

제지기술 혁신을 위한 건식초지시스템 개발과 분석

Development and analysis of dry forming system for innovation of papermaking technology

이학래, 윤혜정, 김종민
서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공

1. 서론

제지공정에서 물은 섬유를 분리하고 이송하며 지필을 형성시키고 강도를 발현시키는 역할을 하게 되는데, 일반적으로 1% 이하의 섬유를 조작하기 위하여 99% 이상의 물이 투입되고 있다. 기존의 제지공정은 섬유를 다루기 위해 사용되어지는 물의 양이 많기 때문에 물을 다루기 위한 공정을 만들고 생산품질과 속도의 증가를 위하여 점점 더 대형화되고 복잡해지고 있다. 수많은 단위공정과 배관들이 거미줄처럼 얽힌 제지공정은 자동화로 발전이 아닌 자동화가 되지 않으면 안 되는 상황이 되었고 대부분의 동력과 센서, 공장부지 등이 물을 제어하기 위한 목적으로 사용되고 있다. 국내 공업용수 사용량이 철강산업에 이어 두 번째로 많은 제지산업의 경우 폐수처리 및 용수재활용 등의 많은 연구들이 시행되고 있으나 설비의 자동화와 첨단화에 따라 생산경비 증가는 피할 수 없는 것이 현실이다. 따라서 기존의 제지공정과 관련된 환경문제, 용수부족문제, 공정의 복잡화 현상을 근본적으로 극복하기 위해서는 물의 사용을 극단적으로 줄일 수 있는 초지 기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 제지산업에서 일반적으로 사용되는 물을 사용하지 않고 지필을 형성시킨 뒤, 소량의 가습처리 및 압착과정을 거쳐 종이를 생산하는 건식초지기술을 개발함으로써 제지산업에 있어 혁신원천 기술을 접목시키며, 이의 이용방안을 모색함으로써 제지산업의 새로운 가능성을 도모하고자 한다

2. 재료 및 방법

2.1. 건식초지시스템 개발

Fig. 1은 개발된 건식초지시스템의 공정 과정이다. 먼저 DFM의 개발을 통하여 공정 변수에 따른 현상 분석과 초지된 종이의 성질을 분석하였다. 이후 DFS의 개발을 통해 적용 가능한 현실성과 건식초지된 종이의 지합을 향상을 꾀하였다. 건식해리기를 통해 해리

된 LBKP는 개발된 건식초지시스템에 의해 평량 80 GSM으로 초지되었다.

2.3. 건식초지 된 종이의 물성향상

건식초지 된 종이의 물성향상을 위하여 건식해리 된 섬유 이외에 고해된 섬유를 용매치환방법을 통해 건조하여 사용하였고, 압착과정에서 열압처리를 실시하였다.

2.3. 기존 수초지와 건식초지 된 종이의 비교

건식해리 된 섬유로 기존방법으로 만들어진 수초지와 건식초지 된 종이를 비교하고, 또한 고해된 섬유로 만든 수초지와도 비교 평가를 실시하였다.

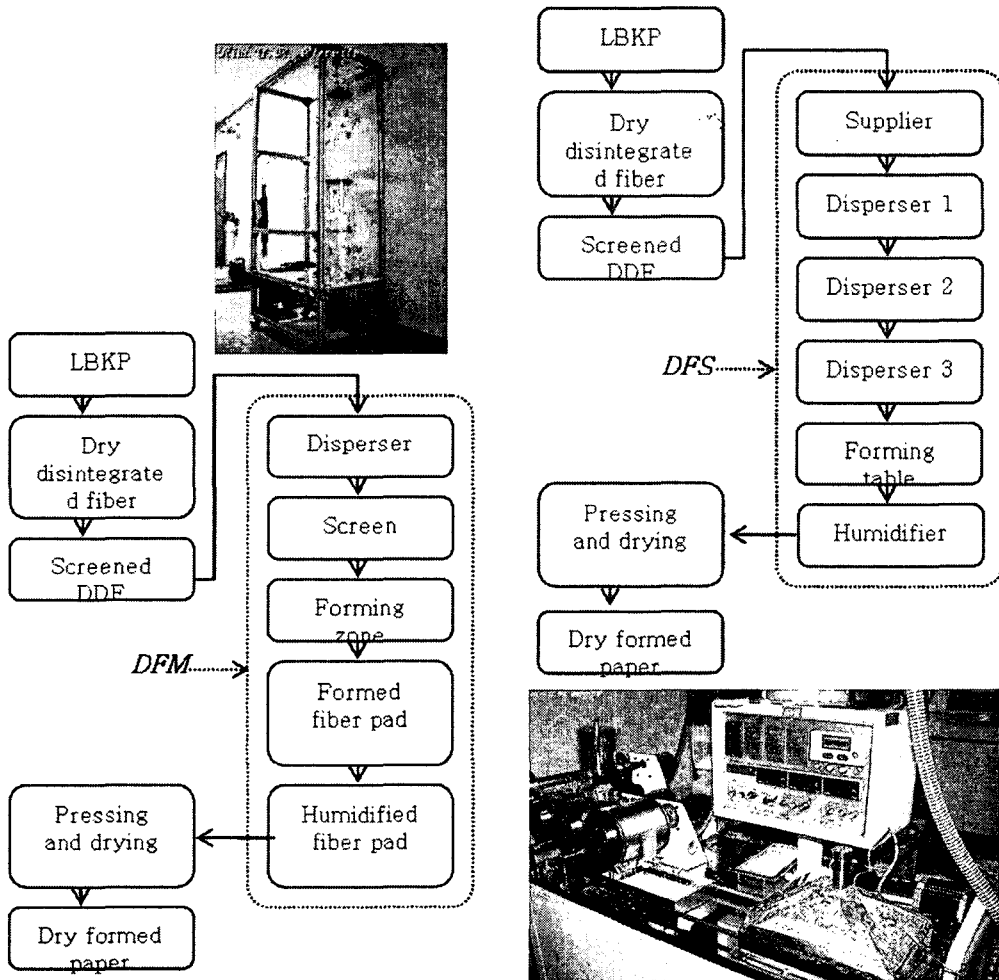


Fig. 1. Summarized processes of papermaking methods with Dry Forming Machine(DFM) and Dry Forming System(DFS).

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 압착공정을 거치기 전 건식초지 된 종이의 단면과 표면을 보여주고 있다. 패드는 다공질의 형태로 눈과 같이 쌓여진 모습이였다. 이후 가습과 압착공정을 거치면서 Fig. 3과 4의 경우와 같이 종이로 만들어졌다. 에어로졸 형태의 물입자로 가습을 실시하였을 때 시간이 지남에 따라 섬유에 물이 균일하게 응결되는 모습을 보였으며 압착공정은 통상의 압력보다 높은 28~113 kgf/cm²까지 적용되었다.

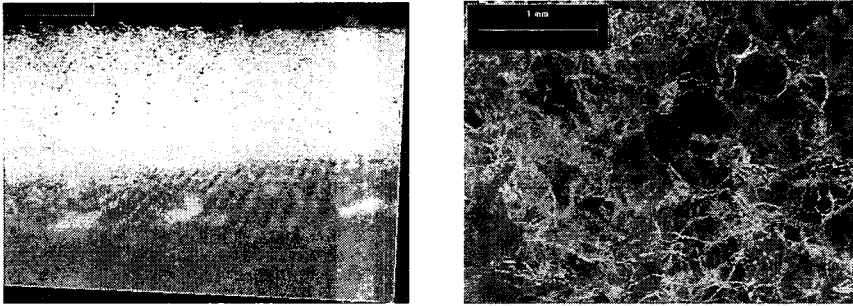


Fig. 2. Microscopic pictures of fiber pad before humidifying.

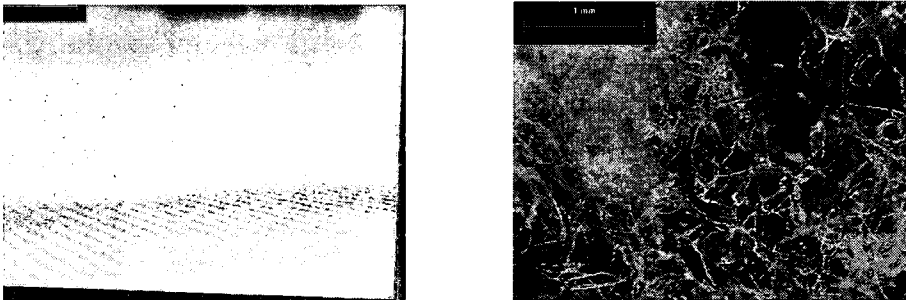


Fig. 3. Microscopic pictures of humidified fiber pad of 39% moisture content.

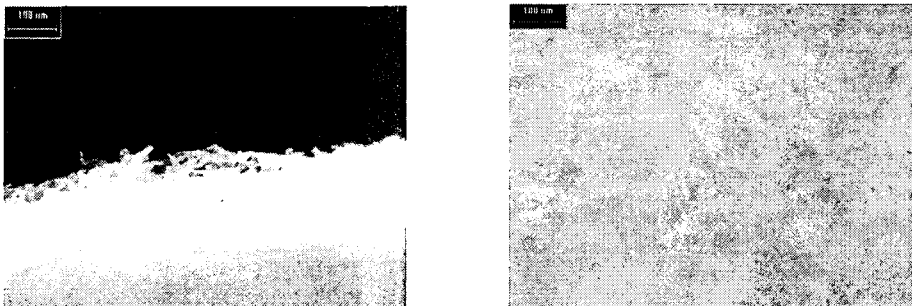


Fig. 4. Microscopic picture of pressed fiber pad which had 39% moisture content and was pressed to 56 kgf/cm² for 3 min.

건식해리 된 섬유와 건조고해 된 섬유로 만들어진 종이의 강도 비교는 Fig. 5에 나타나 있다. 건조고해 된 섬유로 만들어진 종이와 월등히 높은 인장강도를 보여주고 있었다.

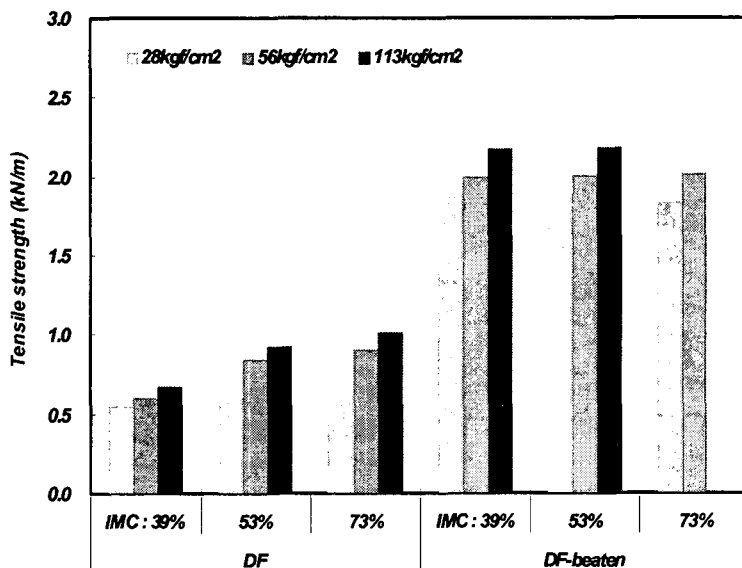


Fig. 5. Tensile strengths of the dry formed papers made of dry disintegrated and dry beaten fibers after pressing.

열처리를 통한 건조고해섬유로 만들어진 종이의 건조도와 벌크, 불투명도, 인장강도의 향상은 Fig.6에 나타나 있다. 건조도의 경우 압착과정 이후 90℃의 열압에 의하여 더 낮은 함수율을 보였다. 인장강도의 경우 큰 증가는 보이지 않았지만 열처리된 종이는 증가된 벌크와 불투명도를 나타내었다.

Fig. 7은 건식초지 된 종지와 일반적인 수초지의 벌크와 인장강도의 비교를 나타내고 있다. 건식해리 된 섬유로 만들어진 종지는 DF-1, 2, 5 이고 DF-1은 벌크우선 건식초지 된 종이, DF-2는 강도우선 건식초지 된 종이이다. 고해된 섬유로 만들어진 종지는 DF-3, 4, 6이고 DF-3과 4는 각각 벌크와 강도우선 된 종이이고, Heat DF-5, 6, 7은 열처리된 종이이다. 건식해리 된 섬유가 사용되는 경우에 수초지는 높은 벌크를 나타내었으며 건식초지 된 종지는 그 압착 시 압력이 높음에도 불구하고 더 높은 벌크를 얻을 수 있었다. 고해 된 섬유로 만들어진 수초지는 높은 강도와 낮은 벌크를 보였으며, 건식초지 된 종지는 강도는 수초지의 73.5%, 벌크는 125.3%의 값을 보였다. 같은 비율로 혼합된 섬유로 만들어진 Heat DF-7은 벌크와 강도에서 중간 값을 가졌다.

Fig. 8은 일반적인 수초지와 건조고해 된 섬유로 만들어진 건식초지 된 종이의 표면과 단면을 보여주고 있다. 고해섬유를 초지에 이용함으로써 비슷한 외관을 보였다.

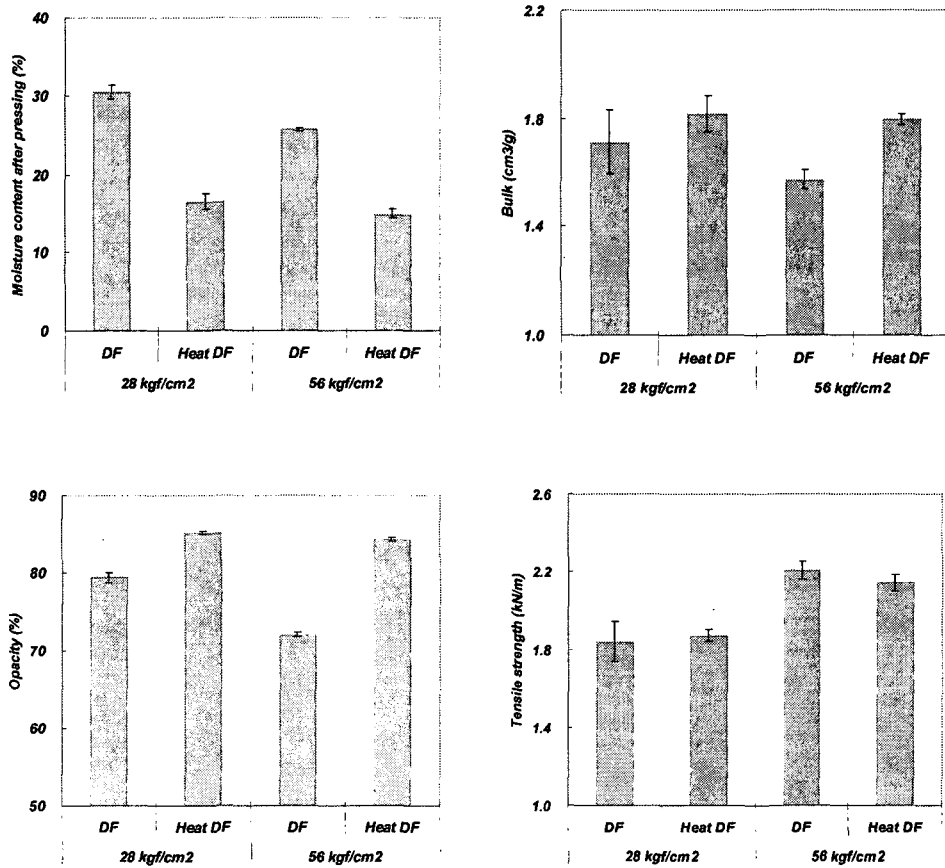


Fig. 6. Properties of the papers when heat was applied or not.

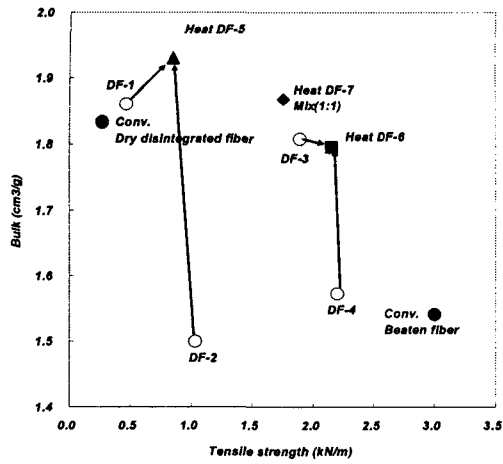


Fig. 7. Bulks and tensile strengths of conventional handsheets and dry formed paper.

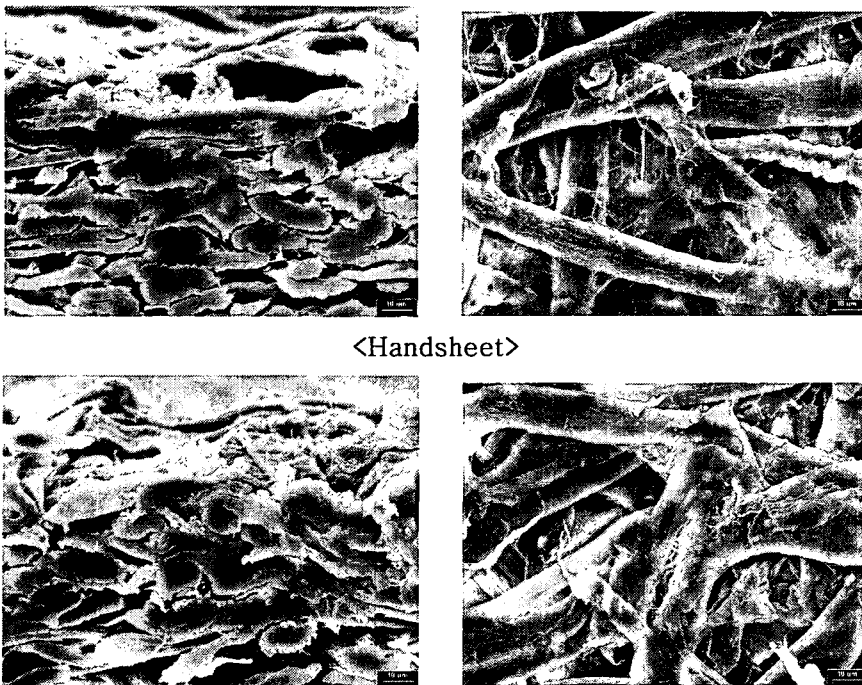


Fig. 8. SEM images of conventional handsheet and the dry formed paper made from beatenfiber.

4. 결론

건식초지 된 종이는 초기함수율과 압착압력의 증가에 따라 벌크와 광학적 성질은 낮아졌고 강도는 증가하였다. 높은 압력이 적용됨에도 불구하고 건식초지 된 종이의 벌크와 불투명도는 전반적으로 우수하였다. 그러나 그 강도는 고해된 섬유로 만들어진 수초지에 비해 1/3 수준에 머무르고 있었다.

건조된 고해 섬유를 건식초지에 적용한 결과에서 고해된 섬유를 사용할 때 강도의 향상을 매우 크게 이끌 수 있었다. 또한 압착과정에서 열적용은 강도의 변화 없이 벌크와 광학적 성질을 증가시킬 수 있었다.

강화건식초지시스템의 개발을 통하여 초지기술의 혁신을 제시하였으며, 그 종이는 고해된 섬유로 만들어진 수초지 대비 74% 라는 강도와 125%의 벌크를 보였다. 물을 거의 사용하지 않는다는 공정상의 이익과 더불어 종이의 물성에 있어서도 비록 강도는 낮지만 우수한 벌크와 불투명도로 인하여 결코 기존의 종이에 비하여 부족하지 않은 모습을 보였다.