

텐셀 섬유를 활용한 한지의 제조

민 춘 기[†] · 조 중 연 · 신 준 섭 · 류 운 형

(2001년 10월 11일 접수; 2001년 12월 10일 채택)

Manufacture of Hanji Using Tencel Fiber

Choon-Ki Min[†], Jung-Yeon Jo, Jun-Seop Shin, and Woon-Hyeong Ryu

(Received on October 11, 2001; Accepted on December 10, 2001)

ABSTRACT

A newly developed functional fiber for textile, Tencel, which is known to have some advantages over wood fiber such as fibrillation, absorbency and so on, was examined to see the possibility of a raw material for hanji.

Hanji was manufactured by the conventional handmade method using Tencel of three different fiber lengths with three different levels of mixing ratio of Tencel and paper mulberry fiber, and their physical and calligraphic properties were evaluated and compared with one another.

It was needed to develop more efficient beating methods than conventional one such as valley beating for Tencel to be used effectively as a raw material for hanji. It was found out by image analysis that the calligraphic properties of hanji could be improved by mixing of 10 to 20% of Tencel of relatively short-length fiber with paper mulberry.

Keywords: hanji, functional fiber, calligraphic properties, image analysis

1. 서 론

최근 정보화 및 디지털 시대의 도래로 새로운 정보 매체의 하드 카피에 적합한 특수지 및 산업용지 분야에서의 고기능성 종이 제품의 수요는 지속적으로 증가하고 있다.

이와 더불어 특수지의 원료로 기존의 목재 펄프의 한계를 극복하고 다양한 기능을 부여하기 위한 새로운 제지용 소재 개발에 많은 연구가 진행되고 있다. 이러

한 목적으로 개발된 첨단 신소재 중의 하나가 텐셀 (Tencel)이다. 텐셀은 1990년대 후반에 영국의 Courtaulds사가 개발한 소재로, 화학적 공정을 거치지 않고 물리적 방법으로 제조되기 때문에 그 제조과정에서 인체에 어떠한 해로운 물질을 발생시키지 않으며 환경오염을 시키지 않는 환경 친화적 무공해 섬유로 알려져 있다. 텐셀은 일반 목재 펄프를 amine oxide라는 무독성 용제로 용해한 천연 셀룰로오스로 만들어진다. 여기서 사용된 amine oxide는 완벽하게

• 본 연구는 용인송담대학 연구지원금에 의해 수행되었음.

• 용인송담대학 제지 · 패키징시스템과(Dept. of Paper & Packaging System, Yong-In Songdam College, Mapyoung-Dong 571-1, Yongin-Si, Kyungki-Do 419-710, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: ckmin@ysc.ac.kr

회수되어지며 필터를 통과한 용액은 작은 구멍을 통과 시켜 섬세한 필라멘트 형태로 되며 이 필라멘트를 물로 세척 후 건조시켜 amime oxide를 제거한다. 건조된 필라멘트는 crimp 처리하여 staple fiber가 되는 극히 단순한 공정을 거쳐 생산된다. 건조상태에서 텐셀섬유의 자체강도는 polyester 강도에 가깝고, 습윤 상태에서는 건조강도의 85%를 유지한다. 이러한 이유로 면방업계에 의류용 섬유재료로 주목을 받고 있다. 텐셀섬유의 가장 중요한 또 다른 특성 중의 하나는 피브릴화(fibrillation) 효과가 일반 목재 펄프에 비해 매우 우수하다고 보고되고 있다. 텐셀섬유의 독특한 피브릴화 특성은 종이에 적용시 비표면적의 증가로 인한 흡착특성이 탁월한 지필의 형성을 가능케 하여 높은 흡착능이나 여과능 및 균일하고 미려한 흡수능을 요하는 특수기능지에 응용할 수 있는 잠재력을 가진다고 할 수 있다. 또한 텐셀섬유는 일반 목재 펄프에 비해서는 고가이나 특수지 제조에 사용되는 마와 닥섬유와 같은 비목재 펄프와 비교시 단가에서도 경쟁력이 있으므로, 원가 측면에서도 고가의 원료를 사용하는 특수기능지에 상업적 적용이 가능할 것으로 판단된다.

한편 한지의 원료로 사용되는 닥섬유를 100% 사용 시 섬유장이 길어 제반 강도는 우수하지만, 서화특성이 저하되는 문제가 발생하므로 이를 해결하기 위해 단섬유를 일부 혼합하여 서화용지를 제조하는 것이 일반적이다.^{1,2)} 본 연구에서는 이제까지 섬유용 신소재로 사용되어 왔던 텐셀의 높은 흡수성과 피브릴 효과에 착안하여, 텐셀을 닥섬유와 혼용하여 한지의 필기성, 서화특성을 향상시키는 동시에 원료수급의 원활성을 부여할 수 있는 가능성을 파악하기 위한 기초 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 텐셀섬유의 고해 및 한지 제조

영국 Courtaulds사에서 제조한 텐셀섬유 중 데니어는 1.5로 동일하고 섬유장이 5(T5), 12(T12), 30 mm(T30)의 것을 각각 구입하여 사용하였다. 텐셀섬유는 Valley Beater를 사용하여 고해를 실시하였으며 고해 시간에 따른 고해도를 °SR 방식으로 측정하였고, 고해 효율을 높이기 위해 분산제(PAM, PEO)를 0.01% 첨가하여 무첨가와 비교하였다. 닥섬유는 칼비터를 사용하여 섬유가 완전히 해리될 때까지 고해시켰다. 고해된 두 섬유를 일정 비율로 혼합하고 분산제

로 PAM을 첨가 후, 소형 초저발로 가로뜨기(쌍발뜨기)하여 평량이 약 30 g/m²이 되도록 조지하였다. 제조된 한지는 압착기로 24시간 가압 탈수시킨 후 열판 건조기로 건조하였다. 건조된 한지는 항온항습실(65% RH, 20°C)에서 24시간 조습 처리 후 물성 시험용 시편으로 사용하였다.

2.2 텐셀 함유 한지의 물리적 특성 및 현미경적 구조 측정

상기 조습 처리된 한지의 평량, 두께, 밀도, 열단장, 열단장종횡비, 신장률, 인열지수, 비파열강도, 내절도, 백색도 및 지합을 TAPPI 표준시험방법에 준해서 측정하였다. 또한 공초점 레이저 주사현미경(Confocal Laser Scanning Microscope, Bio-Rad MRC 1024)과 주사전자현미경(SEM, Hitachi 3200, 가속 전압 15 kV)을 사용하여 한지 내의 섬유 분포, 개별 섬유의 형태 및 크기를 파악하였다.

2.3 텐셀 함유 한지의 서화특성 분석

2.3.1 먹퍼짐 특성

10 ml 용량의 주사기에 먹을 채운 후 5 cm 높이에서 한 방울씩 한지에 떨어뜨려 먹이 완전히 퍼질 때까지 방치한다. 이것을 화상 분석기(범미유니버스 BMI plus)를 이용해 면적과 평균직경, 최대 최소 반지름, 원형비율, 이형률을 측정하였다.

화상분석기의 CCD 카메라를 통해 먹을 떨어뜨린 종이의 화상을 capture하였으며, capture된 화상은 흑백전환 → 이차화 → 색반전 → 자동계측의 과정을 거쳐 면적과 평균직경, 최대 최소 반지름, 원형비율, 이형률 등의 값을 얻었으며 다음과 같이 정의할 수 있다.

면적(A) : 흰색 물체의 픽셀 수

직경(D) : 면적으로부터 계산된다. 즉 물체를 원으로 보고 원의 평균직경으로 나타낸 직경이다.

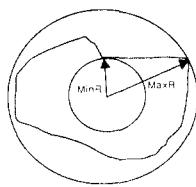
$$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

최소 반지름(Minimum Radius, Min R) : 물체 중심에서의 최소 거리

최대 반지름(Maximum Radius, Max R) : 물체

중심에서의 최대 거리

원형비율(Circular Ratio, CR) : 물체의 원형 비율로서 최소 반지름에 대한 최대 반지름의 비율(Fig. 1)



$$CR = \frac{Max\ R}{Min\ R}$$

$$C_{fill} = \frac{A}{\pi \times Max\ R^2}$$

Fig. 1. Concept of circular ratio (CR) and circular filling (Cfill).

이형률(Circular Filling, Cfill) : 물체의 이형률로써 물체의 면적을 그 물체의 외접원 면적으로 나눈 값(Fig. 1)

2.3.2 먹즙 흡수속도

공시재료의 흡수속도를 파악하기 위해 시험편을 15 mm × 200 mm의 스트립으로 재단하여 상단을 고정하고 시험편의 끝을 먹즙에 5 mm 정도 담궈, 10분 후에 먹즙의 흡수 형태와 높이를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 텐셀의 고해 및 초지 특성

텐셀을 일반 닥섬유와 동일한 조건으로 칼 비터로 고해를 실시하고자 하였으나 섬유장이 닥섬유에 비해 길기 때문에 텐셀 섬유가 비터 내에서 뭉쳐 고해가 진행되지 않았다. 이 문제를 해결하기 위해 실험실용 Valley 비터를 사용하여, 고해 농도를 0.2% 정도까지 낮추어 고해를 실시하였으며, 섬유의 길이를 손상시키지 않는 범위 내에서 고해시간을 단계별로 증가시켜 적정 고해시간을 설정하였다. 또한 텐셀 섬유를 분산시켜 고해를 촉진시킬 목적으로 PAM(poly-acrylamide)과 PEO(polyethylene oxide)를 첨가하여 고해 효과를 관찰하였다. 텐셀의 섬유특성을 고해 진행 중 1분 간격으로 확인한 결과 고해시간이 약 8분 정도를 경계로 해서 섬유장이 급격히 저하됨을 알 수

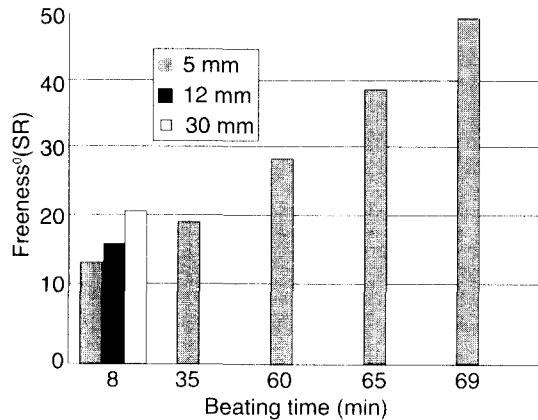


Fig. 2. Beating property of the Tencel fibers with different fiber length.

있었다. 따라서 고유의 섬유장을 유지시키는 최대한의 고해시간을 8분으로 정하여 고해도를 측정한 결과 5 mm(T5), 12 mm(T12), 30 mm(T30)의 섬유장을 갖는 것이 각각 14, 17, 22 °SR을 나타내었다. 텐셀을 물과 단독으로 혼합하였을 경우보다 분산제를 소량(0.01%) 첨가할 경우 고해시 섬유의 응집이 현저히 저하되었으며, 분산제 중에서는 PAM이 PEO에 비해 우수한 분산 효과를 나타냈다. 또한 T5를 사용하여 고해 시간에 따른 고해도를 측정한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 고해도가 30 °SR를 기점으로 해서 급격히 증가하는 것이 관찰되었다.

섬유장에 관계없이 텐셀의 함유율이 20% 이상이 되면 습지상에 텐셀 섬유간 미세 응집이 발생하여 제조된 한지의 지합이 저하되는 것이 관찰되었다. 따라서 현재의 고해 및 분산 방법으로는 닥섬유 대비 텐셀의 혼합 비율을 10~20% 정도의 수준으로 유지하는 것이 적당하다고 판단된다.

3.2 텐셀 함유 한지의 물리적 특성

텐셀을 함유한 한지의 물리적 특성을 닥섬유만을 100% 사용한 개량한지 및 전통한지와 비교하여 Table 1에 나타내었다. 여기서 개량한지(modified hanji)¹⁾는 원료로 닥섬유를 100% 사용한 것은 전통한지와 같으나 원료의 중해시 육재 대신에 가성소다를 사용하고, 분산제로 황축구 균액 대신에 PAM을 사용하여 '쌍발뜨기' 방식으로 제조된 한지를 말한다.

텐셀의 함유량이 증가할수록 한지의 인장강도, 파열

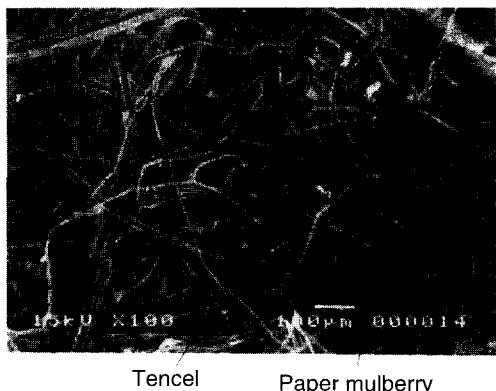


Fig. 3. SEM photograph of hanji made from paper mulberry and Tencel.



Fig. 5. Absorption rate of Chinese ink.

※ 1 : T5-10%, 2 : T5-20%, 3 : T5-30%, 4 : T12-10%,
5 : T12-20%, 6 : T12-30%, 7 : T30-20%, 8 : T30-30%, 9 : Modified hanji, 10 : Traditional hanji,
11 : T30-10%

강도, 인열강도가 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 섬유 자체의 강도는 텐셀이 우수하나, 섬유의 피브릴화가 충분히 진행되지 못하여 섬유간 결합이 제대로 이루어지지 못한 것이 원인으로 판단된다. 이러한 해석은 SEM 사진을 통해서도 확인할 수 있었다 (Fig. 3). 또한 CLSM 사진(Fig. 4)에서 보는 바와 같이 텐셀은 섬유의 횡단면이 구형으로 이루어져 있고 탄성률이 높기 때문에, 섬유의 횡단면이 타원형의 형태를 갖고 있고, 섬유의 유연성이 상대적으로 높은 닥섬유에 비해 섬유간 결합 면적이 작을 수밖에 없다. 본 연구에서는 고해기로 Valley Beater를 사용하였는데 피브릴화를 유도하기 위하여 고해시간을 증가시킬 경

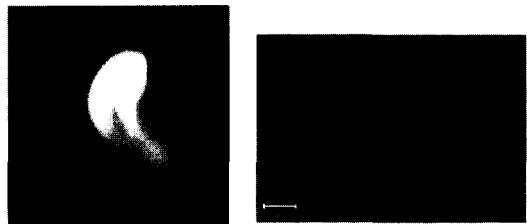


Fig. 4. The cross sectional images of paper mulberry fiber (left) and Tencel (right) by CLSM.

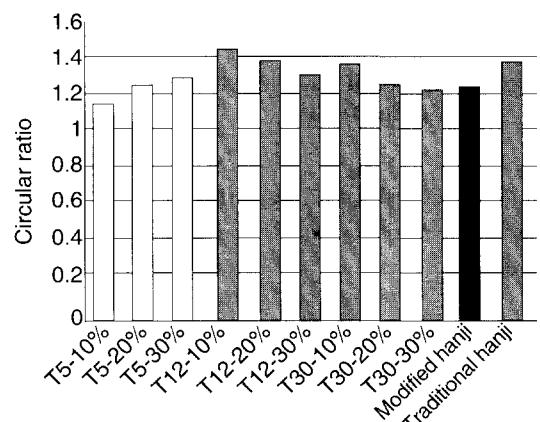


Fig. 6. Circular ratio of Chinese ink blots.

우 섬유장의 급속한 저하가 발생하여 고해도를 증가시키는 데 제한이 있었다. 따라서 텐셀을 한지에 성공적으로 적용시키기 위해서는 섬유의 길이는 유지하면서 점상고해를 통해 충분한 피브릴화를 유도하는 고해 방법을 개발하는 것이 무엇보다도 중요한 과제로 판단된다. 적용 가능한 고해 방법 중의 하나로는 과거 전통한지 제조시 사용되던 방망이로 섬유를 두드리는 방식 (pounding)이 적합할 것으로 생각되며, 차후 텐셀을 한지에 성공적으로 적용하기 위해서는 반드시 선결되어야 할 과제라고 생각된다.

텐셀의 섬유장에 따라서 한지의 강도는 일정한 경향을 나타내지 않았는데, 이것은 고해 전 개별 섬유의 길이보다는 고해 후 섬유의 구조가 한지의 강도에 더욱 많은 영향을 미치는 것으로 해석된다.

3.3 텐셀 함유 한지의 서화특성

화선지의 서화특성은 동양화가나 서예가의 작업방

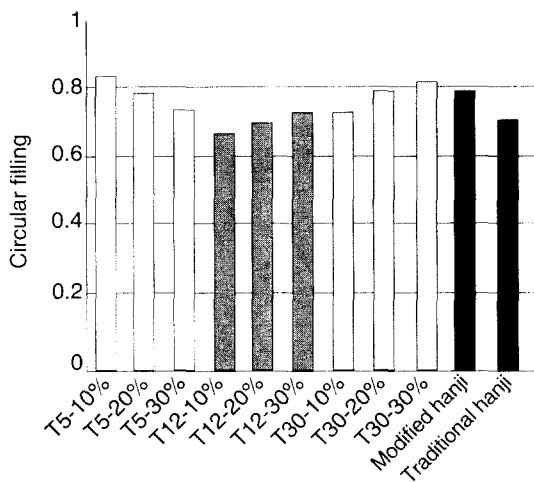


Fig. 7. Circular filling of Chinese ink blots.

식이나 취향에 따라 선호하는 품질이 다르므로 절대적인 화선지의 품질 평가 기준을 정하는 것은 매우 어려운 것이 현실이다. 그러나 일반적으로 많은 국내 작가들은 먹변집이 균일하고 먹빛이 진하고 깊은 화선지를 선호하는 것으로 알려져 있다.

전 등²⁹이 국내 작가들을 대상으로 먹즙의 흡수거동이 화선지의 특성에서 어떠한 현상으로 나타나는가를 조사한 결과, 봇의 터치(touch) 감각에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 보고된 바 있다. 즉 먹즙의 흡수력이 지나치게 빠르거나 늦으면 봇 끝에 머물러 있는 먹즙이 빨리 흡수되거나 늦어져 획을 긋는 속도를 조절하는 데 어려움이 있음을 알 수 있었고, 표면이 너무 미끄러우면 터치 감각을 느낄 수 없어 강약을 조절하기가 어렵기 때문에 작가들이 약간 거친 면을 선호하는 경향이 많은 것으로 알려져 있다. 먹즙의 흡수속도 시험 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 텐셀을 첨가하므로 전반적으로 먹즙 흡수속도가 증가하는 결과를 나타내었다. 이는 텐셀 섬유가 닥섬유에 비해 흡수성이 높기 때문에 나타난 결과이며, 화선지의 먹즙 흡수속도를 텐셀 함유량을 통해 조절할 수 있음을 보여 주고 있다.

또한 화선지의 경우 주로 그림을 그리거나 글씨를 쓰는 것이 목적이므로 먹퍼짐성이 매우 중요시된다. 봇글씨를 쓰는 경우 먹이 잘 퍼지게 되면 봇 끝의 날카로움이 살아나지 않아서 뭉툭한 형태의 글씨가 되는 반면 먹이 잘 퍼지지 않는 종이는 조그만 봇의 움직임도 포착하게 된다. 이에 따라 화가나 서예가들 각자에게 잘 맞는 종류의 먹퍼짐성이 존재하게 된다. 또 봇이 잘 나가는 정도도 매우 중요하다. 봇이 쉽게 미끄러지

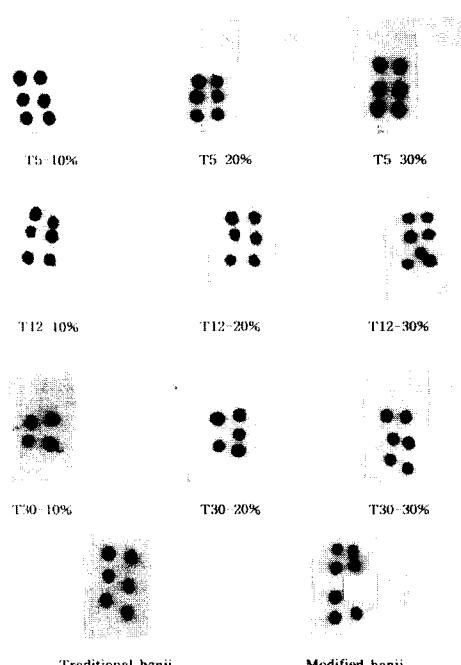


Fig. 8. Effects of fiber length and mixing ratio of Tencel on the shapes of Chinese ink blots on hanji.

는 종이와 잘 미끄러지지 않는 종이를 사용자는 구별할 필요가 있다.³⁰

현재까지 화선지의 먹퍼짐성은 먹의 번짐을 육안으로 관찰하여 평가하는 방법이 주로 사용되었으나, 본 연구에서는 화상분석기(Image Analyzer)를 사용하여 먹퍼짐 면적, 먹퍼짐 직경, 최소 반지름, 최대 반지름, 원형비율 및 이형률 등을 분석하여 보다 정확하고 과학적인 방법³¹에 의해 먹퍼짐성을 평가하였으며, 그 결과를 Table 2와 Figs. 6, 7, 8에 나타내었다.

원형비율은 먹퍼짐의 이방성을 나타내주는 계수로 먹퍼짐이 원형이 아니고 타원형으로 나타나게 되는데, 이때 최대 반지름을 최소 반지름으로 나누어 줄 때 이 값을 원형 비율이라고 부른다. 원형으로 먹퍼짐이 일어날 때 원형비율은 1.0이 되고 타원형일 때는 1.0보다 크게 된다. 이형률은 가상의 원에 대한 변형 정도를 나타내는 개념으로 먹퍼짐이 일어난 후 끝 부분이 얼마나 곱게 형성되었는지를 나타낸다. 값이 1.0에 접근할수록 먹이 곱게 퍼짐을 알 수 있다. T5-10%의 경우 기존 한지에 비해 원형비율과 이형률 모두 다소 우수하게 나타나, 섬유장이 작은 텐셀 섬유를 소량(10% 내외) 닥섬유와 혼합초지하면 한지의 서화특성을 개선시

Table 1. Effects of fiber length and mixing ratio of Tencel on physical properties of hanji

| | Grammage (g/m ²) | Density (g/cm ³) | Breaking length (km) | Tear index (mN · m ³ /g) | Burst index (kgf/cm ² · m ³ /g) | Folding endurance (time) | Formation index |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|--|-----------------------------|-----------------|
| T5-10% | 36 | 0.210 | 6.38 | 6.52 | 7.75 | 38 | 127 |
| T5-20% | 31 | 0.170 | 7.85 | 6.65 | 8.47 | 25 | 128 |
| T5-30% | 34 | 0.210 | 6.60 | 5.23 | 7.55 | 197 | 128 |
| T12-10% | 32 | 0.180 | 6.40 | 6.65 | 8.95 | 76 | 128 |
| T12-20% | 34 | 0.180 | 5.70 | 6.65 | 8.10 | 59 | 127 |
| T12-30% | 37 | 0.165 | 5.75 | 5.61 | 7.90 | 19 | 129 |
| T30-10% | 25 | 0.210 | 11.30 | 9.08 | 11.50 | 145 | 128 |
| T30-20% | 33 | 0.200 | 7.55 | 5.70 | 7.99 | 50 | 129 |
| T30-30% | 34 | 0.162 | 7.75 | 4.62 | 7.57 | 29 | 127 |
| Modified hanji | 32 | 0.230 | 10.30 | 9.20 | 8.45 | 119 | 129 |
| Traditional hanji | 28 | 0.240 | 10.30 | 7.79 | 9.83 | 223 | 128 |

킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 섬유장과 텐셀 섬유의 혼합률이 증가할수록 먹퍼짐 특성은 악화되는 경향을 나타냈다.

차후 본 연구 결과에 근거해 서화용 한지 제조에 적합한 텐셀의 섬유장과 닥섬유와의 적정 배합 비율을 선정하는 연구를 지속하여 서화용 한지 생산시 기능성 섬유를 통한 품질 개선의 가능성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결 론

섬유용 신소재로 최근에 개발된 텐셀의 특성을 응용하여 서화용 한지의 소재로서의 가능성을 모색하였다. 이를 위해 닥섬유와 텐셀을 혼합하여 한지를 제조하고

이들의 서화특성을 조사한 결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 텐셀을 한지에 효과적으로 적용하기 위해서는 텐셀의 섬유장을 최대한 유지시키면서 섬유의 피브릴화를 유도하는 새로운 점상 고해(wet beating) 방법의 개발이 필요하다.
2. 텐셀 함유 한지의 강도가 닥섬유만으로 구성된 한지에 비해 전반적으로 저하되었는데, 차후 텐셀의 고해 방법의 최적화를 통해 개선 가능할 것으로 판단된다.
3. 섬유장이 비교적 짧은 텐셀을 10%~20% 정도 닥섬유와 혼합하여 초기하므로 묵素质도, 먹퍼짐 성 등 한지의 서화특성을 개선할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

Table 2. Effects of fiber length and mixing ratio of Tencel on calligraphic properties of hanji

| | Ink absorption area(mm ²) | Diameter (mm) | Min. radius (mm) | Max. radius (mm) | Circular ratio | Circular filling |
|-------------------|---------------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------|------------------|
| T5-10% | 73.4 | 9.7 | 4.3 | 5 | 1.19 | 0.85 |
| T5-20% | 70.4 | 9.5 | 4.1 | 5 | 1.29 | 0.80 |
| T5-30% | 92.0 | 10.8 | 4.6 | 6 | 1.34 | 0.76 |
| T12-10% | 66.1 | 9.2 | 3.8 | 6 | 1.47 | 0.69 |
| T12-20% | 54.6 | 8.3 | 3.5 | 5 | 1.43 | 0.72 |
| T12-30% | 56.7 | 8.5 | 3.7 | 5 | 1.34 | 0.75 |
| T30-10% | 72.3 | 9.6 | 4.0 | 6 | 1.39 | 0.74 |
| T30-20% | 74.2 | 9.7 | 4.2 | 5 | 1.29 | 0.81 |
| T30-30% | 61.1 | 8.8 | 3.9 | 5 | 1.25 | 0.83 |
| Modified hanji | 75.0 | 9.8 | 4.3 | 5 | 1.27 | 0.81 |
| Traditional hanji | 78.2 | 10.0 | 4.2 | 6 | 1.41 | 0.72 |

인용문헌

1. 조형균, 한국전통기술의 국제화에 관한 연구 -
한지분야 -, 한국과학재단 최종보고서, pp. 147-
148 (1996).
2. 전철, 김성주, 화선지 개발에 관한 연구(1)-발목
현상과 관능시험 -, 목재공학 26(1):51 (1998).
3. 민춘기, 조중연, 이선호, 화상분석을 통한 전통
수록지의 서화 특성 비교, 필프 · 종이기술 32
(4):81 (2000).