

## 물리적 처리에 의한 신문용지의 컬 변화

– 권취롤의 직경, 저장 기간, 권취 방법, 캘린더링 및 습도의 영향 –

임연주 · 백기현<sup>†</sup>

(2004년 3월 10일 접수: 2004년 7월 30일 채택)

## Change in Curl of Newsprint by Physical Treatments

– Effects of roll diameter, storage time, winding methods,  
calendering and humidity on curl –

Yeon Ju Lim and Ki Hyon Paik<sup>†</sup>

(Received on March 10, 2004: Accepted on July 30, 2004)

### ABSTRACT

The effects of roll diameter, winding time, winding methods and relative humidity on curl in newsprints(46 g/m<sup>2</sup>, 54 g/m<sup>2</sup>, and 54 g/m<sup>2</sup> SNC) are examined. The larger MD curl appears at smaller roll diameter, with the extension of winding time, and at the treatment of soft nip calendering. The MD curl shows the back side curl at winding methods with top side as outer side(TSO), and the top side curl with top side as inner side(TSI). While the CD curl in newsprints( 46 g/m<sup>2</sup>, and 54 g/m<sup>2</sup> SNC) treated with calender is hardly influenced by the storage times, roll diameter, and winding methods. However the CD curl in newsprint(54 g/m<sup>2</sup>) gradually increases to a two weeks, and then hold constant regardless of roll diameter and winding methods.. The CD curl shows always the top side curl regardless of winding methods. At high relative humidity, the CD curl largely reduces, but the MD curl is not nearly changed. Especially, the CD curl in newsprints(54 g/m<sup>2</sup> SNC) is little affected by the changes of relative humidity.

**Keywords** : MD curl, CD curl, newsprints, soft nip calendering, roll diameter, storage time, winding methods, humidity

---

• 고려대학교 생명환경과학대학 환경생태공학부(Div. of Envi. Sci. a. Ecol. Engi., Coll. of Life a. Envi. Sci., Korea University, Anam-Dong, Sungbuk-ku, Seoul, 136-701 Korea)

† 주저자(Corresponding author): E-Mail: khpaik@korea.ac.kr

## 1. 서론

종이는 주변의 온도와 습도가 변화하면 본래의 편평함을 잃고 휘게 되는데 이러한 현상을 쉐일(curl)이라 한다.<sup>1)</sup> 쉐일 현상은 거의 모든 종지와 판지에서 나타나는데, 이는 제지 공정에서 장애요소로 작용하고 있다. 종지 제조와 가공시 기계 속도가 증가하면 생산성이 높아지기 때문에 공장에서는 기계속도의 증가를 목표로 하지만, 쉐일이 발생하면 빠른 생산속도를 기대하기 어렵게 된다. 뿐만 아니라 최종 생산된 종지에서 쉐일이 발생하면 외관상 좋지 않아 종지의 품질이 저하되고 현재 일반화된 고속인쇄나 고속복사를 할 경우에 연속적인 복사를 위한 복사용지의 공급(sheet-feeding)을 방해하는 문제를 일으켜 많은 불편함을 주기도 한다.<sup>2)</sup>

쉐일이 발생하는 주원인은 종지 양면의 치수 변화라 할 수 있다. 종지의 치수변화는 주로 수분 함량이 변화할 때 발생하는데, 이는 종지가 본질적으로 습전성(hygro-expansivity)을 가지기 때문이다. 종지의 습전성이 양면(상부와 하부)에서 차이가 날 때 양면의 치수 변화가 일어나 쉐일이 발생한다.

쉐일 발생의 주원인이 되는 종지의 치수변화에 영향을 주는 요인에는 수분, 섬유배향, 고해정도, 건조과정, 섬유의 형태, 충전제의 함량 등이 있다.<sup>3)</sup> 수분이 종지의 한 면에만 첨가되었을 때, 젖은 쪽에서 더 크게 팽창이 일어나고, 쉐일은 수분을 첨가하지 않은 쪽으로 발생하며, 쉐일 축은 종지의 강성이 더 낮은 방향으로 생긴다. 섬유배향이 종지의 양면에서 차이가 클 때 쉐일이 심하게 발생하며, 고해를 오래 한 섬유로 만든 종지에서 쉐일이 심하게 발생한다. 특히 건조과정은 종이 쉐일에 많은 영향을 미치는데, 건조시 수분이 마지막으로 제거된 쪽으로 항상 쉐일이 발생하며,<sup>4,5)</sup> 수분이 제거되는 동안 종지를 잡아당겨 주거나 수축을 억제시키면 종지의 치수 안정화를 개선시킬 수 있다.<sup>6)</sup>

종지 제조 과정 중에 쉐일을 컨트롤하는 것은 종지의 품질을 평가하는 중요한 기준 중 하나이다. 쉐일을 감소시키기 위해 많은 방법들이 현장에서 사용되고 있는데, 쉐일은 여러 가지 인자에 의하여 영향을 받으며 이 인자들이 서로 상호작용을 하여 쉐일을 발생시키기 때문에 그 예측이 쉽지 않고 명확한 쉐일의 감소

방안을 찾기가 어려운 실정이다.

국내와 일본의 경우 마스터 인쇄나 오프셋 인쇄를 하는 인쇄소에서는 운전인쇄용 신문용지를 잘라서 전단지, 학습지, 그리고 흑백 및 컬러용 광고용지와 인쇄용지 등 다양한 형태로 사용한다. 이 경우 신문지들은 저장 기간 및 작업 환경에 따라 다양하게 쉐일을 발생시키므로 종이 가공작업 중에 자주 문제를 야기시킨다.

그러므로 본 연구에서는 물리적 처리 즉, 롤 직경, 롤에 저장기간, 감는 방법 및 습도변화가 신문용지들의 쉐일 변화에 어떤 영향을 주는지를 구명하여 신문용지 쉐일 방지를 위한 기본 데이터를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료

본 실험에서 사용된 신문용지는 기존 신문용지(46 g/m<sup>2</sup>), 신문용지 2급(54 g/m<sup>2</sup>), 및 SNC(soft nip calender) 신문지(54 g/m<sup>2</sup>)로 모두 3 종류로서 P사로부터 분양 받았다. 기존 신문용지는 100℃에서 50 N/mm, 신문용지 2급은 실온에서 1 N/mm, SNC 신문지는 150~180℃에서 150~180 N/mm의 선압으로 각각 캘린더링 처리되었다.

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 권취롤 지름, 권취기간 및 권취방법에 따른 쉐일 변화

제지공장에서 종이를 제조한 후 롤에 권취하여 보관하는데, 이 경우 권취롤의 지름, 기간 및 권취방법이 쉐일에 영향을 줄 수 있다. 따라서 기존 신문용지, 신문용지 2급 및 SNC 신문지는 시료를 20 cm × 20 cm로 재단한 후, 지름이 20 cm, 30 cm, 40 cm인 롤(roll)에 3일, 7일, 15일, 30일 동안 Fig. 1(a)에서와 같이 MD 방향으로 권취한 후 롤에서 제거하여 MD와 CD 쉐일을 측정하였다. 이 경우 신문용지를 두 가지 그룹으로 나누어 권취하였는데, 한 그룹은 종이의 표면이 위쪽으로 향하게 하여 롤에 감아두었고(TSO; top side as outer side), 다른 그룹은 표면이 아래쪽으로 향하게 하여 감아두

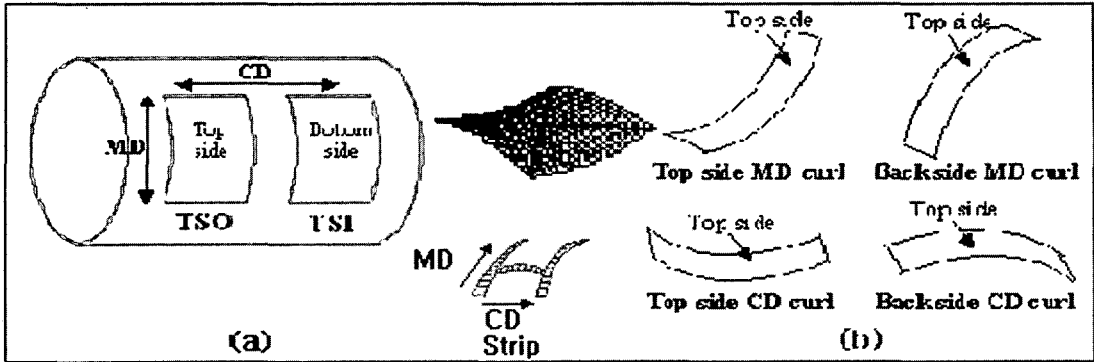


Fig. 1. Winding methods(a), top side curl and back side curl in MD and CD strip(b).

었다(TSI; top side as inner side).

### 2.2.2 상대습도 변화에 의한 컬 변화

주변 상대습도 변화에 의한 신문용지 컬 변화를 측정하기 위하여 35 %부터 85 %까지 10 %간격으로 상대습도를 맞추어 종이 컬 변화를 측정하였다. 다양한 농도의 황산을 이용하여 상대습도를 조절하였다.

40 cm × 40 cm × 47 cm 크기의 밀폐된 auto desiccator 내부에 황산을 넣어 온도 24 °C에서 조습한 후 목표한 상대습도가 되면 20 cm × 20 cm 크기의 기존 신문용지, 신문용지 2급, SNC 신문지의 한 쪽 모서리 끝을 고정시켜 줄에 걸어 24시간 동안 처리하였다. 24시간이 지난 후 꺼내어 즉시 MD와 CD 컬을 측정하였다.

### 2.2.3 종이의 물리적 성질 및 인쇄적성 측정

신문용지의 기본적인 물리적 성질인 두께와 평량, 겉보기 밀도를 측정하였다. TAPPI T 402에 따라 신문용지를 온도 23±1.0 °C, 습도 50±2.0 %의 항온 항습실에서 조습 처리한 후, TAPPI T 410에 따라 종이의 평량을 측정하고 TAPPI T 411에 따라 종이의 두께를 측정하여 두께를 평량으로 나누어 겉보기 밀도를 구하였다.

### 2.2.4 컬의 크기와 방향 측정

컬을 측정하기 위해 곡률(curvature)에 그어져 있는 컬 형판(curl template)을 이용하였다. 컬 형

판은 CAD 프로그램을 이용해 만 꺾을 측정하기 위해 곡률(curvature)이 그어져 있는 컬 형판(curl template)을 이용하였다. 들어졌으며 표시된 곡률의 반경은 5~400 cm 이다.

종이는 MD와 CD에서 본래의 곡률을 숨기고 현재의 크기와 형태에서 가장 안정된 컬을 나타내려는 경향을 가지고 있기 때문에 이 종이를 좁은 조각으로 MD와 CD로 자를 경우 숨겨진 곡률이 나타난다.<sup>8)</sup> 그러므로 본 실험에서는 MD와 CD에서 좁고 길게 종이조각(3 mm × 200 mm)을 자른 후, 컬 형판 위에 놓고 컬 반경과 컬 방향을 측정하였다. 컬의 크기는 컬 반경의 역수에 100을 곱하여 나타내었는데 계산한 수치의 절대값이 클수록 컬 정도가 심함을 나타낸다. 컬 방향은 (+)와 (-)로 표시하였는데, Fig. 2(b)에서와 같이 (+)는 back side curl을 나타내고 (-)는 top side curl을 나타낸다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 권취률 직경, 권취기간 및 권취방법이 컬에 미치는 영향

권취 기간과 방법 그리고 권취률의 지름에 따른 신문용지들의 컬 변화는 Fig. 2~7과 같다.

#### 3.1.1 MD 컬

MD 컬의 변화는 Fig. 2~4와 같다. 기존 신문용지(46 g/m<sup>2</sup>), 신문용지 2급(54 g/m<sup>2</sup>), 및 SNC 신문

용지(54 g/m<sup>2</sup>)를 표면이 위쪽으로 향하게 하여 (TSO) 권취할 경우 모든 MD 쉘은 back side curl 을 나타내었다. 권취롤의 지름이 작을 수록 그리고 권취기간이 연장될 수록 MD 쉘은 더 증가하였다. 이런 현상은 권취기간의 초기에 뚜렷하게 나타나고 권취기간이 연장될 수록 미약하게 나타났다. 종이가 일정시간 곡면에 강제로 감겨져 있게 되면 종이의 외곽층이 늘어나는 구조적인 변화 때문에 MD 쉘이 발생한다<sup>4)</sup>. 또한 권취롤의 지름이 작을 수록 좁은 곡면상태 유지로 종이층 내부에 보다 큰 전단력이 부여되므로 MD 쉘이 증가한다<sup>1)</sup>. 신문 인쇄공장에서 물의 안쪽에 감긴 신문원지의 일부를 떼기 시키는 것도 이러한 MD 쉘의 발생 때문이다.

SNC 신문용지는 기존 신문용지와 신문용지 2급에 비하여 MD 쉘이 약간 높게 나타났다. 그러나 기존 신문용지와 신문용지 2급의 MD 쉘은 권취롤의 직경 20 cm를 제외하고는 서로 간에 쉘의 차이가 없었다. 일반적으로 캘린더링 처리가 없는 신문용지 2급이 MD 쉘 변화가 가장 적었다. 이러한 이유는 신문용지 2급은 압착 과정을 거치지 않은 벌크한 상태의 종이이므로 작은 직경의 롤에 감겨도 전단력의 영향을 적게 받기 때문이다.

3종류 신문용지들을 표면이 안쪽으로 향하게 하여(TSI) 권취할 경우 모든 MD 쉘은 top side curl

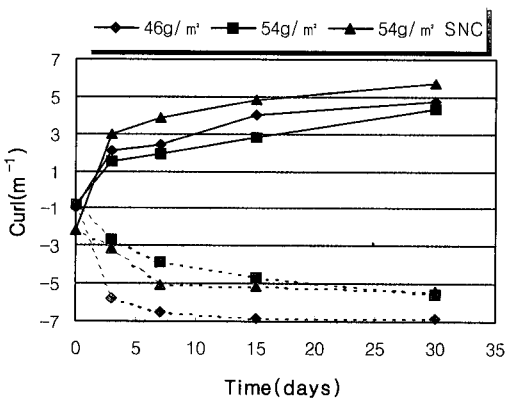


Fig. 2. MD curl of newspapers with top side as outer side(solid line) and with top side as inner side (dotted line) at 20 cm roll diameter by increased time of bending.

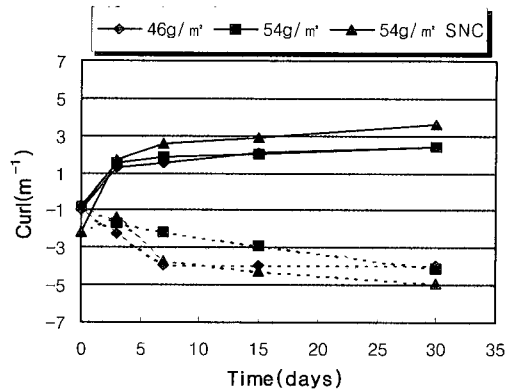


Fig. 3. MD curl of newspapers with top side as outer side(solid line) and with top side as inner side(dotted line) at 30 cm roll diameter by increased time of bending.

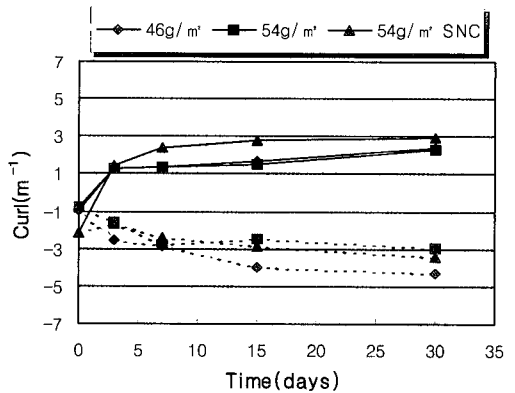


Fig. 4. MD curl of newspapers with top side as outer side(solid line) and with top side as inner side(dotted line) at 40 cm roll diameter by increased time of bending.

을 나타내었다. 이 경우에도 권취롤의 지름이 작고 권취기간이 경과됨에 따라 MD 쉘은 증가하였다. 표면을 위쪽으로 한 결과(TSO)와 표면을 안쪽으로 하여 얻은 결과(TSI)는 직경의 크기와 신문용지 종류에 관계없이 서로 대칭적인 MD 쉘 수치를 나타내었다.

TSI로 권취할 경우는 top side curl 그리고 TSO로 권취할 경우 back side curl이 발생한 것은 MD 쉘은 물리적인 힘에만 좌우된다는 것을 의미한다. 즉 안쪽으로 감긴 방향으로 쉘이 발생한다.

3.1.2 CD 컬

기존 신문용지, 신문용지 2급 및 SNC 신문용지의 권취롤의 직경, 권취방법 및 권취기간에 따른 CD 컬의 변화는 Fig. 5~7과 같다. 신문용지들을 표면이 위쪽으로 향하도록(TSO) 권취할 경우 캘린더링 처리가 된 기존 신문용지와 SNC 신문용지는 권취롤의 지름과 권취기간에 관계없이 일정한 CD 컬 값을 나타내었다. 이들 CD 컬은 미약한 top side curl을 보였다. 그러나 캘린더링을 하지 않은 신문용지 2급은 권취롤의 직경에는 무관하게 권취기간이 길어질수록 CD 컬이 크게 증가하였다. 이 CD 컬은 특히 권취 초기기간에 현저하게 증가하였으며 top side curl로 나타났다.

한편 표면을 안쪽으로 향하도록(TSI) 권취한 경우도 3 종류의 신문지들 모두 권취롤의 지름이 20 cm와 30 cm인 경우는 CD 컬의 변화가 TSO의 경우와 동일하게 top side curl을 나타내었다. 그러나 권취롤의 지름 40 cm에서는 SNC 신문용지가 초기 권취기간에 back side curl로 전환되면서 CD 컬이 증가하고 그 후에는 더 이상의 변화가 없었다. 일반적으로 물리적인 힘을 부여하지 않고 종이를 수직 또는 수평으로 놓아두면 컬은 back side curl을 형성한다<sup>5)</sup>.

3.2 상대습도가 컬에 미치는 영향

다양한 상대습도 변화에 의한 기존 신문용지, 신

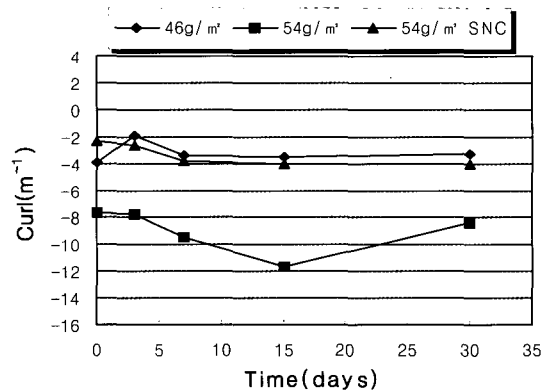
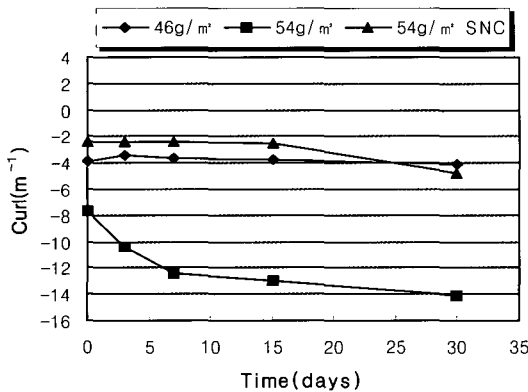


Fig. 5. CD curl of newspapers with top side as outer side(left) and with top side as inner side(right) at 20 cm roll diameter by increased time of bending.

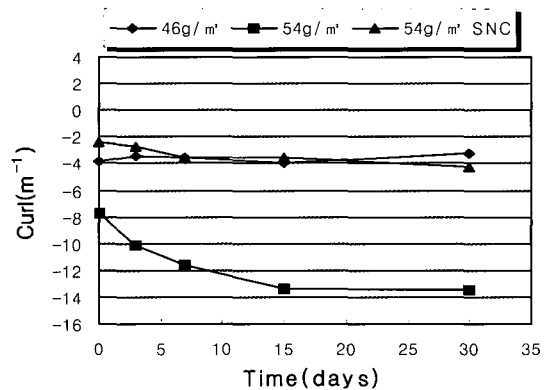
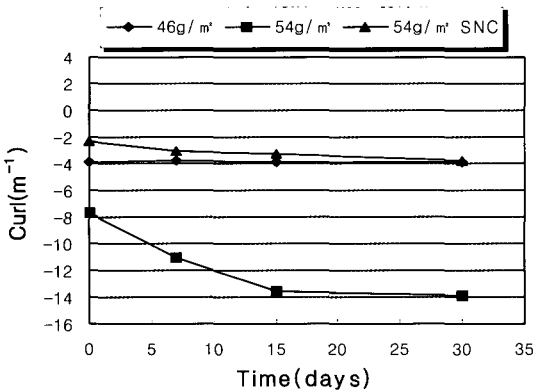


Fig. 6. CD curl of newspapers with top side as outer side(left) and with top side as inner side(right) at 30 cm roll diameter by increased time of bending.

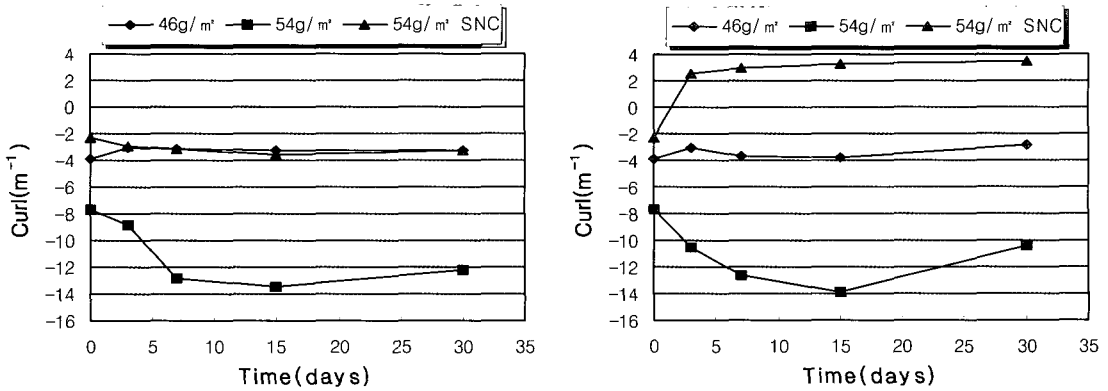


Fig. 7. CD curl of newsprints with top side as outer side(left) and with top side as inner side(right) at 40 cm roll diameter by increased time of bending.

신문용지 2급 및 SNC 신문용지의 CD 컬과 MD 컬의 변화는 Fig. 8과 같다. 상대습도가 높아짐에 따라 MD 컬은 미미하게, 그리고 CD 컬은 급속하게 변화하였다. MD컬보다 CD 컬의 변화가 심한 것은 수분에 의한 치수 변화가 보통 MD보다는 CD에서 더 크기 때문이다<sup>5)</sup>. 따라서 인쇄 작업장의 습도를 자동 조절하거나 또는 건조한 시기에 작업장 내부 바닥에 물을 뿌려주어서 습도를 높이는 것도 CD 컬의 발생을 낮출 수 있는 방법이다. 습도가 높으면 컬 발생이 적은 이유는 종이 양면(이면과 표면)을 통한 수분 침투와 발산이 자유롭게 일어나 종이 내부에 수분 정사가 생기지 않기 때문이다<sup>4,7)</sup>.

상대습도가 증가함에 따라 CD 컬의 감소는 캘린

더링이 안된 신문용지 2급에서 가장 현저하고, 그 다음은 기존 신문용지와 SNC 신문용지로서 캐린 더링 온도와 압력이 높을수록 CD 컬도 적고 습도변화에 따른 CD 컬의 변화폭도 적었다. 이것은 SNC 처리가 컬 감소에 좋다는 것을 의미한다.

상대습도 변화에 의한 신문지들의 컬 변화는 MD와 CD 컬 모두 back side curl을 나타내었다. Back side curl이 생기는 이유는 종이 이면이 표면 부분에 비하여 밀도가 높기 때문이다. 즉 보다 더 느슨하게 구성된 표면 보다는 밀도가 높은 이면 쪽에서 더 큰 수축이 일어나기 때문이다<sup>8)</sup>.

### 3.3 신문용지들의 특성

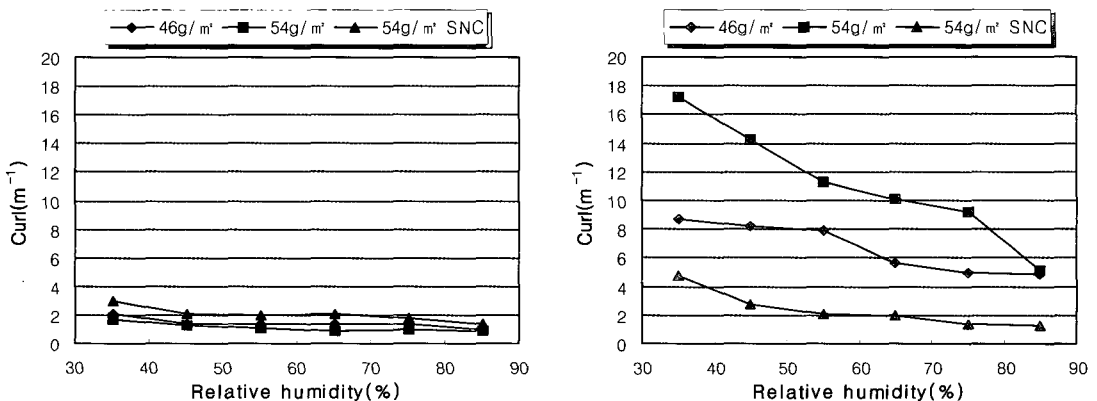


Fig. 8. MD curl(left) and CD curl(right) of newsprints at variable relative humidity(%).

신문용지들의 특성은 Table 1과 같다.

**Table 1. Structural properties of newspapers**

	Basis Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (μm)	Apparent Density (g/cm <sup>3</sup> )
46 g/m <sup>2</sup>	45.332	68.110	0.6656
54 g/m <sup>2</sup>	53.216	79.310	0.6710
54 g/m <sup>2</sup> SNC	53.476	71.970	0.7430

Table 1에서와 같이 46 g/m<sup>2</sup> 기존 신문용지는 신문 인쇄로는 적합하나, 평량이 적고 두께가 얇아서 전단지나 학습지 인쇄용지로는 부적당하다. 54 g/m<sup>2</sup> SNC 신문지는 다른 신문지에 비하여 겉보기 밀도가 높으며, 또한 전술한 바와 같이 쉘 발생도 적으므로 컬러용 전단지, 광고용지 및 인쇄용지로 사용된다. 한편 54 g/m<sup>2</sup> 은 그 중간 정도인 흑백 인쇄용지에 적합하다.

#### 4. 결론

권취 기간과 권취 방법 그리고 권취률의 지름과 신문용지의 종류에 따른 쉘의 변화는 다음과 같다.

MD 쉘은 기존 신문용지(46 g/m<sup>2</sup>), 신문용지 2급(54 g/m<sup>2</sup>), 및 SNC 신문용지(54 g/m<sup>2</sup>)를 표면이 위쪽으로 향하게 하여(TSO) 권취한 경우 모두 back side curl을 보였으며 권취률의 지름이 작을수록 그리고 권취기간이 연장될수록 더 증가하였다. 표면이 안쪽으로 향하게 하여(TSI) 권취한 경우 MD 쉘은 모두 top side curl을 보였으며 역시 권취률의 지름이 작고 권취기간이 경과됨에 따라 증가하였다.

CD 쉘은 표면이 위쪽으로 향하도록(TSO) 권취한 경우 기존 신문용지와 SNC 신문용지에서는 권취률의 지름과 권취기간에 관계없이 일정한 쉘 값을 가지는 top side curl을 보인 반면, 신문용지 2급에서는 권취률의 지름과 무관하게 권취기간이 길어

질수록 크게 증가하는 top side curl을 보였다. 표면을 안쪽으로 향하도록(TSI) 권취한 경우에는 20 cm와 30 cm의 권취률의 지름에서는 CD 쉘이 top side curl로 나타났으나, 권취률 지름 40 cm에서는 SNC 신문용지만 초기 권취기간에 back side curl로 전환되었다.

상대습도가 높아짐에 따라 기존 신문용지, 신문용지 2급 및 SNC 신문용지의 MD 쉘은 미미하게 감소하였으나, CD 쉘은 급속하게 감소하였다. CD 쉘의 감소정도는 신문용지 2급에서 가장 크게 나타났으며 SNC 신문용지는 상대습도 변화에 가장 적게 영향을 받았다.

#### 인용문헌

1. Niskanen, K., Paper Physics Book 16 in series of Papermaking science and technology, Fapet Oy, pp 222-259 (1998).
2. Edwards, P. J., Murray, A. F., Papadoopoulos, G., Wallace, A. R., Barnard, J. and Smith, G., Paper curl prediction and control using neural networks, Tappi J., 82(7): 145-151 (1999).
3. Green, C., Fundamentals of paper curl, Paper science notes, <http://www.frontiernet.net/~charmar> (1998).
4. Gallay, W., Stability of dimensions and form of paper, Tappi J., 56(12):90-95 (1973).
5. Glynn, P., Jones, H. W. H. and Gallay, W., Drying stresses and curl in paper, Pulp and Paper Mag. Can., 62(1):T39-48 (1961).
6. Fahey, D. J. and Chilson, W. A., Mechanical treatments for improving dimensional stability of paper, Tappi J., 46(7):393-399 (1963).
7. Mann, K. C. and Huff, L. A., Curl control with a Coanda actuator system, Tappi J., 75(5):133-137 (1992).
8. Uesaka, T., Paper curl causes, diagnosis, and control, J. Pulp & Paper, (12): 99-110 (1998).
9. Casey, J. P., Pulp and paper chemistry and chemical technology (3rd edition), Wiley Interscience, Vol. 3. p. 1981 (1981).