

# 골판지 생산 공정상의 불량 발생원인에 관한 연구

박종문, 최대호, 이진호, 이상현

충북대학교 산림과학부 임산공학전공

## 1. 서론

골판지는 압축 하중에 강하고 완충능력을 겸비한 강유내강(剛柔內剛)의 특성을 가진 포장 재료로서 활용 가치가 높고, 플라스틱이나 비닐 포장 등의 소재와는 달리 회수 및 재활용성이 뛰어난 장점을 가진 포장 소재이다. 이러한 골판지 생산 공정에 있어서 발생 하고 있는 불량 형태 중 품질과 관련된 불량은 접착 불량과 와프 현상이 가장 큰 문제로 알려져 있다. 이에 본 실험에서는 기존 원지 및 수초지의 습윤 팽창성 평가를 통해 원지의 특성이 골판지의 와프 현상에 미치는 영향에 대해 탐색 하고자 하였고, 전분 접착제 조성에 따른 전분 접착제 슬러리의 호액의 변화와 원지의 침투성과 관련하여 수초지의 조건 변화에 따른 접착성 불량 가능성을 평가하고 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료

#### 2.1.1 골판지 원지

현재 골판지 원단 제조에 사용되는 골판지용 표면 라이너(SK-210 g/m<sup>2</sup>), 골심지(K-180 g/m<sup>2</sup>), 이면 라이너(K-180 g/m<sup>2</sup>)를 입수하여 실험에 사용하였다. 또한 K-180, 200, 220 g/m<sup>2</sup> 원지를 두개의 골판지 원지 제조업체에서 수배하여 실험에 사용하였다.

#### 2.1.2 원지의 사이징

이면 라이너(K-180)를 해리한 후 100 g/ m<sup>2</sup> 으로 수초지시 내침 사이징 한 수초지를 실험에 사용하였다. 내침시 alum은 지료 대비 4.3%로 고정하였고, rosin은 0, 0.8, 1.6, 2.4%를 지료 대비 각각 첨가하여 초지 하였다.

#### 2.1.3 고지 배합

AOCC와 KOCC를 분양받아 각각 25% 씩 가감하여 100 g/ m<sup>2</sup> 혼합 수초하였다.

### 2.1.4 습부 압착

AOCC와 KOCC를 5:5로 혼합한 지료를 실험실용 roll-press를 이용하여 습부 건조도 28,14, 32,35, 40,75, 46,75%로 각각 조절하여 100 g/ m<sup>2</sup> 으로 수초하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 공시 재료의 물성 평가

TAPPI standard T402 om-83에 따라 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%로 조습 처리한 상업용 원지 및 수초지를 화학 연구원의 L&W tensile tester를 이용하여, 열단장, 변형률, 탄성계수, TSI를 측정하였다.

### 2.2.2 골판지 원지의 동적 팽창성 및 흡수성 평가

원지 및 수초지의 습윤 팽창성 및 흡수성을 평가하기 위해 Emtec사의 DPM(dynamic penetration measuring system)을 이용하였다. DPM은 측정 시료를 액체에 침투시 시료내로 액체가 침투함에 따라 변화되는 투과 초음파량의 변화를 receiver로 측정하여 시료의 액체의 동적 침투 거동을 분석 할 수 있는 장비이다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 원지에 따른 동적 팽창성

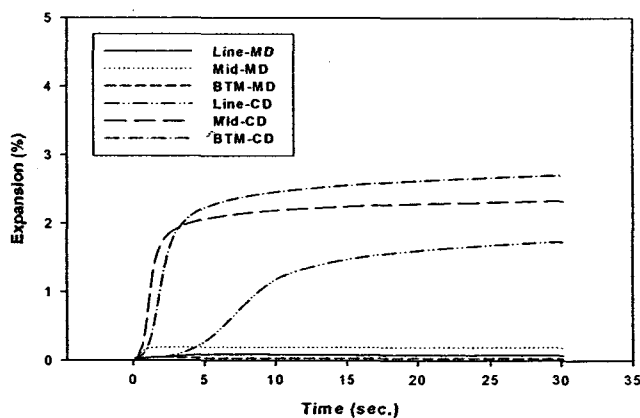


Fig. 1. Dynamic expansion results of machine-made base papers.

Fig. 1 는 골판지 제조용 세 원지의 수분 흡수에 따른 동적 팽창성을 측정하는 것이다. 동적 팽창성 평가시 지필의 방향성 및 원지에 따라 차이가 남을 알 수 있다. 방향성의 경우, CD 방향이 MD 방향에 비해 동적 팽창성이 크게 나타나는 것으로 나타났으며, 이는 장망식 초지기에서 나타나는 섬유 배향성 때문으로 판단된다. CD를 기준으로 원지간 동적 팽창성의 경우 표면 라이너가 가장 낮은 팽창성을 나타내며 중심지와 이면 라이너가 높은 팽창성을 나타내고 있다. 표면 라이너로 사용되는 SK원지의 경우 표층에 크라프트 펄프를 소량 사용하며 경우에 따라 사이징 처리가 되어 제조되는데 표면 라이너의 초기 팽창성이 완만한 것은 사이징 및 표면 크라프트층의 영향으로 판단된다. 이에 반해 고지로만 이루어진 중심지와 이면 라이너지는 수분과 접촉 후 빠르게 팽창하며 두 지종간의 큰 차이는 나타나지 않았다. 이는 고지로만 이루어진 중심 및 이면 라이너의 약한 섬유간 결합에 기인한 것을 판단된다.

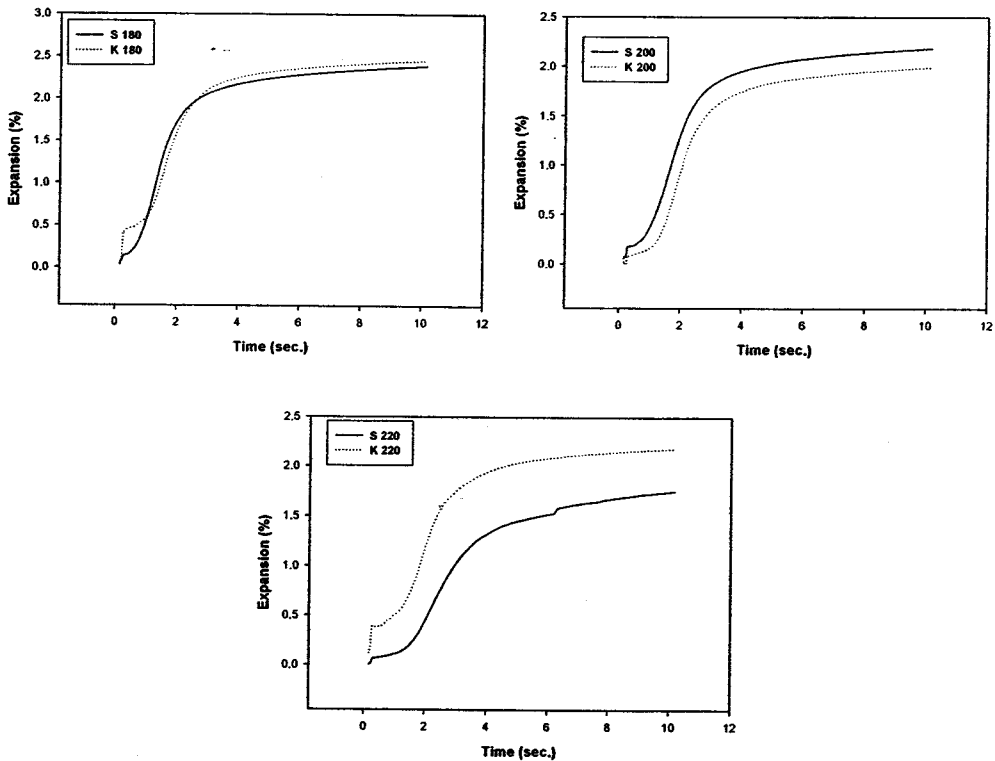


Fig. 2. Comparisons of dynamic expansions of different machine made papers.

Fig. 2는 두개의 회사에서 생산되는 동일 평량대의 제품에 대한 동적 팽창성을 비교한 것이다. S 및 K사 모두 평량 증가에 따라 강도적 특성이 감소하는 경향을 나타내었으나, 그 감소 폭은 S사가 더 심하였다. 평량 증가에 따른 bulk 변화의 경우 역시 두 회사간 다른 결과를 나타내었는데, S사의 경우 평량 증가에 따른 bulk 변화가 크지 않은 반면 K사의 경우 평량 증가에 따라 bulk 가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 두 제지사의 초지시 방식이 다르기 때문으로, bulk 및 강도 변화를 고려 할 때, S사의 경우 평량 증가에 따른 압착부의 변화가 크지 않은 반면 K사의 경우 평량 증가에 따라 압착부의 건조도를 증가 시켰을 것으로 판단된다. 물성의 차이가 크지 않은 180과 200 g/m<sup>2</sup>의 경우에는 두 지종간의 팽창성의 차이를 크게 확인 할 수 없으나, 구조 및 강도적 차이가 커지는 220 g/m<sup>2</sup>에서는 두 지종간에 팽창성 편차가 커지는 것으로 나타났다으며, 고밀화 되어 있는 K사의 지종이 더 높은 동적 팽창성을 나타내었다.

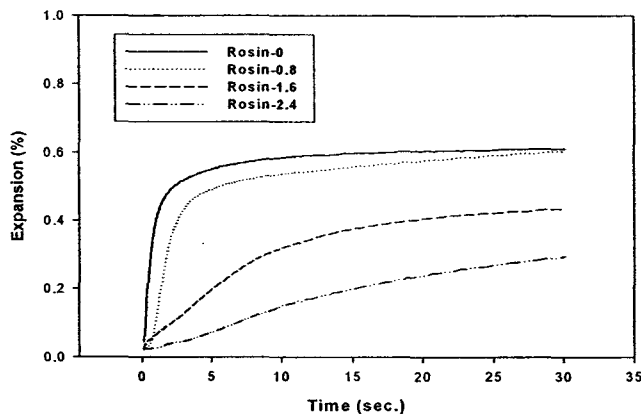


Fig. 3. Effect of internal sizing on dynamic expansion of handsheets.

Table 1. The physical properties depending on internal sizing

Rosin addition level (%)	0	0.8	1.6	2.4
Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	104.04	104.11	104.39	105.52
Bulk (cm <sup>3</sup> /g)	213.80	220.00	221.93	218.76
Sizing degree (sec.)	0	9.53	28.86	116.01
Breaking length (km)	2.78	3.05	2.75	2.78
Elongation (%)	1.40	1.46	1.20	1.33
E-modulus (GPa)	2.17	2.29	2.24	2.28
TSI (KNm/g)	4.47	4.83	4.77	4.73

Fig. 3은 사이징 처리 원지의 수분 흡수에 따른 동적 팽창성 및 물성을 측정된 것으로, rosin 사이징 처리에 따라 수초지의 강도적 특성에는 별다른 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 동적 팽창성의 경우 rosin을 첨가하지 않거나 소량 처리하는 경우 액체와 접촉 후 팽창이 빠르게 일어남에 반해, rosin 처리량이 증가함에 따라 시간에 따른 동적 팽창 속도가 완만하며 팽창 정도도 감소하는 것으로 나타났다. 사이징은 친수성의 섬유 표면을 소수성을 변환시키기 위해 소수성 물질로 셀룰로우스 표면을 도피하는 공정으로 사이징 처리의 증가는 곧 물과 반응할 수 있는 섬유의 면적 감소를 의미하기 때문에 사이징 처리에 따라 동적 팽창성이 저하되는 것으로 판단된다. 고지를 주로 사용하는 골판지 원지의 경우 원료의 약한 결합성에 의해 다습한 여름 장마철과 같은 기간에 수분 흡수에 따라 원지의 강도가 하락하여 골판지 강도를 떨어뜨리게 된다. 이에 골판지 원지 제조사의 경우 원지에 내·외침 사이징 처리를 통해 원지의 강도를 유지하게 되는데, 소수기가 부여된 원지의 경우 외기 조건에 대한 강도는 유지될 수 있으나, 원지의 수분 흡수 및 팽창성에 영향을 미치기 때문에 동일 평량의 원지라 할지라도 제조 시점에 따른 원지의 동적 팽창성의 차이를 나타낼 수 있다.

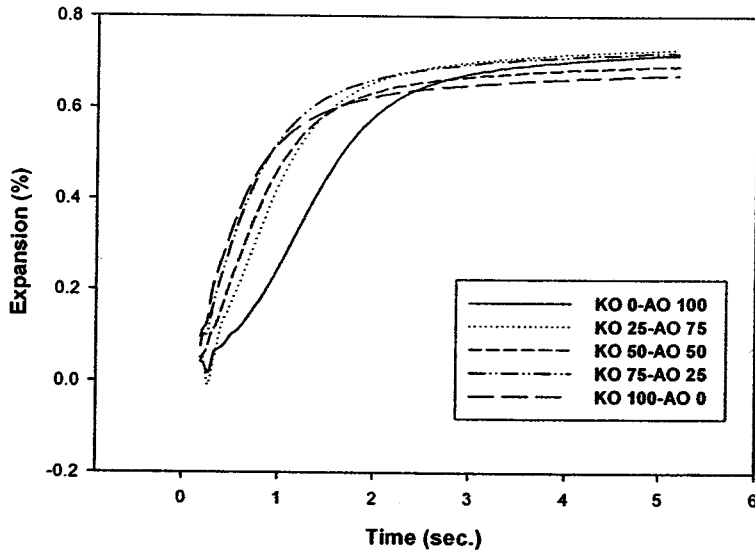


Fig. 4. Changes of dynamic expansion depending on KOCC and AOCC mixing ratio.

Table 2. The physical properties depending on the mixing ratio

Mixing ratio	AOCC (%)	100	75	50	25	0
	KOCC (%)	0	25	50	75	100
Bulk (Cm <sup>3</sup> /g)		1.96	1.94	2.05	2.06	2.12
Air-permeability (sec.)		11.27	11.40	12.97	13.27	16.40
Breaking length (km)		5.03	4.56	4.19	3.86	3.24
Elongation (%)		2.11	2.13	2.05	1.95	1.67
E-modulus (GPa)		2.87	2.72	2.46	2.38	2.16
TSI (kNm/g)		5.62	5.29	5.05	4.91	4.58
ZDT (kPa)		438.97	434.83	418.57	399.50	382.63

Fig. 4는 AOCC와 KOCC를 혼합한 수초지의 물성 및 액체 침투에 따른 수초지의 팽창성을 나타낸 것이다. 고지 배합에 따른 물성 평가시 KOCC의 함량이 증가함에 따라 열단장, 변형률 및 ZDT가 모두 감소하는 결과를 나타내었는데, 이는 KOCC가 AOCC에 비해 지료가 열악한 특성을 가지고 있기 때문이다. 최종 팽창정도는 지료간 차이가 없으나, 초기 팽창성의 경우 지료의 혼합에 따라 차이가 나타남을 알 수 있다. 종이의 수분 흡수에 따른 팽창성은 종이가 수분과의 접촉함에 따른 섬유 자체의 흡수 및 섬유 사이의 공극으로의 흡수 그리고 수분 흡수에 따른 섬유간 수소 결합의 해체 정도에 영향을 받게 된다. 고지의 지료 조성에 따른 팽창성의 경우 최종 팽창성은 유사함에 비해 초기 팽창성이 AOCC의 양이 증가함에 따라 약간 느려지는 결과를 나타내었는데 이는 AOCC가 KOCC에 비해 낮은 회분 함량 및 긴 섬유장 특성을 나타내는 바와 같이 지료 성분이 KOCC 보다 우수하기 때문에 보다 강한 섬유 네트워크를 형성하여 수분과의 접촉시 해체되는 섬유 네트워크내 수소결합의 양이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

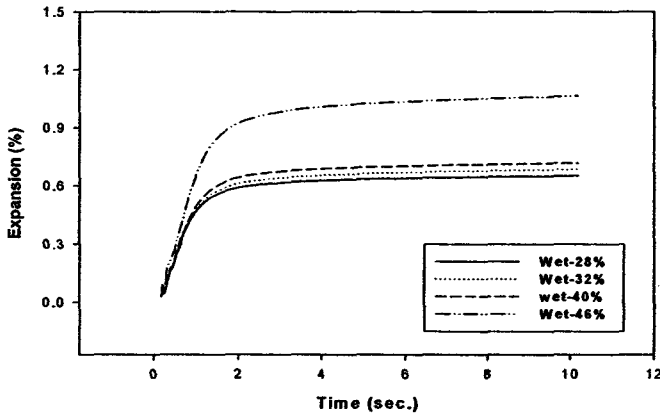


Fig. 5. Effect of wet-pressing on dynamic expansion of handsheets.

Fig. 5는 압착부의 조건을 달리하여 습지의 건조도를 조절함에 따른 수초지의 동적 팽창성 변화 및 강도적 특성을 나타낸 것이다. 수초지의 강도적 특성은 압착부의 건조도가 증가함에 따라 압착부의 건조도가 증가함에 따라 향상되는 특성을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 일반적으로 초지공정 중 압착부의 건조도가 증가함에 따라 섬유간 수소 결합이 증가하여 지필이 고밀화되어 강도적 특성이 향상되기 때문이다. 동적 팽창성의 경우 초기 팽창성은 유사하지만 수초지의 최종 동적 팽창성이 증가하는 경향을 나타내었다. 초기 흡수성의 경우 동일한 지료를 사용하였기 때문에 별다른 차이를 나타내지 않은 것으로 판단된다. 최종 팽창성이 압착부 건조도 증가에 따라 증가하는 것은 고밀화된 수초지는 수분과 접촉시 증가된 섬유간 결합만큼 팽창 할 수 있는 여력을 갖게 되기 때문에 압착부 건조도 증가에 따라 최종 동적 팽창성이 증가되는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

골판지 제조시 발생하는 품질 문제중 하나인 와프 현상은 종이가 가지는 습윤 팽창성 차이에 의해서 나타나게 되는데, 골판지 생산에 사용되는 원지 및 사이징 처리, 원지 배합, 압착부를 조절한 수초지의 물성 및 동적 팽창성을 DPM을 이용하여 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 골판지용 표면 라이너는 골심이나 이면 라이너와는 다른 원지 배합 및 평량을 가지며 이에 따른 동적 팽창성 차이를 나타내었으며, 이는 골판지가 구성에서부터 이방적 구조를 가지고 있음을 의미한다.
2. 사이징 처리는 강도적 특성에는 크게 영향을 미치지 않으나, 섬유 표면의 소수화로 섬유와 물간의 반응을 저해 하여 원지의 동적 팽창성을 낮추는 것으로 나타났다.
3. 압착부 조절에 따른 동적 팽창성 평가시 원지가 고밀화 될수록 동적 팽창성이 커지는 결과를 나타내었는데, 이는 압착부 건조도 증가에 의해 섬유간 결합이 증가되어 고밀화된 정도만큼 수분과의 접촉에 의해 팽창 여력을 가지기 때문이다.

골판지 제조시 발생하는 와프 현상은 원지가 가지는 물리적 이방적 구조에 기인하기 때문에 와프 현상을 줄이기 위해서는 골판지 제조시 라이너지간의 동적 팽창성의 편차를 최소한으로 관리하며 와프 발생시 생산 공정상의 조습 및 preheater 등과 같은 장비를 통해 원지의 수축/팽창 정도의 조절이 중요할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### 인용문헌

1. 한국제지공업연합회, 제지산업 통계연보, (2005).
2. Carbone, J. T., Corrugating Defect/Remedy Manual Sixth Edition, TAPPI PRSS, Atalanta, (1999).
3. Niskanen, K., Paper Physics Book 16 in series of Papermaking Science and Technology, Fapet Oy, pp 222-259 (1998).
4. Green, C., Fundamentals of Paper Curl, Paper Science Notes, (1998).
5. Bessen, A. H., The Corrugator, Jelmor Publishing co., Inc., pp 183-186 (1999).