 형태로 결합이 이루어지며 피브릴화가 잘 형성되어 있어 결합력이 높게 나타는 것으로 판단된다. Fig. 7에 수초지의 내절도를 나타내었다. 목적고해도인 150 mL CSF에서의 U 및 C린터섬유로 제조된 수초지의 내절도(log N)는 2.18, 2.23으로 약간의 차이는 있으나 유사한 수치를 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서는 현재 제지공정에서 원산지와 가공방식이 다른 2가지 린터 면 섬유의 사용에 있어, 특히 초기고해도가 높고 섬유길이가 길고, 섬유자체 점도가 높은 섬유특성으로 고해공정에서 기존 C린터섬유보다 U린터섬유는 고해시간이 많이 소요되며 섬유순응성과 초지기상 탈수저하 등으로 인한 고해효율성과 품질균일성이 저하되는 문제점을 내포하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 기술적 기초연구단계로 2가지 면 린터섬유를 일반적인 고해하중 5.6 kgf로 고해를 실시하여 고해특성을 분석하고 수초지를 제조하여 물리적 성질을 평가하여 새로운 고해방식을 제시하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

섬유특성 평가에 따른 린터 면 섬유의 CED점도와 중합도 등 기본적인 섬유성질은 U린터섬유가 C린터섬유보다 높은 수치를 나타내며 일반적인 섬유품질은 U린터섬유가 C린터섬유보다 섬유길이가 길고 조도가 높고 섬유 폭이 넓으며 섬유 꼬임상태가 있는 형태였다.

고해특성 평가에 따른 고해 속도는 U린터 섬유가 C린터섬유보다 2.3배가 낮은 고해 속도를 나타냈으며 보수성과 탈수시간도 유사한 경향을 나타냈다. 이는 C린터섬유에 비해 U린터섬유는 초기고해도가 높으며 섬유장이 긴 섬유특성으로 목적고해도까지 해시간이 오래 소요된 것으로 판단되었다.

종이구조는 U린터로 제조한 수초지가 좀 더 치밀한 구조를 지니고 있어 벌크가 낮게 나타났으며 종이강도는 U린터섬유 수초지 비교적 높은 강도적 특징을 나타내었다.

향후 C린터섬유의 고해시간 대비 U린터섬유의 고

해시간 단축과 고해효율성 향상시키기 위한 모델링 방안으로는 C린터섬유의 목표고해시간 28분을 기준고해시간으로 설정하여 고해하중의 증가, 화학약품에 의한 전처리고해, 혼합고해 방식 등을 분석하면 현재의 일반적 고해방식에 비해 고해효율성의 증대와 함께 에너지 소비도 감소시키며 고해효과를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Literature Cited

1. Clark, J. d'A., Pulp Technology and Treatment for Paper. 2nd Ed., Miller Freeman Publication. Inc., San Francisco, p.277 (1985).
2. Yoon, S. H., The separated system for cotton staple and linter fibers: refining efficiency and paper properties, Journal of Korea TAPPI 35(4):8-16 (2003).
3. Landt, G. E., and Rulon, S. A., New interpretations of structural aspects of the paper sheet, Paper Trade J. 111(4):32-36 (1940).
4. Bialkowisky, H. W., Paper Trade J. 111(11):53 (1930).
5. Jayme, G., Papier-Fabr. 40, p.137 (1954).
6. Clark, J. D., Effect of fiber coarseness and length: bulk, burst, tear, fold and tensile tester, Tappi. J. 45(8):628-634 (1962).
7. Gurnagul, N., Page, D. H., Seth, R. S., Dry sheet properties of Canadian hardwood kraft pulps, J. Pulp Paper Sci. 16(1):J36-41 (1990).
8. Won, J. M., Changes of paper properties depending on fiber properties and stock preparation process: Principles of inter-fiber bonding, The 31st Regular Education for Papermaking Engineers, Korea TAPPI, pp. 193-202 (2011).
9. Seth, R. S., Importance of fiber coarseness for pulp properties, 77th CPPA Annual Meeting Preprints, Vol. B, p.251 (1991).
10. Colin Baker., Refining Technology, Published by Pira International Ltd. p.90 (2000).
11. Newell S. J., Preparation of Stock for Paper Making. Vol. 2, McGraw-Hill Book Company, Inc. pp.188-189 (1951).