

# 닥섬유 혼합 비율에 따른 기계한지의 물리적 특성 및 인쇄성에 관한 연구

권오훈·김현철<sup>†</sup>

접수일(2012년 1월 13일), 수정일(2012년 2월 2일), 채택일(2012년 3월 21일)

## Studies on Physical Properties and Printability of machine-made Hanji Made by Different contents of *Paper Mulberry*

Oh-Hun Kwon and Hyun-Chel Kim<sup>†</sup>

Received January 13, 2012; Received in revised form February 2, 2012; Accepted March 21, 2012

### ABSTRACT

Hanji made of mulberry fibers has the lower printability due to their long fiber length, the diffusible property of ink, and low smoothness. This study was carried out to analyze the physical and optical properties of machine-made Hanji controlled by the different contents of paper mulberry 20, 40, 60, 80 and 100%. In this study, the results of comparing machine-made Hanji controlled by the different contents of *Paper mulberry* with commercial paper and inkjet coated paper are as following: Tearing strength of machine-made Hanji is higher than domestic paper and inkjet coated paper. By increasing paper mulberry contents of machine-made Hanji appeared that tensile strength increased and smoothness gradually decreased. Printability of machine-made Hanji is less than domestic paper and inkjet coated paper. However, there were significant possibility to use for printing paper.

**Keywords** : *Paper mulberry, Hanji, printability, fiber, physical properties, Opacity*

### 1. 서론

2근대 산업사회를 거치면서 사무환경의 자동화로

인하여 종이에 기록한 자료의 중요성을 간과하여 보존  
기간이 50년 정도인 일반 용지를 사용함에 따라 오늘날  
기록물의 변색 또는 훼손이 심각한 문제로 대두 되고 있

• 한국니트산업연구원 기업지원실(Korea Institute for Knit Industry, Iksan 560-330, Korea)

† 교신저자 (Corresponding Author) : E-mail ; adhckim@hanmail.net

다. 19세기에 이르러 기계를 이용하여 종이를 연속적으로 생산할 수 있게 됨에 따라 기존의 종이 원료인 면, 마에 비해 섬유장이 짧고, 가격이 낮은 목재 펄프를 이용한 대량생산 시스템으로 변화되었다. 이러한 종이는 전통 수록지와는 다른 특성을 나타냈으며, 특히 로진 사이징 시스템의 적용은 종이의 보존성을 급격히 저하시켰다.<sup>1)</sup>

종이의 열화 유형으로는 찢겨짐이나 바스러짐과 같은 물리적으로인, 열과 빛 및 산과 알칼리에 의한 화학적 요인, 미생물과 해충에 의한 생물학적 요인이 있다.<sup>2)</sup> 국내에 보존되어 있는 종이 기록물의 조사에 의하면 문서 및 도서류의 90% 이상이 산성지로, 그 중에서 약 60%는 열화가 진행 중이라고 보고된 바 있다.<sup>3,4)</sup> 최근에는 중성지에 가까운 고대 수초지의 보존특성을 근대 초지기에 접목하려는 시도가 이루어지고 있다. 종이의 내구성과 보존성은 한지가 가장 좋은 것으로 평가<sup>5,6)</sup> 되고 있으며, 이의 예로 “무구정광대다라니경”을 들 수 있다. 한지의 수명이 길고 보존성을 분석한 결과 산성계 첨가제나, 사이즈제를 전혀 사용하지 않은 중성 초지에 의한 것으로 밝혀져 중성초지 기술이 점진적으로 확산되고 있다.<sup>7)</sup>

종이의 원료인 목재섬유의 주요한 화학적 성분은 cellulose, hemicellulose, lignin을 포함하고 있으며, 특히 lignin은 시간이 경과함에 따라 화학구조의 변화로 인해 변색을 일으키는 요인이 된다. 닥나무 인피섬유는 lignin과 펙틴 성분을 함유하고 있으며 이와 같은 비섬유상 물질들은 알칼리 처리를 통해 분리가 가능하고 순수한 cellulose와 hemicellulose를 얻을 수 있다. 닥펄프는 목재 펄프에 비해 매우 긴 섬유장(평균 8.67 mm)<sup>7)</sup>을 갖는 섬유 원료로서, 강도의 손실이 적어 보존성이 우수하고<sup>1)</sup> 리그닌 함량이 낮다.<sup>7)</sup> 이러한 닥섬유의 우수한 특성을 이용하여 기록용지 용도로 닥나무 인피섬유를 이용하여 제조한 전통한지의 특성은 먹 번짐이 우수해 붓글씨 용도에는 적합하지만 개인용 및 사무용 인쇄 매체(프린트, 복사기)로 사용하기에는 잉크의 흡수성, 균일성, 고발색성, 내수성 및 내광성이 부족하다. 또한 목재 펄프를 다과 함께 주원료로 사용한 기계한지가 생산되고 있으나 인쇄적성이 부족함은 물론 고급스런 한지의 질적·미적 특성을 살리지 못하고 있다.<sup>8)</sup> 이러한 문제를 보완하고자 다양한 기술개발<sup>9,10)</sup>이 이루어지고 있으나 대부분 수록한지 제조방법에 기초를 두고 특정

사이징 조제를 이용하여 표면을 처리하는 기술을 응용하고 있어 생산비용이 높고 생산성이 낮은 문제점을 가지고 있다. 사이징 조제를 이용한 표면처리는 내침 사이징보다 손쉽게 이용 가능하며 종이표면의 공극을 없애고 인쇄잉크의 침투속도를 감소시켜 잉크의 표면 보류 시간을 지연시켜 종이의 인쇄적성 향상과 표면강도 및 내부 결합강도를 향상시키나 종이의 단면만을 처리하기 때문에 인쇄적성 측면에서 이면과의 차이를 지니게 된다. 첨가물에 의한 표면 처리 기술뿐만 아니라 물리적인 힘을 가하는 캘린더링 처리는 종이두께의 균일화, 평활도 개선, 광택도 개선이 가능하다. 다수의 롤 사이에 종이를 통과시키는 캘린더링 처리는 종이의 양면차를 개선할 수 있으며, 첨가 약제를 사용하지 않아 중성지의 제조가 가능하다.

따라서 본 연구에서는 닥섬유 혼합비율에 따른 기계한지(평균 75 g/m<sup>2</sup> 이상)의 물리적 특성을 파악하고 표면 평활도 및 인쇄적성을 향상시켜 사무용 프린터기와 복사기 등에서 활용 가능한 사무용 복사지의 가능성을 고찰하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에서는 목재펄프에 태국산 닥섬유(섬유장 21.42 mm, 섬유폭 19,18  $\mu$ m)<sup>11)</sup>를 3%의 농도에서 해리률 주목적으로 하여 20분간 칼비터(knife beater) 처리한

**Table 1. Basic physical properties of paper sample**

Sample	Grammage, Thickness,		
	g/m <sup>2</sup>	mm	
Machine-made Hanji	(20%), A	77.8	0.15
	(40%), B	87.5	0.15
	(60%), C	75.9	0.15
	(80%), D	46.0	0.12
	(100%), E	60.7	0.17
Commercial paper(A4), F	76.28	0.11	
Color inkjet coated paper, G	104.76	0.13	

% : Paper mulberry contents

뒤, 닥섬유의 함량을 20, 40, 60, 80, 100% 범위에서 변화시키며 기계한지를(국내 한지업체 D사) 제조하였다. 닥섬유 기계한지 표면(felt side)에 60 kgf 압력의 캘린더링 처리하여 샘플을 준비하였고, 일반인쇄용 백상지(국내 S사)와 잉크젯 전용지(국내 H사)를 사용하였다. Table. 1에 사용된 시료의 조성 비율에 따른 종이의 평량과 두께를 나타내었다.

## 2.2 재료 및 방법

### 2.2.1 물리적 분석

각 시료의 비인열도는 KS M ISO 1974에 의거하여 인열강도 시험기(Elmendorf tearing tester, Thwing-albert)를 이용하여 분석하였다. 인장강도 및 신장률은 KS M ISO 1924-2에 준하여 만능인장강도시험기(H10KS, Housefield)를 이용해 정속 신장률법(20 mm/min.)으로 분석하였다. 평할도는 KS M 5627에 의거하여 평할도 측정기(automatic Bekk's smoothness tester, Sejin Tech)를 사용하여 유리 표준면과 고무로 된 누름판 사이에 1 kgf/cm<sup>2</sup> 하중으로 공기가 통과하는 시간을 분석하였다.

### 2.2.2 광학적 분석

종이의 표면을 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, Hitachi)으로 300, 600 배율로 분석하였고, 잉크젯프린터(TX820FWD, Epson)로 출력한 샘플의 망점 분석을 위해 현미경(Camscope, Somotech)을 이용하여 광학적 특성을 분석하였다. 불투명도는 KS M 7038에 의거하여 불투명도 측정기(Opacity meter, Gist)를 사용하여 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 물리적 특성

닥섬유 함량에 따른 기계한지와 백상지 및 잉크젯 전용지의 MD 및 CD 방향의 비인열도 값을 Fig. 1에 나타냈다. 닥섬유가 함유된 기계한지가 백상지 및 잉크젯 전용지보다 비인열도가 높은 수치를 나타내었고 기계한지에서는 닥섬유 함량이 증가할수록 MD 및 CD 방향의 비인열도가 증가하였다. 비인열도는 섬유장이 길면

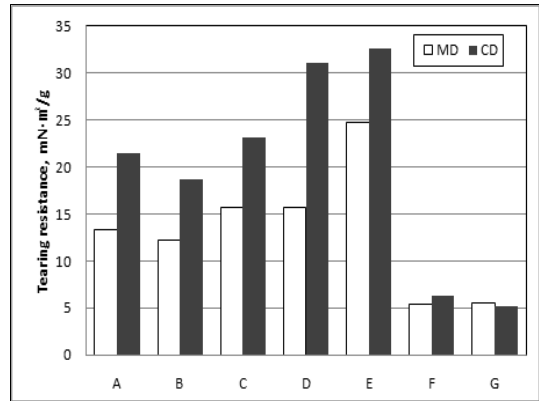


Fig. 1. Tearing resistance of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

길수록 강하고, 고해가 진행되어 섬유간 결합면적이 증가되어 최적면적을 초과하게 되면 인장강도나 파열강도의 경향과는 달리 인열강도는 저하된다.<sup>12)</sup> 장섬유인 닥섬유의 함유량이 증가하면서 기계한지가 높은 비인열도를 나타내었다.

Fig. 2는 닥섬유 함량별 기계한지의 인장강도를 나타낸 것으로 MD 및 CD 방향 모두 인장강도는 증가하는 경향을 보였다. 닥섬유 함량별 기계한지는 백상지에 비해 강도는 조금 낮았으며 MD 및 CD 방향의 강도 비율은 유사하였다. 잉크젯전용지의 경우 CD 방향으로 강도가 매우 강한 특성을 나타냈으며 방향별 강도의 차이는 크지 않았다. 일반적으로 장섬유가 단섬유에 비해 인장강도가 크지만 닥섬유 함량별 기계한지에서는 높은 인장강도를 보이지 못했다. 이는 한지 제조 시에 지

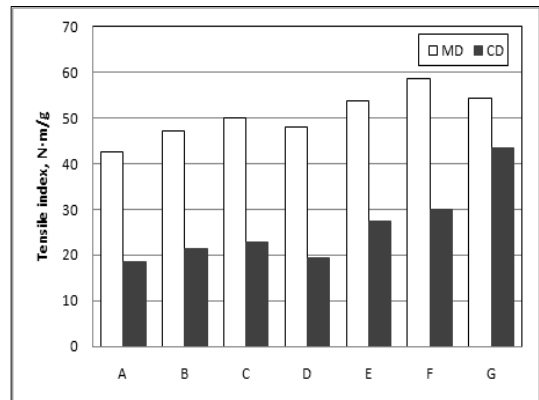


Fig. 2. Tensile index of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

력증강제, 사이즈제 등의 첨가제 투입이 없어 지합의 불균일 등으로 인해 낮은 강도를 보인 것으로 사료된다.

Fig 3.에 닥섬유 함량별 기계한지, 백상지 및 잉크젯 전용지의 신장율을 나타내었고, 닥섬유 함량별 기계한지의 경우 닥섬유 함량이 증가할수록 MD 및 CD 방향에서 신도가 감소하였고 백상지와 잉크젯전용지의 경우 일반적인 경향으로 신도는 CD 방향에서 높았고 MD 방향은 낮게 나타났다. 종이의 파괴강도가 아무리 높을 지라도 낮은 신장률은 윤전인쇄기(rotary printer)에서 제 역할을 할 수 없게 된다.<sup>13)</sup> 닥섬유 기계한지의 신장률은 MD 방향과 CD 방향에 큰 차이를 보이지 않아 종이의 재단 시 방향성에 대한 문제는 없을 것으로 사료된다.

일반적으로 종이의 컬현상은 종이표면(felt side)과 이면(wire side)의 신축률 차이에 의해 나타나고, 섬유 컬은 초지기의 runnability, 섬유 배향성, ply-bond strength, 탈수성 등의 공정 인자에 크게 영향하며 종이의 모든 물리적 강도적 성질에 크게 기여한다.<sup>14)</sup> 이러한 종지와 섬유의 컬현상을 예방하기 위한 표면(felt side) 캘린더링 처리한 강도시험의 결과를 MD 및 CD의 방향별 비율로 나타내었다. 닥섬유 함량별 기계한지의 MD 및 CD 방향의 강도 비율은 1:1.5~2 정도 수준으로 고급인쇄용지와 유사하였고 Table. 2에 각 샘플에 대한 MD 및 CD 방향의 물리적 특성 비율을 나타내었다.

일반적으로 화학펄프의 경우 수중간 혼합비율이 증가함에 따라 종이의 조직이 치밀해짐으로써 밀도와 평

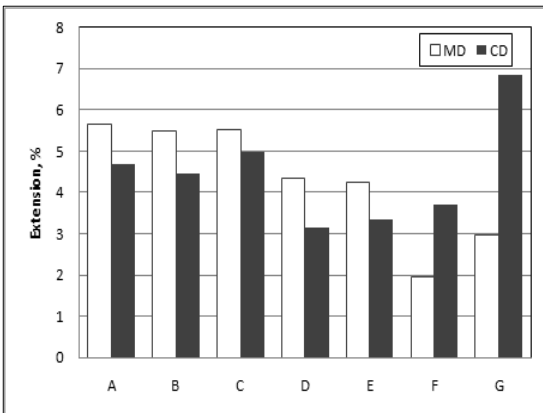


Fig. 3. Extension of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

Table 2. Ratio of physical strength on sample papers

Sample	Tearing resistance	Tensile resistance	Extension, (%)
A	1:1.6	2.54:1	1.2:1
B	1:1.53	2.46:1	1.23:1
C	1:1.47	2.59:1	1.10:1
D	1:1.98	2.63:1	1.38:1
E	1:1.25	2.73:1	1.27:1
F	1:1.16	1.95:1	0.53:1
G	0.92:1	1.25:1	0.43:1

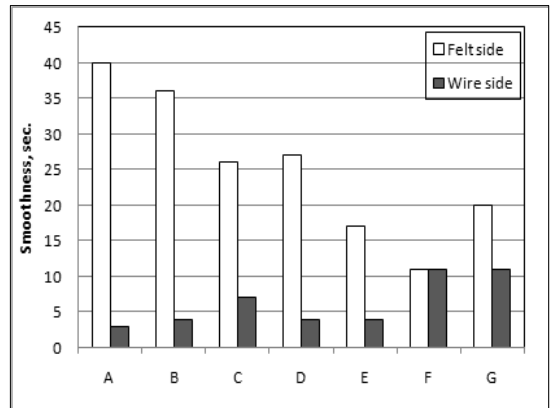


Fig. 4. Smoothness of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

활도는 증가하고 투기도는 감소하는 현상을 나타낸다. Fig. 4와 같이 닥섬유 기계한지에 캘린더링 처리한 표면과 처리하지 않은 이면의 평활도가 현저한 차이를 보였고, 닥섬유의 함량이 증가할수록 장섬유의 증가로 인한 표면의 불균일성이 높아져 한지 표면 평활도는 감소하는 경향을 나타내었다. 백상지와 잉크젯전용지의 경우 표면 및 이면 모두 평활도는 양호하였다. 일반적으로 백상지와 잉크젯전용지는 고품의 충전물질로 인한 차이는 거의 없는 것으로<sup>15)</sup> 보고되고 있으며, 9.81 N의 압력을 가하였을 때 섬유간 결속성이 낮아져 닥섬유 기계한지 표면보다 평활도가 낮은 것으로 사료된다.

### 3.2 광학적 특성

SEM 이미지 분석결과를 Fig. 5에 나타내었으며, 닥

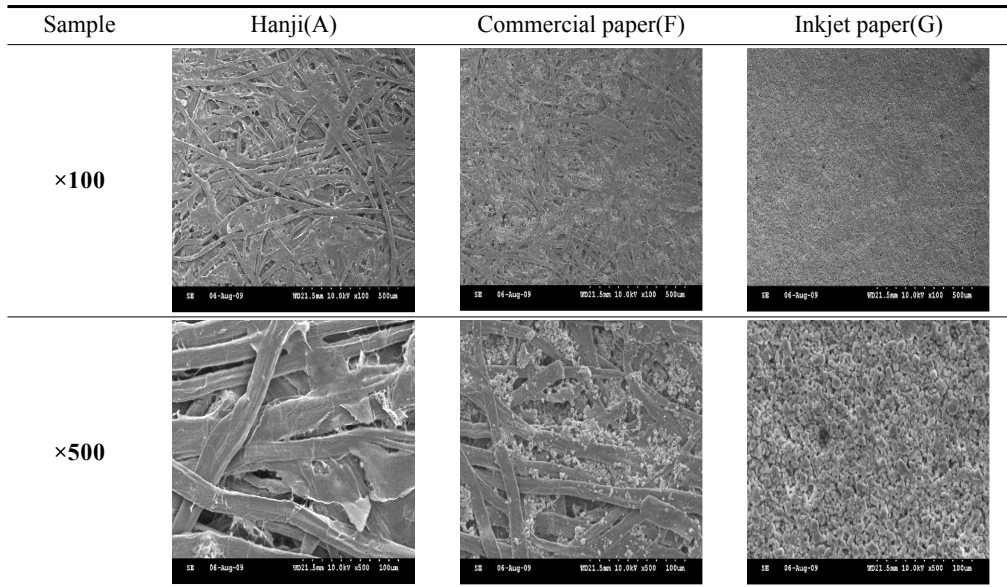


Fig. 5. SEM images of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

섬유 기계한지의 경우 100 배율로 관찰하였을 때 장섬유의 벌키(bulky)한 섬유를 관찰할 수 있었다. 백상지의 경우 100 배율 관찰 시 인쇄화상 뒤편침(show through)의 현상을 예방하기 위한 충전물질이 관찰되었다.<sup>16)</sup> 잉크젯 인쇄용지를 500 배율로 확대해 본 결과 종이표면에 많은 외침 사이즈제로 채워져 있는 것을 확

인할 수 있었다.

Fig. 6은 다섬유 함량별 기계한지, 백상지 및 잉크젯 전용지에 잉크젯 프린터로 망점을 인쇄하여 화상분석기로 관찰한 결과이고<sup>8)</sup> 다섬유 함량이 증가할수록 잉크의 번짐이 일부 커지고 테두리의 경계선이 불분명해지는 것을 관찰할 수 있었다. 다섬유 함량 80% 이상에

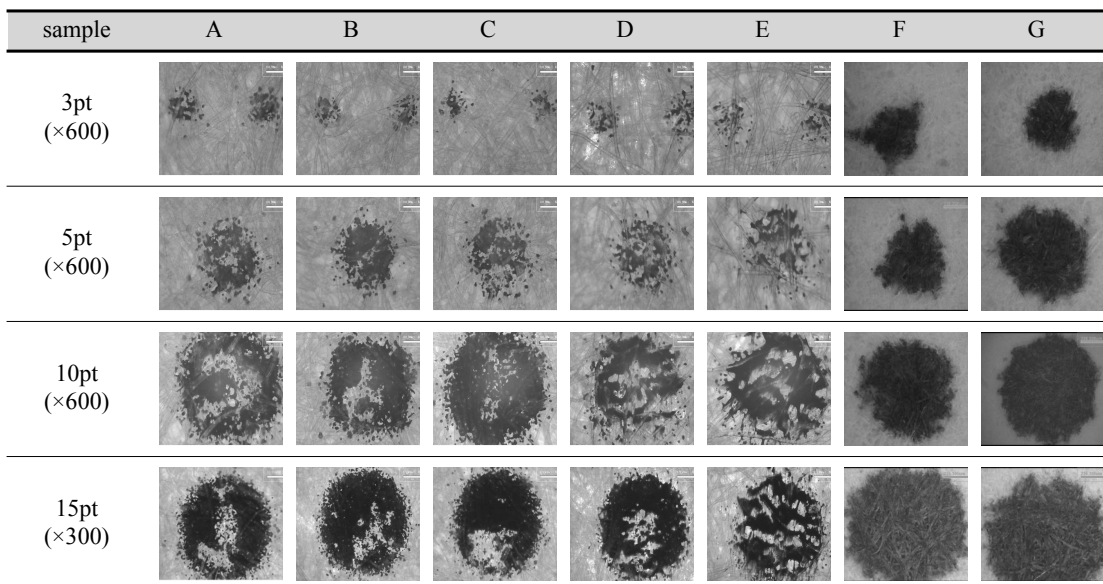


Fig. 6. Ink-jet printed dots of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

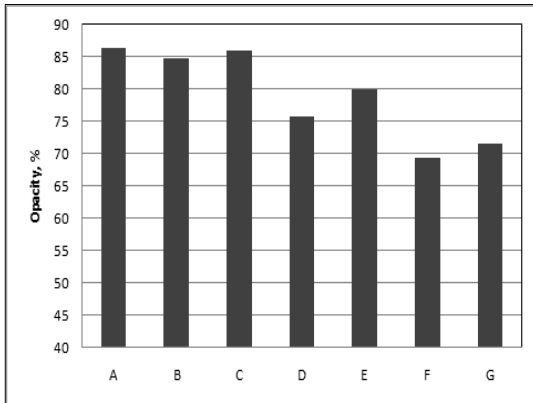


Fig. 7. Opacity of machine-made Hanji, commercial paper and inkjet paper.

서는 잉크 물결무늬가 발생되었고 이는 기계한지의 닥섬유 함량이 증가하며 지합이 불량하게 되는 원인으로 작용하여 잉크의 수분과 접촉한 부분이 수축하면서 cockle을 형성<sup>14)</sup>하는 것으로 사료된다. 백상지와 잉크젯전용지는 인쇄성이 우수하였고 잉크젯전용지가 백상지보다 구형(球形)의 형태를 나타내었고, 클레이 입자와 같은 충전 물질들이 잉크에 용이하게 적셔지고 종이 내에서 가늘고 많은 모세관을 만들어 주<sup>13)</sup>기 때문에 인쇄적성이 우수한 것으로 사료된다.

닥섬유 함량별 기계한지의 불투명도는 Fig. 7에 나타내었고, 닥섬유 함량이 20~60% 기계한지의 경우 불투명도가 유사하였고 80% 이상에서는 불투명도가 감소하였다. 닥섬유 함량이 증가하면서 종이 layer간의 길이가 증대되어 불투명도가 낮아진 것으로 사료된다. 백상지 및 잉크젯전용지의 경우 얇은 두께를 지니지만 불투명도가 낮았고, 닥섬유가 함유된 기계한지는 내침 및 외침 사이징 공정을 하지 않아 종이 두꺼움에도 불구하고 지합의 불균일로 인하여 빛의 투과율이 높은 것으로 사료된다.<sup>16)</sup>

## 4. 결론

본 연구에서는 낮은 평활도와 잉크 번짐, 켈 현상 등으로 인하여 주문형 인쇄시장에서 소외되어온 기계한지로 제조된 닥섬유 복사용지의 물리적 특성 및 인쇄적성의 기초 연구를 통하여 한지의 문제점을 파악하고 개선방향을 연구하였다.

1. 닥섬유 함량별 기계한지가 일반 백상지에 비해 비인열도가 MD 및 CD 방향 모두 2배 이상의 높은 수치를 보였고, 닥섬유 함량이 증가함에 따라 인장강도는 증가하였고 신도는 낮아졌다. 또한 MD 및 CD 방향별 기계적강도 비율은 고급인쇄용지와 비슷한 수준을 나타내었다.
2. SEM 분석결과 잉크젯전용지에서 많은 충전 물질을 관찰할 수 있었으며 망점분석의 결과 닥섬유 함량별 제조한 기계한지의 경우 망점 내에 부분적으로 인쇄가 되지 않았지만 백상지 및 잉크젯전용지와 유사한 원형의 모습을 유지하였다.
3. 기계한지에서 닥섬유 함량이 증가함에 따라 felt side 면의 평활도는 감소하는 경향을 보였으며 wire side 면의 평활도는 큰 차이를 보이지 않았다.
4. 기계한지의 불투명도는 닥섬유의 함량이 증가함에 따라 미세하게 감소하였지만 사이징제의 미사용으로 인해 일반 백상지 및 잉크젯전용지의 수준에는 미치지 못하였다.

닥섬유가 함유된 기계한지에서 비인열강도, 인장특성, 평활도 등 물리적 특성이 우수하고 사무용 프린터기와 복사기 등에서 활용 가능한 사무용 복사지로서의 인쇄성 등을 고려했을 때 닥섬유 함량이 40~60% 수준의 기계한지가 적절하였고 향후 보존성과 양면 인쇄성을 연계한 추가적인 연구가 필요할 것으로 예상된다.

## 인용문헌

1. Youn, H. J., and Cho, H., The requirements for permanent paper and evaluation of permanence of domestic printing and writing papers, Journal of Korea TAPPI 40(2):73-79 (2008).
2. Lee, K. B., Seo, Y. B., Park, S. Y., Jeon, Y., and Shin, J. S., Effect of washing treatment of aged paper materials for better conservation, Journal of Korea TAPPI 38(4):53-60 (2006).
3. Park, J. H., Kim, H. J., Lee, T. J., and Seo, Y. B., Studies on the development of corrugated board and investigation of optimum corrugating adhesive for archival quality container(part 1), Journal of Korea TAPPI 41(4):73-81 (2009).
4. 공공기록물 관리에 관한 법률 제 8852 호.

5. 신동서 저. 1989. 중성지-기초와 기술-, 삼공장학재단
6. Usuda. M. 1900. Alkaline paper & Functional Paper, Proc. 13th Interat. Seminar of Pulping and Papermaking Technology, p.59-71. Seoul, Korea(1990.5.25.)
7. Choi, T.H., and Cho, N.S., Studies on the New Korean Traditional Paper Manufacturing from Paper Mulberries-Anatomical and Chemical Properties and Pulping Characteristics-, Journal of Korea TAPPI 24(1):32-40 (1992)
8. Hyun, K. S., Kim, M. J., and Lee, M. K., Printability Improvement of Hanji, Journal of Korea TAPPI 37(4):52-59(2005).
9. Kang, J. H., Seo, S. M., and Park, S. C., Studies on the Printability of Hanji by sizing and calendering, Journal of Korea TAPPI 37(5):70-77(2005).
10. Seo, S. M., Kang, J. H., and Lim, H. A., Studies on the Printability Improvement of Hanji by Surface Sizing with Mixed Agents, Journal of Korea TAPPI 38(5): 38-46(2006).
11. 최태호, 이상현, 이지연, 최숙기, 한지 제조용 원료 섬유의 식별, 추계학술발표논문집, p. 224-230(2005)
12. Scott, W.E., Abbott, J.C., and Trosset, S. Eds., Properties of Paper: An Introduction 2nd ed., TAPPI PRESS, Atlanta, Georgia(1995).
13. 제지과학, 광일문화사, p.448-451(2000).
14. 섬유특성과 지료조성공정에 의한 종이 특성변화, 31 차제지기술자정기교육, (2011)
15. Cheong, H. S., Kim, C. K., and Lee, Y. K., Effect of Talc on Gravure Printability(I), Journal of Korea TAPPI 41(3):1-7(2009).
16. Choi, S. H., and Kim, B. Y., Stock Preparations for the Opacity Improvement of Printing Paper, Journal of Korea TAPPI 32(1):1 ~ 9(2000).