

원지특성에 따른 Microflute의 골 성형성(제1보)

-원지의 평량, 골성형 온도에 따른 골 성형성 분석-

민경은 · 박종문[†]

(2004년 11월 10일 접수: 2005년 5월 20일 채택)

Effect of Corrugating Medium's Properties on Microflute Formation (Part1)

- Microflute formation depending on basis weight and fluting
temperature-

Kyung-Eun Min and Jong-Moon Park[†]

(Received on November 10, 2004; Accepted on May 20, 2005)

ABSTRACT

Microflute has several advantages of production cost and strength compared to board. Production technology of microflute has not been fully explored. Therefore suitability of corrugating medium for microflute shape formation was analyzed by measuring (1) lengths of corrugating medium before flute formation, (2) those after flute formation but before conditioning and (3) those after flute formation and after conditioning. The suitability of corrugating medium was better when the length change before and after conditioning after flute formation was smaller, because flute sustained its form. The suitability of corrugating medium for microflute shape formation was better when the flute height after flute formation was higher. The suitability of corrugating medium was analyzed depending on properties of corrugating medium in terms of fiber bonding strength and paper stiffness. For better microflute shape formation and its preservation it was found that fiber bonding should be increased, proper stiffness was required, and resistance to water absorption from surroundings should be increased.

Keywords : microflute formation, bonding strength, stiffness, water resistance

• 본 연구는 한국생산기술연구원의 청정생산기술사업의 지원에 의해 수행되었음.
• 충북대학교 농과대학 산림과학부(School of Forest Resources, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea)

[†] 주저자(Corresponding author): E-mail: jmpark@cbu.ac.kr

1. 서론

지류포장은 포장산업 중에서 차지하는 비중이 큰 분야로서 원료를 쉽게 구할 수 있으며 가격이 싸고 가격이나 중량에 비해서 강도가 우수하고 구겨지기 쉬운 특성을 갖고 있어 기계적으로 가공하기 쉬운 장점을 갖고 있다. 인쇄적성이 좋으며 접착 가공이 용이하고 생분해 가능성 재료로서 폐기물처리가 용이할 뿐 아니라 재순환하여 사용할 수 있으므로 환경적으로 유리한 이점을 갖고 있다.

용도, 기능, 폐기처리상에 있어서 여러 가지 장점을 지니고 있는 지류 포장재 중 골판지는 산업전반에 있어서 널리 이용되고 있다. 최근에는 골 높이가 1.2 mm 이하의 골판지가 백상지나 마닐라 판지 상자를 대체하기 위하여 생산되고 있다. 이를 “마이크로플루트(microflute)”라고 한다. 마이크로플루트는 유럽에서 1998년 연간 생산량이 16억 m²로 활성화되어 있지만, 국내에서는 제조가 활성화되지 않고 있는 실정이다.¹⁾ 마이크로플루트는 미세한 골을 갖는 E골 이하의 골판지로 동일한 두께의 판지에 비해 30% 정도의 원료 절감이 가능하다. 또한 높은 압축강도를 나타내고, 골판지 위에 직접 인쇄를 실시할 수가 있다. 현재 우리나라의 마이크로플루트는 F골까지 시도하고 있다. 마이크로플루트용 원지 또한 지금까지는 F골을 생산하기에는 기술적으로 부족한 편은 아니지만 G골을 생산하기에는 아직도 미흡한 실정이다. 현재 전 세계적으로 볼 때 미국과 일본에서만 G골을 생산하고 있는데, 그 G골의 골 높이는 0.50-0.58 mm, 30 cm당 골의 수는 각각 146, 175개이다. 이러한 G골을 생산하기 위해서는 골성형을 우수하게 하기 위하여 원지의 미세한 신장과 강도특성의 이해가 필수적이다. 이에 본 연구에서는 G골 성형하기에 적합한 조건을 찾고자 G골을 성형하여 분석하였다.

골판지에서 골심지의 역할은 골판지 상자에 양호한 적재 강도를 제공하고 충격으로부터 내용물을 보호하고 스티프니스 특성을 부여하는 것이다.²⁾ 하지만 미세한 골을 갖는 마이크로플루트는 이러한 일반 골판지의 요구조건에 부가하여 또 다른 인자들이 필요하다. 특히 마이크로플루트는 미세한 골을 갖고 있기 때문에 마이크로플루트의 골심지는

골을 유지할 수 있는 특성과 강도를 필요로 하게 된다. Jakowski³⁾ 과 Kellicutt⁴⁾은 평량이 골판지 구성원지인 라이너지, 골심지의 물성에 미치는 효과에 대해 보고하였는데, 이 논문에 따르면 골심지의 여러 물성은 골판지 품질에 큰 영향을 미치기 때문에 골심지의 평량은 매우 중요한 인자라고 하였다. 골판지는 주로 포장재로 이용되는 재료이기 때문에 제품으로 생산되었을 때, 대부분이 외부에 노출되어 그 기능을 하게 된다. 그러므로 수분에 대한 저항과 강도가 요구된다. 특히 마이크로플루트의 경우, 일반 골판지에 비해 미세한 골로 구성되어 있어 수분에 더욱 민감하게 된다.

본 연구에서는 마이크로플루트가 유통되고 사용된 후에도 골을 유지할 수 있는 영향인자를 알아보기 위하여 마이크로플루트용으로 현재 시중에서 사용되고 있는 원지 중 평량을 달리한 4가지 원지를 사용하여 골심지로서의 적합성을 실험해 보았다. 항온항습 전후 골의 형태를 유지하는지 그 변화를 비교하여 그 변화가 적을수록 골 성형성이 우수한 것으로 판단하였고 그에 대한 영향인자를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

H사에서 생산되는 평량 45, 75, 95, 120 g/m²의 원지를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 겉보기 밀도

TAPPI Standard T402 om-83에 따라 조습처리한 후, T410 om-93과 T411 om-89에 의해 측정된 평량과 두께로 겉보기 밀도를 계산하였다.

$$\text{Apparent density (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Basis weight (g/m}^2\text{)}}{\text{Thickness (mm)}}$$

2.2.2 투기도

TAPPI Standard T251 cm-85에 의거하여 투기도를 측정하였다.

2.2.3 기계적 성질

TAPPI Standard T402 om-83에 따라 조습 처리한 후, SCAN-P 67, T826에 의거하여 인장강도를 측정하였고, 압축강도를 측정하였다. 이때, 인장강도는 L&W tensile tester를 이용하여 측정하였다.

2.2.4 회분 함량 측정

TAPPI T 211 om-93과 TAPPI T-413 om-93은 탄산칼슘의 작열 감량을 고려하지 않기 때문에 회분의 과소치가 측정될 수 있기 때문에 본 연구에서는 400°C에서 12시간 연소시켜 회분함량을 측정하였다.

2.2.5 지합 측정

지합은 Techpap사의 2D-F sensor를 이용하여

측정하였다.

2.2.6 골 성형

한국골판지포장협동조합에 설치되어 있는 Fig. 1의 골성형기(corrugator)를 이용하여 4종류의 원지를 이용하여 G골을 성형하였다. 이때의 코루게이터의 온도를 120°C, 180°C, 성형속도 6 rpm으로 하여 MD와 CD로 골을 성형하였다.

2.2.7 향온함습

골 성형 후 골의 유지성 평가를 위해, 마이크로플루트 원지와 수초지로 만든 골심지를 25°C, RH 50%에서 향온함습처리 하였다.

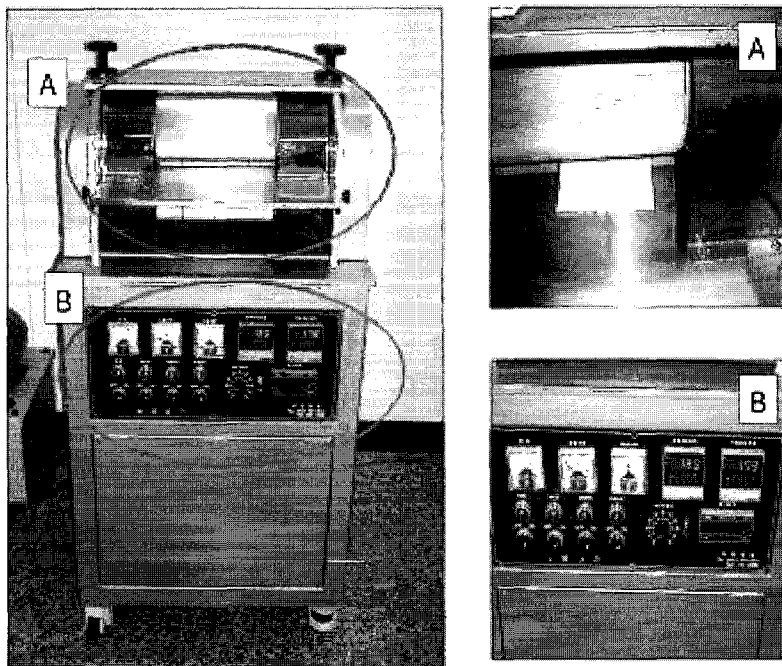


Fig. 1. Photograph of corrugator and its details.

A : Path of microflute base paper into corrugator.

B : Controller.

3. 결과 및 고찰

3.1 물성 실험

3.1.1 구조적 특성

본 실험에 사용한 시판원지의 특성을 측정하여 구조적 특성을 Table 1에 나타내었다. 지역적인 평량분포의 표준편차의 의미가 있으므로 지합지수는 L.T. value로 나타내었는데, 지합이 향상되면 그 값이 감소된다. 회분 측정결과 평량 45 g/m²의 원지를 제외하고는 15% 정도로 일정한 것으로 나타났다. 지합 또한 45 g/m²을 제외한 다른 원지들은 평량이 증가함에 따라 지합이 불량하였다. 이 결과로 보아 평량 45 g/m²의 원지는 나머지 3종류의 원지들과는 다른 특성을 갖고 있는 것으로 판단되었다. 평량이 감소함에 따라 겉보기 밀도가 증가하고, 투기도는 다른 경향을 나타내는 45 g/m²을 제외한 세 가지 평량을 비교하였을 때, 평량이 높은 것이 증가하는 것으로 나타났다. 종이의 평량이 증가하면서 투기도는 떨어지는 것을 알 수 있었다. 앞에서 구한 회분 함량들이 일정했던 것으로 미루어

Table 1. Structural properties of base paper for G microflute

Basis weight (g/m ²)	120	95	75	45
Ash contents (%)	15.3	16.4	13.1	10
Formation index (L.T. value)	100.8	68.2	51.9	66.1
Air permeability (sec.)	42	10.1	18.4	51.9
Apparent density (g/cm ³)	0.74	0.75	0.78	0.80

Table 2. Tensile properties of base paper for G microflute depending on MD and CD

Basis weight (g/m ²)	120		95		75		45	
	MD	CD	MD	CD	MD	CD	MD	CD
Tensile strength (kN/m)	8.07	3.99	6.07	3.60	4.62	4.14	3.78	2.19
Elongation (mm)	1.80	3.40	1.97	3.26	2.23	5.45	1.84	4.67
Tensile stiffness (kN/m)	1040	517	708	421	520	390	454	243
MD/CD ratio (%)	2.02		1.67		1.12		1.73	

보아, 이 원지들의 치밀성은 원로나 고해효과의 영향이라 판단된다. 평량 45 g/m²은 상대적으로 적은 회분 함량과 높은 투기도를 나타내는데 이는 저평량 초지에 따른 원료 펄프의 변화나 초지 조건의 변화에 따른 것으로 판단되나, 초지 조건보다는 원료 펄프의 조성 변화에 기인했을 것으로 판단된다.

3.1.2 강도적 특성

Table 2는 원지의 인장강도 특성을 나타낸 것으로, 평량이 증가함에 따라 강도가 증가하는 일반적인 강도적 특성을 나타내었다. CD의 강도적 특성은 MD에 비해 평량별 차이가 크지 않지만 대체적으로 평량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 신장률의 경우 MD로는 평량에 따른 차이가 나타나지 않았으며, CD가 MD에 비해 변형이 증가하였고, 평량이 낮을수록 변형이 증가하였다. MD/CD 인장강도비를 보았을 때, 평량 75 g/m²의 원지가 배향성이 가장 낮게 나타났다.

Fig. 2에 나타낸 압축강도는 SCT를 이용한 것으로

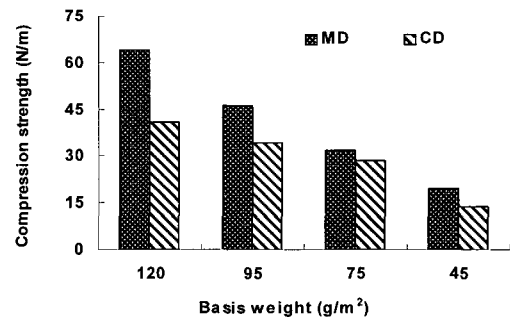


Fig. 2. Compression strength of base paper for G microflute depending on the basis weight.

로 평량이 증가할수록 증가하였고, MD가 CD보다 더 높은 값을 나타내었다. 평량이 증가할수록 두께 향상 효과에 의하여 압축강도가 증가한다고 판단할 수 있었다.

3.2 골 성형 특성

3.2.1 항온항습 전 길이 변화율

골 성형성을 판단하기 위하여 골을 성형하기 전의 골심지 원지의 길이(L_0), 골을 성형한 후 항온항습 처리전의 길이(L_a)를 이용하여 길이 감소율(decreasing ratio of length, LD)을 비교하였다. 각각의 길이는 Fig. 3에 나타내었다.

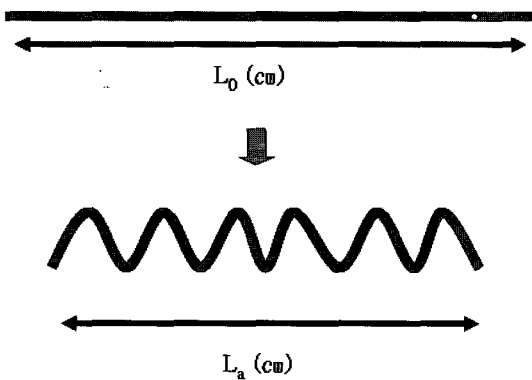


Fig. 3. Decreasing of corrugating medium length after G flute formation.

(L_0 = length of corrugating medium base paper before flute formation,

L_a = length of corrugating medium after flute formation.)

길이 감소율은 다음과 같이 구하였다.

$$LD(\%) = \frac{L_0 - L_a}{L_0} \times 100 \quad [1]$$

여기서, LD = 길이 감소율 (%),

L_0 = 최초길이 (cm),

L_a = 성형 후 길이 (cm).

Fig. 4는 골 성형 직후의 길이 감소율(LD)을 나타낸 것이다. 온도가 증가할수록 길이방향으로 더

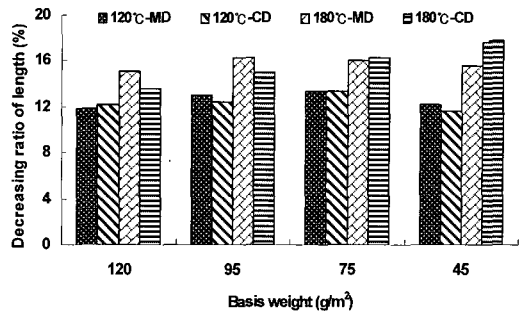


Fig. 4. Decreasing ratio of length(Equation (1)) of base paper for G flute by microflute formation before conditioning.

많이 감소하여 그만큼 골이 성형 되었다는 것을 알 수 있었다. 평량이 감소함에 따라 길이의 감소가 증가하는 결과로 볼 때, 성형 직후에는 골심지 강도의 영향보다는 일시적인 신장율이 더 많이 작용하는 것으로 판단되었다. 또한 180°C의 과도한 열을 가하면 열에너지가 많이 작용하여 길이 감소율(LD)이 평량 별로 차이가 거의 나타나지 않았다.

3.2.2 항온항습 전 골 높이

Fig. 5는 골성형 직후의 골 높이를 나타낸 그림이다. 온도의 영향은 길이 변화율과 마찬가지로 온도가 높을 경우 더 높은 골이 성형되었다. 하지만 골의 높이는 평량이 감소할수록 감소하는 것으로 보아 길이 방향과는 달리 골 높이는 강도적 측면이 더 많이 작용하는 것으로 판단되었다.

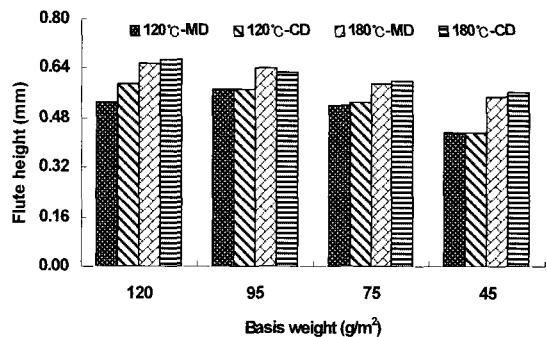


Fig. 5. Flute height after flute formation before conditioning depending on the basis weight and the fluting temperature.

3.2.3 항온항습 후의 길이와 골높이의 변화

Fig. 6은 항온항습 처리 후의 길이 감소율을 나타낸 그림이다. 항온항습 처리 전과 달리 평량이 감소할수록 길이의 감소 또한 줄어드는 것을 알 수 있다. 이것으로 알 수 있는 것은 항온항습 처리를 하면서 골이 퍼지게 되는데, 평량이 높을수록 골을 그대로 유지하고 있음을 알 수 있었다.

골 성형성은 골 성형을 한 후 항온항습 전후의 골 높이의 감소가 작을수록 항온항습 처리 후의 골 높이가 그대로 유지되는 것이므로 골 성형성이 우수하다고 판단 할 수 있다. Fig. 7의 항온항습 처리 후의 골높이는 항온항습전과 같은 양상이었지만, 평량이 낮을수록 높이가 많이 줄어드는 것을 알 수 있었다.

다음과 같은 식으로 항온항습 효과(conditioning effect)를 계산하였으며, 이 값은 같은 온도 조건하에서 작을수록, 즉 조습 전 후의 길이 감소율의 차이가 작을수록 골성형성이 우수한 것으로 판단되었다.

$$\text{Conditioning effect (\%)} = \frac{(LD_b - LD_a)}{LD_b} \times 100 \quad [2]$$

여기서, LD_b = 조습 전 길이 감소율(%),

LD_a = 조습 후 길이 감소율(%)

Fig. 8은 MD와 CD에서 항온항습 처리의 영향

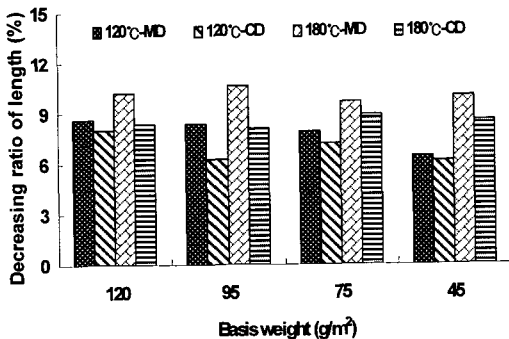


Fig. 6. Decreasing ratio of length by flute formation after conditioning depending on the basis weight and the fluting temperature.

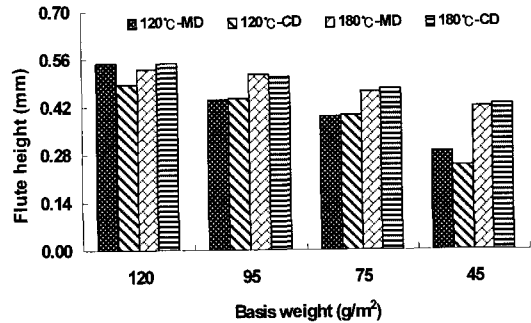


Fig. 7. Flute height after conditioning depending on the basis weight and the fluting temperature.

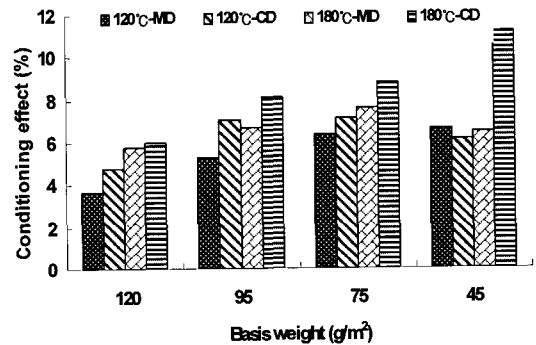


Fig. 8. Conditioning effect(Equation (2)) depending on the basis weight and the fluting temperature.

을 얼마나 받았는지 나타낸 그림이다. 평량이 감소할수록 항온항습의 영향을 크게 받았다. 이것으로 평량이 낮을수록 골성형이 잘 되지 않아 골이 더 잘 퍼졌다는 것을 알 수 있다. 골 성형 직후 높은 온도 즉 180°C에서 골을 성형한 경우 원지의 길이 변화율이 높았었는데, 항온항습에 따른 영향도 더 컸다. 골성형 초기에는 높은 열로 인하여 길이변화가 크게 나타나지만, 항온항습 후에는 항온항습 전만큼 골을 유지하고 있지는 못하였다.

4. 결론

골 성형성은 항온항습 전후의 골 높이의 감소량

의 최소화, 길이변화가 적을수록 골 성형성이 우수하다고 판단할 수 있다. 평량이 증가할수록 강도가 향상되고 골 성형시 길이변화율이 우수하였다. 골 조율 또한 평량이 증가함에 따라 G골에 적합하게 나타났다. 하지만 최종적인 골판지는 골 높이 또한 중요한 인자이다. 항온항습 후에 원지가 과도하게 뻗뻗하게 되면 오히려 층간의 분리로 인해 골이 무너지는 것을 알 수 있었다. 골성형에 적합하기 위해서는 항온항습 후에도 수분의 영향을 적게 받아 골을 유지해야한다. 특히, 미세한 G골의 성형에서는 보다 수분에 대한 저항이 요구되었다. 상대적으로 섬유간결합력이 강한 원지의 경우, 항온항습의 영향을 적게 받았고, 골의 유지력 또한 우수하였다.

그러므로 G골 성형에 있어서, 골성형성을 좌우하는 가장 중요한 영향인자는 항온항습 후에도 수분의 영향을 최소화하여 골을 유지하는 섬유간결합

력으로 판단된다.

인용문헌

1. 조용민, Microflute 골판지 제조시 골판지원지 특성 분석 및 평가, 공업화학회, pp.799-802 (2003).
2. 조병목 역, 우수성의 추구를 통한 골판지 포장산업의 이미지 제고(3), Corrugating Packaging & Logistics, pp.102-103 (2003).
3. Jakowski, S. and Wojciechowska, E., Influence of basis weight on other properties of liners and flutings used in corrugated fibreboard, Packaging Technology and Science 3(4):229-232 (1990).
4. Kellicutt, K. Q., Short-column crush test of corrugated board and its use in quality control, Packaging Engineering 4(9):92-94 (1959).