

습부 압착과 건조 조건이 종이의 해리 특성 및 물성에 미치는 영향

김은영 · 원종명[†]

(2003년 3월 14일 접수; 2003년 5월 6일 채택)

Effects of Wet Pressing and Drying Conditions on Disintegration and Physical Properties of Paper

Eunyoung Kim, and Jong Myoung Won

(Received on March 14, 2003; Accepted on May 6, 2003)

ABSTRACT

The effects of wet pressing and drying conditions on the disintegration and physical properties of paper were investigated in order to get the basic information on the resistance of paper for aqueous solution during converting processes. Wet pressing of unbeaten bleached softwood kraft pulp increased WRV at the range of grammage investigated. The increase of WRV with grammage at low wet pressing pressure(50 psi) was obvious, while it was not significant at higher wet pressing pressure(110 psi). The changes of WRV by drying were affected by the grammage and wet pressing pressure. The poorer disintegration of sheet, the higher wet pressing pressure and drying temperature. Although the strength properties were increased with the grammage, wet pressing pressure and drying temperature, results showed different trend from those of beaten pulp.

Keywords : *Wet pressing, Drying temperature, Grammage, WRV, Disintegration, Hornification, Hydration, Physical properties*

1. 서론

종이 제조 시 가장 중요한 것은 용도에 부합되는 종이의 품질과 물성을 부여하면서 원단위를 최소화 시켜

생산 원가를 낮추는 것이라 할 수 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 각 용도에 따라 요구되는 특성에 대한 완벽한 이해가 우선되어야 하고, 그 특성을 최소한으로 만족시켜 주도록 종이 제조에 관련된 제반 인자들이 적절히 조절되어야 할 것이다. 종이의 특성은 여

• 강원대학교 산림과학대학 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701

† 주저자(Corresponding author) : E-mail : wjm@kangwon.ac.kr

러 가지 방법에 의하여 조절될 수 있다. 즉 원료의 선택, 지료 조성, 초지 및 마무리 공정에 의하여 조절된다. 물론 요구되는 성질에 따라서 가장 경제적이고, 효과적인 방법이 달라질 수 있다.

인쇄용지, 필기용지, 포장용지 등 대부분의 용도로 사용되는 종이들은 각 용도에 따라 적절한 강도적 성질과 인쇄적성을 필요로 한다. 그러나 일부 특수 용도로 사용되는 종이, 즉 식품포장용지 또는 가공 원지 등의 경우에는 진술한 지종과는 전혀 다른 특성을 필요로 한다. 특히 수용액 상태에서 화학적 반응을 시켜서 특별한 기능을 부여하거나, 수용액에 침지시켜 가공처리를 하고자 하는 경우에는 화학 반응이나 흡착이 충분히 일어나면서도 처리하는 동안 종이가 그 형태를 충분히 유지할 수 있는 성질을 지녀야 한다.

이러한 성질을 부여하는 방법으로는 여러 가지가 고려될 수 있으나, 제품을 개발하고자 할 경우 우선적으로 경제성을 지녀야 하며, 종이 표면에 다른 고분자 또는 약품을 처리하지 않음으로써 표면의 화학적 반응성을 최대로 유지할 수 있는 방법을 강구하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

종이 원료로 주로 사용되는 표백 화학펄프의 경우 리사이클을 할 경우 가장 큰 문제로 대두되는 것이 각질화(hornification) 현상이다.¹⁻¹⁰ 펄프 섬유는 각질화는 물에 의한 습윤 및 팽윤을 저하시키는 부작용을 가져오기 때문에 섬유간 결합이 버진펄프에 비하여 열등하고, 섬유의 유연성도 떨어져서 재생섬유를 사용하여 동일한 수준의 강도를 얻기 위해서는 보다 많은 에너지와 첨가제의 사용을 필요로 한다. 이러한 이유로 말미암아 우리나라뿐만 아니라 대부분의 국가에서의 재생섬유의 사용은 국한된 지종에 한하여 사용되고 있다.

본 연구에서는 이러한 각질화에 따른 섬유 특성의 변화를 이용하여 가공 원지에 필요로 하는 내수 특성을 부여할 수 있는지의 가능성을 평가하기 위하여 펄프 섬유의 각질화에 영향을 미치는 주요 인자로 고려되는 습부 압착과 건조 조건에 따른 종이의 해리 특성과 종이 물성의 변화를 조사하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

공시 재료로는 백상지 제조 공장에서 사용하고 있는

침엽수 표백 크라프트를 분양 받아 사용하였다.

2. 2 실험 방법

2.2.1 수초지 제조

일반적으로 각질화 현상은 펄프를 고해처리 함으로써 더 크게 일어날 수 있지만 본 연구에서는 펄프의 손상을 가능한 한 배제하기 위하여 고해를 실시하지 않았다. 공시 펄프를 실험실용 펄프 해리기(L&W사, 3000 rpm)를 이용하여 해리시킨 다음 평량 60, 120 및 180 g/m²의 수초지를 제조하여 50psi와 110psi의 압력으로 습부 압착을 시킨 다음 열풍 건조기를 이용하여 50℃와 110℃에서 건조를 실시하였다.

2.2.2 WRV와 종이의 해리 특성 측정

2.1 항의 조건으로 압착 및 건조된 각 습지 및 종이의 WRV와 해리 특성을 측정하였다. WRV는 TAPPI Useful Method UM 256에 의거하여 측정하였으며, 해리 특성은 전건 중량 5g에 해당되는 샘플을 취하여 400rpm으로 3분간 해리시킨 후, 실험실용 진동 스크린으로 걸러서 해리되지 않은 부분의 중량을 측정하여 총 샘플 중량에 대한 해리된 부분의 백분율을 구하였다.

2.2.3 종이 물성 측정

각 조건으로 제조된 수초지에 대하여 TAPPI Standard에 의거 겉보기 밀도, 인장지수, 인열지수, 파열지수, stiffness 및 제로-스팬 인장강도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 습부 압착 및 건조후 펄프의 WRV

본 연구의 목적은 기존의 연구들과 달리 제지 관련 공정이 펄프를 얼마나 각질화시켜주어 종이 제품에 기능성 부여하기 위한 가공 공정에서 얼마나 종이 원래의 형태를 그대로 유지하고 견딜 수 있는가를 파악하는데 있다. Fig. 1은 시판 펄프와 이 펄프를 해리시켜 시이트를 평량 별로 만든 후 다른 압력 조건으로 압착

하고, 다시 해리시킨 펄프에 대하여 얻어진 WRV 값을 도기한 것이다. 이 결과에 의하면 고해된 펄프에서 얻어질 수 있는 결과들과는 달리 습부 압착에 의하여 오히려 WRV 값이 다소 개선되었다. 이러한 현상은 미고해 펄프의 경우 압착 공정에 의하여 물이 새로 결합할 수 있는 부위가 생성되어 수화 및 팽윤이 더 일어났음을 보여준다. 그러나 고해가 실시된 펄프에 대하여는 이미 물이 결합할 수 있는 충분한 부위가 강제로 노출되었기 때문에 습부 압착에 의한 WRV 개선 효과를 기대하기 어려우며, 실제로 이러한 현상들에 대하여 보고된 바가 없다. 또한 낮은 습부 압착 압력에서는 평량이 증가됨에 따라 WRV가 다소 증가되는 경향을 나타내었으나, 높은 습부 압착 압력에서는 평량의 변화에 따른 WRV의 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다.

Figs. 2-4는 각 평량 별로 습부 압착후 다른 온도에서 건조를 실시하였을 때 얻어진 WRV의 변화를 나타낸

것이다. 평량 60g/m²에서는 50psi와 110psi에서 압착된 모든 펄프의 WRV가 건조 온도가 증가됨에 따라 감소되는 경향을 나타내었다. 그러나 평량 120g/m²에서는 습부 압착 압력과 건조 온도의 변화에 따른 일정한 변화를 관찰할 수 없었으며, 평량 180g/m²의 경우에는 50psi에서는 건조 온도가 증가됨에 따라 WRV가 감소되었으나, 110psi에서는 일정한 경향이 관찰되지 않았다.

3.2 습부 압착과 건조 조건이 해리 특성에 미치는 영향

습부 압착과 건조 조건이 종이의 해리 특성에 미치는 영향을 조사한 결과 Figs. 5-7에서 보는 바와 같이 본 연구에서 다루어진 모든 평량 범위에서 습부 압착 압력과 건조 온도가 증가될수록 종이의 해리 특성이

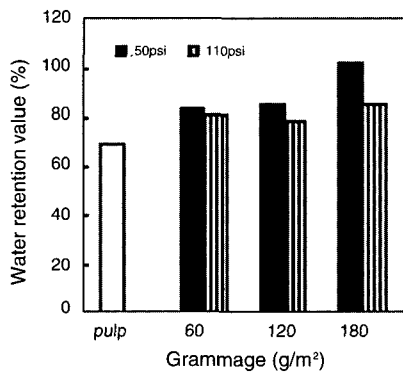


Fig. 1. Effects of wet pressing pressure and grammage on WRV of pulp.

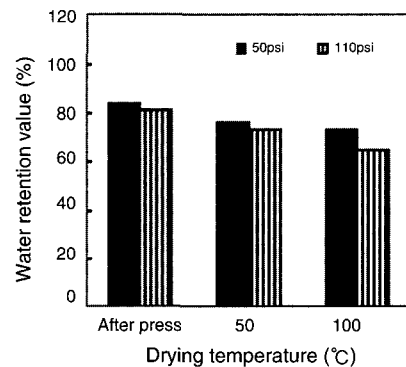


Fig. 2. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on WRV of pulp(60g/m²).

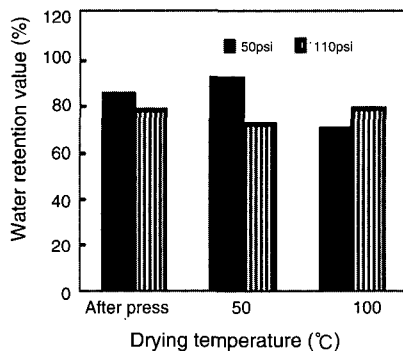


Fig. 3. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on WRV of pulp(120g/m²).

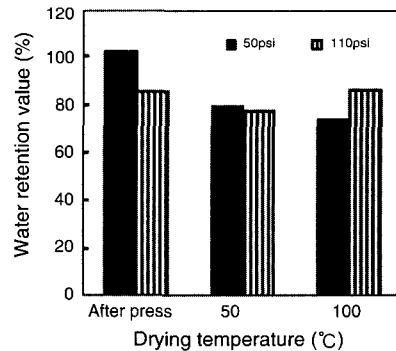


Fig. 4. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on WRV of pulp(180g/m²).

악화됨을 확인할 수 있었다. 각 조건별로 살펴보면 평량 60g/m²의 경우에는 비록 습부 압착 압력과 건조 온도가 높아짐에 따라 종이의 해리 특성이 악화되는 경향이 나타나기는 했지만 그 정도가 그리 크게 나타나지 않았다. 그러나 평량이 180g/m²로 증가됨에 따라 그리고 건조 온도가 110℃로 증가됨에 따라 해리 특성의 악화가 더욱 심해져서 Fig. 7에서 보는 바와 같이 종이가 해리되는 정도가 현저히 감소되는 결과를 나타내었다. 이상과 같은 결과를 통하여 비록 습부 압착도 섬유와 각질화(hornification)에 영향을 미쳐서 수화(hydration) 능력을 저하시키는 것이 확인되기는 하였지만, 그 보다는 건조 온도의 상승이 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

종이에 수용액 상태의 약제로 처리하여 특수 기능을

부여하고자 할 경우 가장 큰 문제로 대두되는 것은 종이의 형태를 그대로 유지하게 하는 것이다. 그러나 펄프 섬유 자체가 매우 높은 친수성을 지니며, 습강 처리를 하지 않은 일반 종이의 경우 1분 이내에 건조강도의 90% 이상을 상실하게 된다.¹²⁾ 이러한 문제를 해결하기 위하여 습강처리를 한다든가 아니면 강사이징 처리를 할 경우 기능성을 부여하기 위하여 펄프 섬유와 화학 반응 또는 흡착을 필요로 하는 약제와의 접근성이 현저히 감소될 수 있다. 물론 보다 광범위한 조건에 대한 추가적인 연구가 요구되기는 하지만 본 연구 결과에서 확인된 바와 같이 고평량의 펄프 시이트를 고압으로 습부 압착을 실시하고, 고온으로 건조시킴으로써 수용액에 대한 저항성을 현저히 개선시킬 수 있음이 확인되었다.

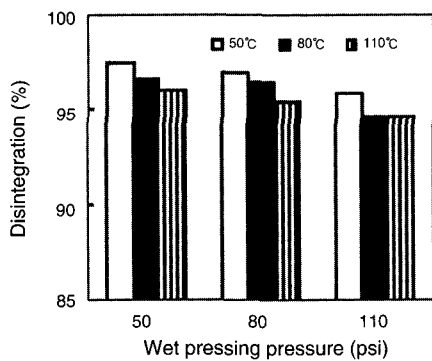


Fig. 5. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on disintegration of sheet(60 g/m²).

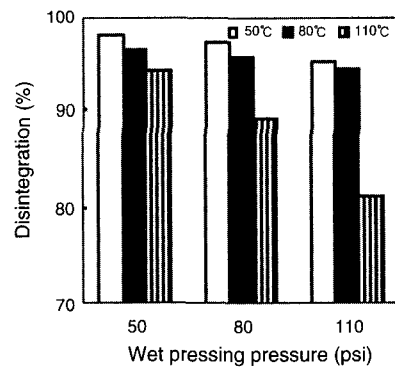


Fig. 6. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on disintegration of sheet (120g/m²).

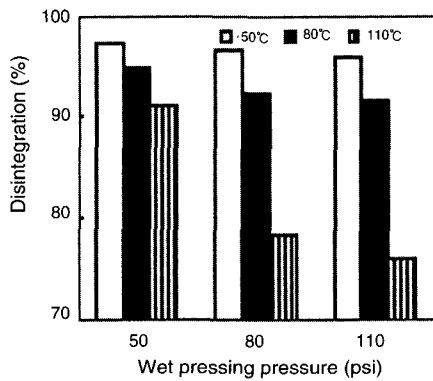


Fig. 7. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on disintegration of sheet (180g/m²).

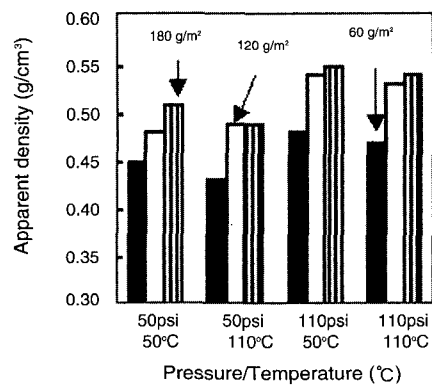


Fig. 8. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on the apparent density of paper.

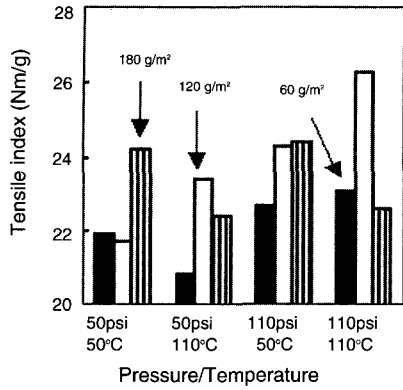


Fig. 9. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on the tensile index of paper.

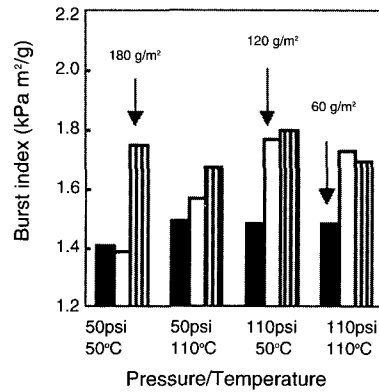


Fig. 10. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on the burst index of paper.

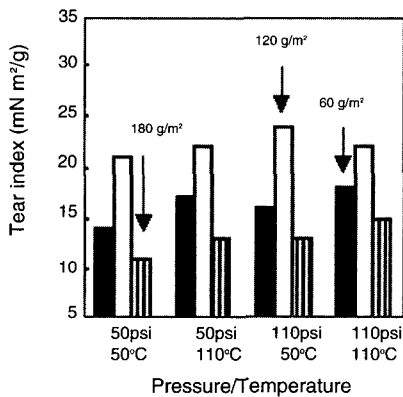


Fig. 11. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on the tear index of paper.

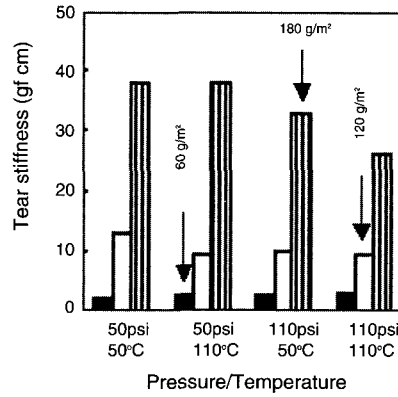


Fig. 12. Effects of wet pressing pressure and drying temperature on the taber stiffness of paper.

3.3 종이의 물성 변화

비록 고해한 펄프로 제조한 종이의 물성에 비하여 매우 낮은 값을 나타내고, 다소 변이를 보여주기는 했지만 습부 압착 압력, 평량 및 건조 온도가 증가됨에 따라 겉보기 밀도, 인장지수, 파열지수 등이 증가되는 경향이 관찰되었다. 인열지수의 경우에는 평량 60 g/m²와 120g/m²에서 습부 압착 압력, 건조온도 및 평량의 증가와 더불어 개선되었으나, 평량 180g/m²에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 인열지수의 경우 다른 종이의 강도적 성질과는 달리 서로 상반되는 성질이 복합적으로 작용하기 때문에 간단한 결론을 내리기 어려웠으며, 명백한 원인을 구명하기 위해서는 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다. Taber stiffness의 경우

에는 습부압착 압력과 건조 온도보다는 오히려 평량에 의하여 크게 좌우되었는데, 이와 같은 결과가 나온 것은 고해한 펄프의 경우 습부 압착 압력 및 건조 온도가 Campbell 효과에 큰 영향을 미치는 반면, 미고해 펄프의 경우에는 습부 압착 압력과 건조 온도가 Campbell 효과에 미치는 영향이 평량의 영향에 비하여 현저히 낮기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 종이를 가공용 원지로 사용할 경우 중요한 성질로 고려될 수 있는 수용액에 대한 저항성에 습부 압착 압력, 건조 온도 및 평량이 종이의 해리 특성

및 물성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시되었다. 고해된 펄프에서 얻어질 수 있는 결과들과는 달리 습부 압착에 의하여 오히려 WRV 값이 다소 개선되었다. 그러나 건조를 실시함으로써 결과 평량 60g/m²에서는 50psi와 110psi에서 압착된 모든 펄프의 WRV가 건조 온도가 증가됨에 따라 감소되는 경향을 나타내었다. 평량 120g/m²에서는 습부 압착 압력과 건조 온도의 변화에 따른 일정한 변화를 관찰할 수 없었으며, 평량 180g/m²의 경우에는 50psi에서는 건조 온도가 증가됨에 따라 WRV가 감소되었으나, 110psi에서는 일정한 경향이 관찰되지 않았다. 종이의 해리 특성은 본 연구에서 다루어진 모든 평량 범위에서 습부 압착 압력과 건조 온도가 증가될수록 종이의 해리 특성이 악화됨을 확인할 수 있었으며, 특히 평량이 180g/m²로 증가됨에 따라 그리고 건조 온도가 110℃로 증가됨에 따라 해리 정도가 현저히 감소되었다. 종이의 강도적 성질은 비록 고해 펄프에 비하여 현저히 낮은 값과 다소의 다른 경향이 얻어지기는 했으나, 전반적으로 습부 압착 압력과 건조 온도가 증가됨에 따라 개선되는 경향을 나타내었다.

인용문헌

1. Lyne, L.M. and Gally, W., The effect of drying and heating on the swelling of cellulose fibers and paper strength, *Tappi* 33(9):429(1950).
2. McKee, R.C., Effect of repulping on sheet properties and fibre characteristics, *Paper Trade Journal* 155(21):34(1971).
3. Roffael, E., Zur Erfassung von Verhornungen bei der Trocknung von initialfeuchten Zellstoffen, *Holzforschung* 33(2):33(1979).
4. Carlsson, G. and Lindstrom, T., Hornification of cellulosic fibers during wet pressing, *Svensk Papperstidning* 87(15):R119(1984).
5. Howard, R.C., The effects of recycling on paper quality, *JPPS* 16(5):J143(1990).
6. Howard, R.C. and Bichard, W., The basic effects of recycling on pulp properties, *JPPS* 18(4):J151(1992).
7. Phipps, J., The effects of recycling on the strength properties of paper, *Paper Technology* 35(6):34(1994).
8. Weise, U., Hornification - mechanisms and terminology, *Paperi ja Puu* 80(2):110(1998).
9. Bouchard, J. and Douek, M., The effects of recycling on the chemical properties of pulps, *JPPS* 20(5):J131(1994).
10. Nazhad, M.M. and Paszner, L., Fundamentals of strength loss in recycled paper, *Tappi Journal* 77(9):J171(1994).
11. Laivins, G.V. and Scallan A.M., The influence of drying and beating on the swelling of fines, *JPPS* 22(5):J178(1996).
12. Holik, H. Towards a better understanding of the defibering process. *Proceedings of TAPPI Engineering Conference*. TAPPI Press. p. 227(1988).