

습지압착 조건에 따른 압착탈수 공정 효율과 종이구조변화

성용주*, and D. Steven Keller**

*충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과

**Department of Paper and Chemical Engineering, Egr. Bldg., Rm 64G, Miami University, Oxford, Ohio 45056

1. 서론

종이의 제조에서 압착탈수 공정은 전체 공정의 효율과 종이의 품질에 큰 영향을 미치는 대단히 중요한 공정이다. 압착탈수공정 후 배출되는 습지의 건조도는 이어지는 건조공정에서 제거되어야 하는 수분량 및 이에 필요한 건조에너지량을 결정하게 되고, 습지에서의 압축은 섬유간 결합을 유도함으로써 종이강도를 실질적으로 발현시키게 된다. 고에너지 제조산업의 하나로 분류되는 제지공정의 경우 에너지절감과 이를 통한 이산화탄소 배출량 감소 등이 현재 중요한 당면과제가 되고 있다.^{1,2)} 이의 해결방안의 하나로 실제 제지공정에서 가장 많은 에너지가 사용되는 건조공정의 에너지 절감을 위한 방안 중의 하나로 생각될 수 있는 것이 압착탈수 공정의 탈수효율 개선에 따른 습지필의 건조도 향상이 될 수 있을 것이다.³⁾ 압착탈수 공정에서의 공정조건, 특히 압착압력과 압착시간의 증가는 습지필의 건조도를 향상시키게 되지만 과도한 압축은 지필의 밀도를 과도하게 높게 하고 습지필의 기공도를 감소시켜서 실제 건조공정에서의 건조효율을 오히려 감소시킬 뿐만 아니라 불투명도 등의 광학적 성질에도 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다.^{4,5)} 탈수 공정에서의 습지는 완벽하게 구조가 형성되고 내부결합강도가 발현되지 않은 상태이기 때문에 압착탈수 공정 중 쉽게 그 구조의 변형이 발생할 수 있고 이러한 습지 구조의 변화는 이후 건조공정에서 고착되기가 쉽기 때문에 종이의 구조 및 품질의 관리 측면에서 매우 정교한 조절이 필요한 공정이라고 할 수 있다.^{6,7)}

따라서 본 연구에서는 압착탈수 공정에서의 공정조건에 따라 습지필의 건조도와

종이 구조의 변화양상을 면밀히 분석 및 평가하였다. 특히 두 가지 다른 형태적, 기능적 특성을 가진 프레스 펄트를 적용하여 두 가지 펄트구조의 특성이 압착탈수 공정의 공정특성 및 종이의 품질특성에 미치는 영향을 비교 평가하였다. 이러한 연구를 통하여 압착탈수 공정의 공정효율화를 통한 건조에너지 절감 및 저탄소 제지공정의 구현뿐만 아니라 제품의 품질향상 등을 모색할 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 수초지 제조

본 연구에서는 National Institute of Standards & Technology (NIST) 에서 제공된 활엽수펄프 40%와 침엽수 펄프 60%를 배합하여 TAPPI Standard Method T205 sp-95을 따라 수초지를 제조하여 실험하였다. 침엽수펄프의 경우 coarseness of 17.6 mg/100m의 조도를 가지고 평균섬유장(length weighted)은 2.85 mm이었다. 활엽수펄프의 경우에는 9.5 mg/100m의 조도를 가지고 0.65 mm의 평균섬유장을 가지고 있었다.⁶⁾ 각각의 펄프는 실험실용 벨리 비터를 사용하여 고해하였고, 여수도(CSF)는 활엽수펄프의 경우 521 ml, 침엽수펄프의 경우 634 ml로 처리하였다.

표준방법을 따라 제조되는 수초지의 경우 매우 균일한 지합을 가지기 때문에 미세구조에 미치는 압착탈수의 영향을 좀더 뚜렷하게 평가하기 위하여 수초지시 120초의 초지시간을 부여하여 의도적으로 섬유응집과 그에 따른 지합의 변화를 초래하여 시료를 제조하였다.

2.2. 실험실적 압착탈수

본 연구에서의 압착탈수는 실험실적 압착기를 적용하여 정적인 압착조건에서 실시하였다. 초지된 습지를 5 단계의 압력으로 압착하여 각각에서의 압착탈수 영향을 평가하였다. 이때 각각의 경우에서 서로 다른 특성을 가진 실제 제지공정에서 사용되는 프레스 펄트를 적용하여 그 영향을 평가하였다.⁹⁾ Table 1에서 본 실험에 적용된 펄트의 특성을 나타내었다. 초지 후 압착탈수 전 습지의 건조도는 약 13.7% ±

0.3% 이었다.

Table 1. The specifications of two different commercial press fabrics for fine paper machine.

Specifications		A	B
	Weight (g/m ²)	1452	1528
	Caliper (mm)	2.67	3.50
	Base Weight (g/m ²)	475	510
	Batt weight (g/m ²)	925	989
	Permeability (cfm)	12	54
Base	MD Yarns Diameter (mm)	0.35	0.35
	CD Yarns Diameter (mm)	0.35	0.40
Batt Denier	Surface Batt	6	10
	Interior Batt	6	24
	Backside Batt	6	15

3. 결과 및 고찰

3.1. 압착탈수에 의한 건조도

두 단계의 압착탈수를 실시하고 각각의 경우에서 습지의 건조도를 평가하여 Table 2에 나타내었다. 건조도는 실제 각 압착탈수 단계에서 제거된 물의 양을 의미하는 것으로 압착탈수 공정의 효율성을 직접적으로 나타낸다고 할 수 있다. 실제 1차 압착탈수 후의 건조도 변화는 압착탈수 압력과 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았지만, 2차 압착탈수의 결과는 압착탈수 압력과 매우 높은 상관성을 보여주는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 2차 압착탈수 시 1차 압착탈수에서의 변이가 어느 정도 상쇄되며 최종 압착탈수 정도가 그 시료의 최종 건조도에 가장 큰 영향을 미치고 있음을

보여준다고 할 수 있다.

Table 2. The dryness after the first wet press and the second wet press as a function of the wet pressure level.

Felt Type	Wet Pressure (psig)	Solid Content (g)	Dryness (Solid content(%))	
			After 1st Press	After 2nd Press
Felt A	25	1.88	34.18	37.61
	50	1.89	37.27	41.73
	100	1.88	38.70	44.68
	150	1.83	41.41	45.88
	200	1.86	40.31	49.42
Felt B	25	1.90	38.09	40.43
	50	1.83	41.89	45.31
	100	1.88	44.58	47.88
	150	1.75	43.36	49.50
	200	1.85	38.93	50.11

3.2. 압착탈수에 의한 구조변화

압착공정에 의해 습지의 고밀화가 발생하게 되는데 실제 본 연구에서 각 압착단계별로 시료의 건조도와 그 때의 시료밀도의 상관관계를 Fig 1에 나타내었다. 압착정도가 높아질수록 시료의 건조도와 시료의 밀도는 높아지는 것을 알 수 있는데, 실제 적용된 프레스 펠트의 특성에 따라 그 변화의 양상이 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 압착탈수시 압착효율 즉 건조도를 향상 시키면서 밀도의 변화가 크게 나타나지 않는 프레스 펠트의 적용가능성을 보여주는 것으로 판단된다.

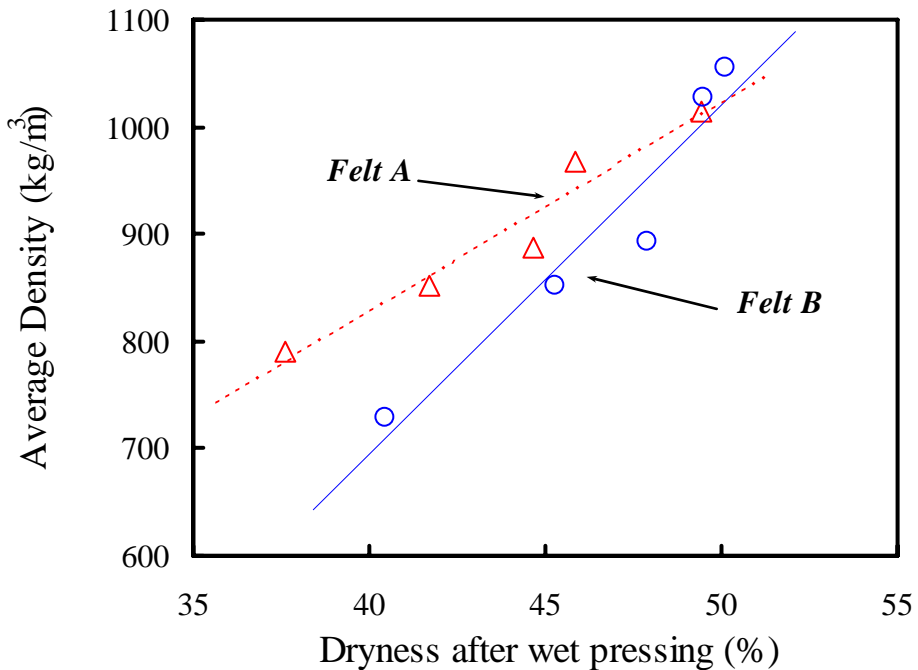


Fig. 1. The relationship between the apparent density and dryness depending on the felt type.

3.3. 압착탈수에 의한 미세구조변화

습지의 밀도는 압착탈수 압력에 따라 직선적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이러한 밀도의 변화가 실제 종이의 국부적인 부분별로 어떻게 발생하는지를 평가하여 보았다. 종이의 미세구조를 평가할 수 있는 TLP(Twin laser profilometry)를 적용하여 압착탈수 별로 실제 종이의 미세구조의 변이가 어떻게 달라지는지를 평가하여 Fig. 2 에 나타내었다. 결과에서 보는 바와 같이 종이 미세구조의 변이는 압착탈수 공정의 압력변화에 거의 영향을 받지 않고 일정한 것으로 나타났는데, 이러한 결과는 실제 종이의 미세구조, 특히 국부적 밀도의 변화는 압착탈수공정에서 발생하지 않는 것을 보여주는 것으로 생각된다. 또한 프레스 펠트에 의한 영향도 뚜렷하게 나타나지 않는 것을 알 수 있다.

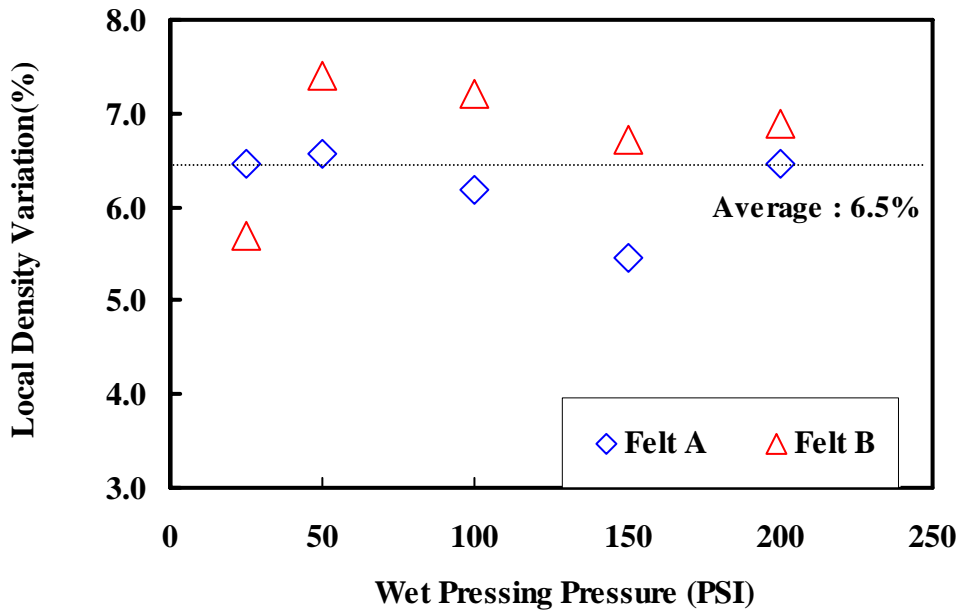


Fig. 2. The local density variation (COV) as a function of wet pressing pressure.

4. 결론

본 연구에서는 제지공정의 효율개선을 통한 에너지절감과 직접적으로 많은 관련이 있는 압축탈수 공정의 공정변수에 따른 효율성 변화 및 습지 구조변화에 대해 알아보았다. 습지의 건조도와 밀도는 압축탈수 압력의 증가에 따라 직선적으로 증가하지만 그 변화 양상은 프레스 펠트의 특성에 따라 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다. 습지 미세구조의 변이는 압축공정의 압력의 변화에 따라서 뚜렷한 변화를 나타내고 있지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과들을 종합해 볼 때 향후 건조효율 증가를 위해서는 압축탈수 공정 후 습지의 건조도 증대를 위해 압착력을 높이는 방법과 얻어진 습지의 구조가 벌크한 구조 즉 공극이 많은 구조를 가짐으로써

건조공정시 수증기의 배출이 용이하게 함으로써 건조 효율을 향상시키기 위한 압착을 적절히 조절하는 두 가지 방안을 모두 충족할 수 있는 방안의 도출을 위한 적절한 프레스 펠트의 선택 등이 필요할 것으로 판단된다.

인용문헌

1. 명소영, 제지산업의 기후변화협약 대응방안, 한국펄프종이공학회 2008 학술대회, 한국펄프종이공학회 학술발표논문집, 25~37, (2008)
2. 서동준, 제지업체의 에너지 절감 추진 동향, 한국펄프종이공학회 2009 년 콜로키엄, 한국펄프종이공학회, 47~67 (2009)
3. Luiten, E. and Blok, K., The success of a simple network in developing innovative energy-efficient technology, *Energy*, 28:361-391 (2003)
4. MacGregor, M. A., Wet pressing research in 1989, In Brander, J.(ed.) Transactions of the Ninth Fundamental Research Symposium, Cambridge, Mechanical Engineering Publications, Ltd., London U.K., p.511 (1989)
5. Kilpeläinen R, Taipale S, Marin A, Kortelainen PaMS. Forming Fabrics. In: Paulapuro H, editor. Papermaking Part1, Stock Preparation and Wet End. Helsinki, Finland: Fapet Oy, 2000: 251-283.
6. Hoyland, R.W., I'Anson, S., and Harris, A.D.J. , The Effects of Felt Properties on Marks from Grooved Press Rolls. *Paper Technology*. Vol. 37:39 (1996).
7. Pikulik, I. I., Effects of shoe pressing on fine paper properties, *Tappi J*. 85(11):88(1999).
8. Ampulski, R. S., Report of Investigation Reference Materials 8495-Northern Softwood Bleached Kraft Pulp 8496-Eucalyptus Hardwood

Bleached Kraft Pulp. National Institute of Standards and Technology
(2001)

9. Sung, Y.J., Influences of Consolidation Processes on Local Paper Structure,
Thesis, College of Env. Sci. and Forestry, State University of New York,
N.Y., U.S.A.(2002)