

다양한 섬유재료를 이용한 화선지 제조와 그 특성

문성필*, 장정필, 최영재¹⁾
전북대학교 산림과학부, (주)천양제지¹⁾

1. 서론

근래 대만 및 중국 등지에서 저가의 화선지는 물론 균일한 먹 번짐과 깊은 먹빛을 내기 위하여 다량의 무기물을 첨가한 화선지가 대량 유입 유통되고있어 국내 한지산업이 매우 어려운 상황에 직면해 있다. 뿐만 아니라, 저급 인피섬유의 수입 증가와 인건비의 상승 그리고 기술력 및 자본력 부족으로 경쟁력 있는 고품질 화선지 및 한지생산이 어렵게 되었다. 따라서 국내 서화류의 제작 및 이들의 보존에 앞으로 심각한 문제점이 대두될 것으로 사료된다. 또한 국내 한지공업 육성과 발전 및 보호를 위하여 이들 수입 화선지와 경쟁할 수 있는 저가이면서 다양한 특성을 가지는 화선지 제조기술의 개발과 대량생산 체계는 필수적이다. 본 연구는 기존의 화선지 제조에 사용되는 국내 및 수입 산 섬유류를 분류하고 조합하여 뛰어난 내구성과 강도적 특성을 가지며, 동시에 먹 번짐이 다양한 화선지의 대량 제조기술의 확립을 위한 기초 연구로서 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 섬유재료

수입 또는 국내에서 제조된 엽섬유, 초본류 섬유류, 인피섬유류, 침·활엽수재로부터 제조된 표백 화학펄프류를 천양제지에서 분양 받아 표 1에 나타내었다. 이들 섬유류는 길이별로 장섬유군 5종류, 중섬유군 2종류 및 단섬유군 6종류 합계 13종류를 본 실험에 도입하였다.

2.2 섬유장 측정

각 섬유의 섬유장은 투영기(Profile Projector V12, Nikon, Japan)를 이용하여 측정하였다. 섬유장 측정은 각 펄프를 해리 시킨 후 물에 분산시키고 50개의 섬유에 대한 평균값을 섬유장으로 하였다. 이들 분석된 섬유는 표 1에 나타낸 것처럼 장섬유군(1.8 mm 이상), 중섬유군(1.4 mm 이상 1.8 mm 미만), 단섬유군(1.4 mm 미만)으로 분류하고 수초지하였다.

2.3 시험편 제조 및 물성 측정

2.3.1 시험편 제조

각 펄프의 여수도는 Canadian Standard Freeness법²⁾으로 측정하였으며 시험편은 상법에 준하여 수초지¹⁾하였다. 시험편의 기준 평량은 50 g/m²로 하였다. 수초지시 균일한 분산을 위하여 PAM(polyacrylamide, 분자량 수백만)을 0.03%사용³⁾하였다.

2.3.2 물성측정

제조된 시험편은 KS 또는 JIS기준에 따라 20℃, 상대습도 65±5%의 항온실에서 적어도 3일 이상 조습 시킨 후 물성 측정에 이용하였다. 물성은 평량, 두께, 밀도, 백색도

(ISO), 내절도, 열단장, 신장율, 인열지수, 평활도를 JIS 표준법에 준하여 측정⁴⁾하였다. 그리고 발목 특성은 다음과 같이 검토하였다. 즉, 시판 액상 먹물(삼광제묵사)을 50 ml 용량의 뷰렛에 넣고 3 cm 높이에서 한방울 적하시키고 건조시킨 후 그 먹 번짐을 버니어 캘리퍼스로 측정하고 또한 화상분석기로 전체 면적을 계산하였다. 모든 실험은 2~3회 실시하였으며, 그 평균치를 결과 값으로 사용하였다.

시험편의 열화는 105℃의 건조기에서 실시하였으며, 열화 후 시료는 상술한 것과 동일하게 조습 처리하고 강도적 특성 및 제반 물성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 각 섬유의 특성

표 1은 각 원료 섬유의 섬유장과 여수도를 분류하여 나타내었다. 여기에 나타낸 섬유 재료들은 일반적으로 국내산이나, 또는 수입되어 혼합 사용되고 있는 것들이다. 본 분석에 의하여 실험에 사용된 섬유류는 인피섬유와 엽섬유류 등으로 이루어진 1.8 mm이상의 장섬유군, 침엽수재 표백 크라프트 펄프(NBKP) 및 아황산염 펄프(SP)와 같은 1.4 이상 1.8 mm미만의 중섬유군 및 주로 벗짚과 같은 화본과 식물이나 초분류 섬유로 이루어진 1.4 mm미만의 단섬유군으로 나눌 수 있었다. 사용된 원료 섬유를 해리하여 여수도를 측정한 결과, 아바카 및 안피의 경우 거의 고해를 하지 않은 것 같았으며, 닥나무 백피, 마, 삼아피는 고도로 고해를 수행한 것으로 생각되었다. 중섬유군의 경우에도 상당히 고해가 진행된 펄프로 생각되었으며, 단섬유의 경우에 있어서는 단지 용수초가 고해된 상태로 생각되었다. 이러한 섬유재료의 형태와 섬유장, 섬유장분포 등의 결과는

표 1. 원료섬유의 섬유장 및 여수도

분 류	원 료	섬유장 (mm)	여수도 (ml CSF)
장 섬유	닥 백피	2.04	177
	마	1.96	316
	삼아피	1.82	169
	아바카	3.46	603
	안 피	3.16	661
중 섬유	NBKP	1.73	274
	SP	1.42	411
단 섬유	대나무	1.04	746
	벗 짚	0.69	666
	LBKP	0.87	476
	단 피	0.77	523
	모 조	1.31	613
	용수초	1.09	402

섬유로서 목재로부터 제조한 SP 또는 NBKP를 사용하여 단섬유 혼합에 따른 물성에 대하여 나타내었다. 대나무 및 짚과 같은 초분류 섬유가 사용되면, 발목이 균일하고 그 퍼짐이 작았다. 또한 평활도가 타 섬유혼합에 비하여 현저하게 높았으며, 양호한 강도

앞으로 화선지 제조시 용이하게 섬유를 조합할 수 있으며, 또한 어느 정도의 물성을 예측할 수 있는 기초자료가 될 것으로 생각되었다.

3.2 각 섬유 조합에 의하여 제조된 화선지의 물성

상술한 섬유 분석결과로부터 일반적으로 화선지 제조에 많이 사용되는 제조조건인 장섬유 15%, 중섬유 25% 및 단섬유 60%를 기본 조건으로 하여 3섬유간의 혼합을 실시하고 수초지한 후 그 물성을 상호 비교 검토하였다. 얻어진 결과로부터 양호한 물성을 가지며, 그 원료를 용이하게 입수할 수 있는 화선지를 선택하여 내구성 검토를 행하였다.

3.2.1 닥나무 백피-NBKP/SP-단섬유

표 2에 국산 닥나무 백피를 장섬유로하고 중

표 2. 닥나무 백피-NBKP/SP-단섬유 혼합에 의하여 제조된 화선지의 물성

시 료	물 성	밀도 (g/cm ³)	내절도 (회)	열단장 (km)	인열지수 (mN · m ² /g)	평활도 (sec)	떡번짐 (cm)
NBKP	대나무	0.56	118	6.37	66.5	71.3	1.09
	벗짚	0.57	75	6.06	54.9	127.6	1.09
	LBKP	0.51	5	2.84	56.2	29.0	1.28
	모조지	0.48	13	3.08	81.2	13.1	1.13
	단피	0.50	11	3.42	61.4	40.4	1.10
	용수초	0.48	14	3.90	60.4	22.1	1.05
SP	LBKP	0.54	13	3.41	51.6	50.2	1.09

적 특성을 나타내었다. 특히 열단장과 내절도가 우수하여 사용시 쉽게 찢어지지 않을 것으로 생각되었다. 이러한 이유로 이전부터 화선지 제조시 이들 초본류 펄프가 많이 혼합 사용되었을 것으로 사료되었다. 한편, SP와 LBKP(활엽수재 표백 크라프트 펄프)를 사용한 경우, 떡 번짐이 작고 균일하며, NBKP를 사용한 경우에 비하여 평활도와 내절도가 현저하게 증가하였다. 이러한 이유는 SP펄프의 경우 섬유의 S3층이 증해 약액에 의하여 붕괴되어 전체적으로 collapse된 상태로 섬유의 표면적이 넓기 때문에 섬유간 결합이 좋고 따라서 강도와 평활도가 높은 것으로 생각되었다. 한편, 단섬유로서 모조지를 사용하는 일반 화선지의 경우 강도적 성질은 상술한 닥나무 백피-NBKP-LBKP보다 양호하였으나, 평활도가 1/2이하로 매우 거칠었다.

표 3. 삼아피-NBKP/SP-단섬유 혼합에 의하여 제조된 화선지의 물성

시 료	물 성	밀도 (g/cm ³)	내절도 (회)	열단장 (km)	인열지수 (mN · m ² /g)	평활도 (sec)	떡번짐 (cm)
NBKP	대나무	0.58	125	6.58	37.8	111.3	1.08
	벗짚	0.56	94	6.33	53.2	134.6	1.14
	LBKP	0.49	3	2.60	45.7	18.0	1.44
	단피	0.51	9	3.32	57.3	37.2	1.20
	용수초	0.49	11	4.03	66.0	24.4	1.10
SP	대나무	0.59	420	6.83	57.9	67.4	1.08
	벗짚	0.60	430	7.41	42.6	139.3	1.05
	LBKP	0.53	8	3.29	43.5	21.2	1.37
	단피	0.52	22	4.04	52.3	41.8	1.13

3.2.2 삼아피-NBKP/SP-단섬유

삼아피를 장섬유를 사용한 경우 표 3에 나타낸 것처럼 상술한 닥나무 백피 보다 밀도와 평활도 및 내절도가 현저하게 증가하였다. 이러한 이유는 삼아피의 섬유가 가늘면서 길어 섬유의 결합과 유연성이 좋고 단섬유들이 잘 충전 될 수 있기 때문으로 생각되었다. 특히 삼아피-SP-짚의 혼합 펄프로부터 제조한 화선지의 경우 내절도가 백피-NBKP-대나무 보다 약 4배 증가하였으며, 평활도는 139.3으로서 본 연구결과에서 가

장 높은 수치를 나타내었다. 이러한 결과로부터 장섬유로서 삼아피의 사용은 균일한 발목과 양호한 강도를 필요로 하는 서화용 화선지로서의 이용이 기대되었다.

3.2.3 아바카-NBKP/SP-단섬유

아바카는 열대산의 Manila hemp(마닐라 마)⁵⁾로서 일반적으로 이렇게 부르고 있으며, 강도적 성질이 뛰어나 다양하게 이용되고 있다. 아바카를 장섬유로 사용하면, 표 4에 나타낸 것처럼 상술한 다투나무 백피를 장섬유로 사용한 경우보다 강도적 특성 및 물성이 뛰어났다. 특히 아바카-SP-짚의 내절도가 1,064회를 기록하여 본 연구에 있어서 다음에 설명하는 안피-SP-대나무로 제조한 화선지의 그것과 유사한 값을 나타내었다. 이러한 높은 내절도는 다투나무 백피를 이용한 경우에 비하여 10배나 높아, 앞으로 발목이 균일하고 뛰어난 강도적 성질을 필요로 하는 서화용 화선지로서 이용될 수 있을 것으로 사료되었다. 또한 아바카-SP/NBKP-대나무/벚짚의 구성은 양호한 평활도와 높은 인열강도를 나타내어 앞으로의 이용이 기대되었다.

표 4. 아바카-NBKP/SP-단섬유 혼합에 의하여 제조된 화선지의 물성

시 료	물 성	밀도 (g/cm ³)	내절도 (회)	열단장 (km)	인열지수 (mN · m ² /g)	평활도 (sec)	떡번짐 (cm)
NBKP	대나무	0.53	196	6.01	105.3	53.0	1.03
	벚짚	0.57	507	6.37	77.7	103.7	1.16
	LBKP	0.48	4	2.00	66.7	12.9	1.46
	단피	0.48	20	3.25	96.8	23.6	1.22
SP	대나무	0.57	697	6.23	89.9	53.7	1.11
	벚짚	0.58	1064	6.70	73.6	92.3	1.09
	LBKP	0.51	5	2.72	77.1	13.6	1.42
	단피	0.50	38	3.67	108.0	30.1	1.15

표 5. 안피-NBKP/SP-단섬유 혼합에 의하여 제조된 화선지의 물성

시 료	물 성	밀도 (g/cm ³)	내절도 (회)	열단장 (km)	인열지수 (mN · m ² /g)	평활도 (sec)	떡번짐 (cm)
NBKP	대나무	0.55	448	6.64	70.7	69.1	1.15
	벚짚	0.59	803	7.35	58.4	122.1	1.13
SP	대나무	0.58	1105	7.27	64.2	67.4	1.11

3.2.4 안피-NBKP/SP-단섬유

안피는 일본 화지에 많이 사용되는 섬유로서 본 섬유 역시 아바카와 같이 가늘고 긴 섬유이다. 따라서 이를 장섬유로 한 경우 높은 강도적 특성과 평활도가 예상되었다. 표 5에 단섬유로서 대나무와 짚을 이용하여 제조한 화선지의 물성을 나타내었다. 그 결과 예상한 것처럼 내절도가 전술한 아바카-NBKP/SP-대나무/벚짚 혼합 펄프로부터 제조된 화선지 보다 뛰어났다. 그리고 평활도 또한 양호하였다. 이러한 결과로부터 안피는 아바카와 같이 섬유가 가늘고 길지만, 그 강도적 특성은 아바카 섬유보다 더 양호한 것

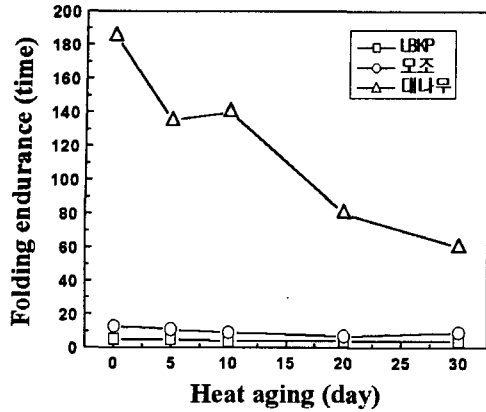


그림 1. 열 열화에 따른 각 화선지의 내절도 변화.
장섬유: 닥나무 백피, 중섬유: NBKP.

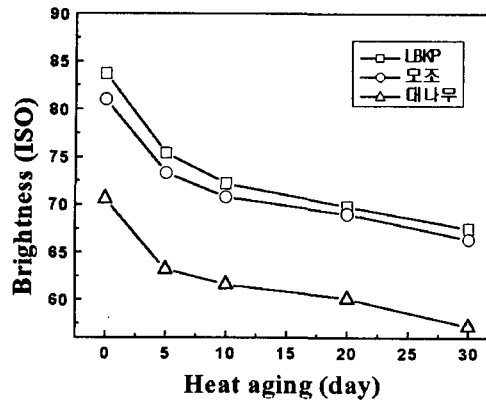


그림 2. 열 열화에 따른 각 화선지의 백색도 변화.
장섬유 및 중섬유: 그림 1과 같음.

으로 생각되었다. 따라서 앞으로 고급 화선지 제조를 위해서는 이러한 섬유구성이 필요 하리라 생각되었다.

3.3 화선지의 열 열화 특성

다양한 섬유조합에 의하여 다양한 특성을 가지는 화선지를 제조할 수 있었다. 이중 모조를 넣은 시판 화선지, 발목이 잘되는 것과 발목이 잘되지 않는 화선지 2종류를 선발 하여 열 열화를 실시하여 그 내구성을 검토하였다. 선택한 섬유재료는 장섬유로서 국내산 닥나무 백피, 중섬유로서 NBKP 그리고 단섬유로서 대나무와 LBKP로 하였다.

일반적으로 100℃에서 1일은 실온에서 1년 방치한 것으로 생각^{6,7)}되고 있다. 따라서 그림 1 및 2에 나타낸 105℃에서 30일간의 처리는 300년 이상으로 처리한 것으로 생각할 수 있다. 열 열화시간이 길어짐에 따라 백색도(그림 2), 내절도(그림 1) 및 인열강도가 현저하게 감소하였다. 백색도의 저하 경향은 상호 유사하였으며, 열화 5일까지 가장 현저하였다(그림 2). 내절강도는 대나무 펄프를 사용한 경우 열화시간과 함께 급격한 감소가 관찰되었으나, 열화 30일 후에도 타 섬유재료에 비하여 여전히 높은 내절도를 나타내었다(그림 1). 한편, 여기서는 나타내지 않았으나 열단장은 어느 화선지의 경우에도 처음과 유사한 강도를 나타내었다. 이상의 결과로부터 열 열화에 의하여 강도적 성질의 저하가 관찰되었으나, 대나무 펄프를 사용한 경우 목재펄프를 사용한 경우보다 여전히 높은 물성을 나타내었다. 또한 목재펄프를 단섬유로 사용한 경우 제반 강도는 약하였지만, 백색도의 큰 저하 이외에는 강도적으로 큰 저하가 없었으므로 이들 목재섬유의 적절한 사용은 양질의 화선지 생산에 도움이 될 것으로 생각되었다. 시판 화선지의 경우 열화 초기 급격한 인열강도의 저하 이외에는 목재섬유 첨가구과 비교할 수 있을 정도의 열화 특성을 나타내었으나, 근본적으로 먹 번짐과 평활도 개선방법을 찾아야 할 것으로 생각되었다.

4. 결 론

다양한 섬유재료를 섬유장 별로 나누고 이를 조합하여 얻어지는 화선지에 대한 물성 및 열 열화 특성에 대하여 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 장섬유-중섬유-대나무, 벗짚의 조합은 높은 강도적 특성은 물론 뛰어난 평활도를 나타내어 매우 부드럽고 먹 번짐이 균일한 화선지로서의 특성을 나타내었다.
- 2) 장섬유-중섬유-LBKP의 조합은 강도적 성질이나 평활도 등은 떨어지나 먹 번짐이 가장 뛰어난 화선지를 얻을 수 있었다.
- 3) 장섬유-중섬유-단피의 조합은 강도 및 평활도 등에서 상술한 1, 2조합의 중간정도의 성질을 나타내었다.
- 4) 3종류의 성질이 서로 다른 화선지를 선별하여 이들의 열 열화 결과, 단섬유로서 대나무 섬유를 사용한 경우 급격한 내절도의 감소가 관찰되었다. 그러나 열화 30일 후에도 타 화선지 보다 여전히 높은 강도를 유지하였다.

참 고 문 헌

1. 박상진 외 3인 공역, "목재과학 실험서", 광일문화사, p. 572-573, 1993.
2. 상동, p. 573-581, 1993.
3. 문성필, 전은숙, 위흡, 강석근, 펄프·종이기술, 24(2), 15(1992).
4. 박상진 외 3인 공역, "목재과학 실험서", 광일문화사, p. 583-595. 1993.
5. Côté, W. A., "Papermaking Fibers, A Photomicrographic Atlas", plate 71, 1980.
6. Roberson, D. D., Tappi, 59(12), 63(1976).
7. 이명기, 문성필, 펄프·종이기술, 31(3), 90(1999).
8. 이학래 외 6인 공저, "제지과학", 광일문화사, p. 283-284, 1996.