

마이크로플루트 골판지생산을 위한 실험용 코루게이터의 최적 운전조건 탐색

조용민[†] · 엄기증^{*1}

(2007년 2월 12일 접수: 2007년 5월 22일 채택)

Investigation on the Lab Scale Corrugator's Optimum Operating Conditions for Making Microflute Corrugated Paperboards

Yong Min Cho[†] and Gi Jeung Um^{*1}

(Received February 12, 2007: Accepted May 22, 2007)

ABSTRACT

Cereal, computer software, wine, small appliances, and fast foods are examples of products that have switched from folding carton to microflute corrugated paperboard. Microflute corrugated paperboards have their unique wonderful packaging characteristics that are driving forces for people to use more and more. Good strength property, excellent shock absorbing ability, and beautiful outer appearance of microflute corrugated paperboards go hand and hand with their environmental advantages. It is known that physical properties of microflute corrugated paperboards depend on not only properties of base paper but corrugator operating conditions. This study was carried out to investigate on the corrugator's optimum operating conditions for making microflute corrugated paperboards. Lab-scaled microflute corrugator was installed and run with systematic changes of operation conditions to investigate the effects of operation conditions on physical properties of microflute corrugated paperboards.

Keywords : *microflute, corrugator operation conditions, physical properties, recycling, paperboard packaging, box compression test*

• 한국골판지포장지공업협동조합(Korea Corrugated Packaging Case Industry Asso. Seoul, 137-871, Korea)

* 강원대학교 창강제지기술연구소(Chang Kang Paper Research Institute, Chuncheon, 200-701, Korea)

† 주저자 (Corresponding Author): E-mail; choym01@empal.com

1. 서론

마이크로플루트 골판지(Table 1)는 최종 수요자가 종이의 사용량을 감소시키고 과잉포장을 없앤다는 관점과 판지가 갖는 미장성, 골판지가 갖는 강도, 완충성, 단열성 등의 기능을 고루 갖추고 있다는 장점이 있다. 마이크로플루트의 이러한 특성이 긍정적으로 평가되어, B 플루트부터 E 플루트, 원판지로부터 F, G 플루트로 전환하는 움직임이 나타나고 있다. 시리얼, 컴퓨터 소프트웨어, 와인, 그리고 작은 용구 등의 제품들을 포장할 때, 카톤지로 만든 접음상자에서 마이크로플루트 골판지가 점차적으로 많이 사용되고 있다.¹⁻⁴⁾

유럽에서도 마이크로플루트를 생산할 수 있는 설비가 40여개 이상 설치되어 생산되고 있고 마이크로플루트의 포장업계에서의 시장 점유율이 해마다 증가하고 있으며 일본에서도 마이크로플루트에 관한 기술을 개발하여 현재 20여개의 생산용 공률이 설치되어 있는 것으로 알려지고 있다. 마켓파워(MarketPower)사는 2010년까지 전 세계적으로 매년 5-6%이상 마이크로플루트 골판지에 대한 수요가 증대할 것으로 전망하고 있다. 전체 골판지 시장의 마이크로플루트 골판지의 점유율은 2007년 현재 12%에서 2010년까지 거의 13% 이상 증가할 것으로 예측되고 있으며, 또한 Fine Flute(F, G, & N 골)골판지의 성장은 전체 마이크로플루트 골판지 성장보다 훨씬 더 빠르게 이루어질 것으로 전망되고 있다.

마이크로플루트 골판지 포장재에 대한 보다 더 활발한 개발은 국내 골판지 산업에 있어서 현재의 과당경쟁 체제를 완화시켜줄 획기적인 시도가 될 수 있을 것으로 사료된다. 골판지 산업의 국내시장은 약 15%가 과잉설비로 인해 전형적인 레드오션(Red Ocean)의 형태를 띄고 있어 이에 대한 해소책이 간구되어야 하며 설비의 해외이전으로 5%, 그리고 신 시장, 신 수요 창출로 10% 과잉설비의 해소를 할 수 있으며, 마이크로플루트 골판

지가 상업용 포장에 직접 적용할 수 있다는 점에서 골판지 포장의 새로운 시장확대를 이끌어 낼 수 있는 분야로 주목받고 있다. 마이크로플루트골판지상자는 일반 판지상자에 비하여 높은 상자압축강도(BCT)가지면서 직접적인 고급인쇄가 가능하다는 장점을 가지고 있다.⁵⁻⁹⁾ 다이렉트 옵셋 인쇄를 할 수 있는 것은 마이크로플루트가 가진 여러 장점 중에 최대의 메리트가 될 수 있으며 이로 인해 양면 시트를 다이렉트로 판지 인쇄기에서 고급화한 미장 인쇄가 가능하다. 지금까지의 골판지에 해왔던 프리프린트 방식으로서 매엽의 라인에 인쇄하고 그 매엽과 편면골판지를 붙이는 합지방식을 뛰어넘어 획기적인 인쇄방식을 적용할 수 있게 된다.

따라서 본 연구에서는 이런 많은 장점을 가진 마이크로플루트를 개발하는 데 있어서 마이크로플루트 원지 및 일반 골판지 원지를 이용한 실험실적 마이크로플루트 골판지의 제조 조건을 분석하고 아울러 일반 골판지 제조공장에 적용할 때 코루게이터의 운전 조건이 마이크로플루트 골판지의 제조 및 물성에 미치는 영향을 구명하고자 실험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용된 골판지원지의 경우 재생크라프트지(RK지) 75 GSM, 80 GSM, 시판용 크라프트지(MK지) 90 GSM, 120 GSM가 사용되었으며, 물리적, 광학적 특성을 Table 2에 나타내었다. MK지와 RK지는 속도 530 m/min, 제트/와이어비 0.95-1.02, RK지의 경우 강화로진 0.4%, 알룸 3.5%, AOCC내의 색깔 제거를 위해 표백제로 아황산소다 0.33%가 사용되었다. 접착제의 경우 골판지 및 골판지상자에 사용되는 접착제는 대부분 일반전분과 변성전분으로 화학적 특성상 호화온도가 70~90°C의 범위를 갖게 되며 가성소다와 붕사를 첨가제로 사용하여 접착제로 사용하지만, 본 실험에서는 전분의 접착능력이 다소 약해 polysol과 3M 접착제를 사용하였다.

마이크로플루트(M/F)골판지포장재를 제조하기 위한 골성형을 하기 전에 KS M 7012에 따라 23°C, 50%에서 조습 처리한 후 KS M 3034(골판지두께), KS M 7013(평량), KS M 7082(파열강도)에 의거 시료의 물

Table 1. Typical flute heights and pitches of microflute corrugated paperboards

Flute	Height (mm)	Flutes(No./m)
F	0.76	420
G	0.58	503
N	0.45	558

Table 2. Physical and optical properties of base papers

Properties	Basis weight(g/m ²)	Recycled commercial Kraft paper(RK Paper)		Market commercial Kraft paper (MK Paper)	
		75	80	90	120
Tensile strength(kgf)	MD	6.77	7.58	12.71	15.13
	CD	3.08	3.36	4.26	4.98
Tear strength(gf)	MD	87	98	114	153
	CD	104	116	128	177
Burst strength(kgf/cm ²)		2.14	2.12	3.86	3.15
Smoothness	FS	5	4	4	13
(Bekk, sec)	WS	5	4	5	12
Air permeability(sec)		49	54	28	7

성 등을 평가하였다. 시험편의 크기는 20 × 25 cm이었으며 골판지원지의 골성형시 수축율과 팽창율 측정하고 MD와 CD방향에 따른 변화를 관찰하였다. 골심지의 골성형 상태를 분석하기 위하여 제작된 골성형판의 골높이인 0.78 mm을 기준으로 골성형율을 측정하였다. 골성형 후 골높이가 0.76 mm이었다면 $[1 - (0.78 - 0.76) / 0.78] \times 100 = 97.4\%$ 로 골성형율은 97.4%로 표현하였다. 골판지원지의 특성에 따른 M/F 골성형 시의 특성을 분석 및 평가하였다.

2.1 마이크로 플루트 골판지 제조기

마이크로플루트 골판지의 골성형을 위한 마이크로 플루트 골판지 제조기의 구성은 상하의 골을 만드는 평

판 2개와 평판을 상·하로 조절하기 위한 유압컴프레서, 골을 청소하기 위한 에어컴프레셔와 골판지원지에 골을 성형하기 위한 열판과 유압과 열을 조절할 수 있는 컨트롤 판넬로 이루어져 있다. 코루게이터는 원형으로 상단롤과 하단롤이 맞물려 원지를 감아 골을 형성하여야 원지의 파손이 없으며, 골롤을 평판으로 제작하면서 이러한 문제점을 감소시키기 위하여 평판의 기울기를 15° 각도로 제작하여 상판이 하판에 닿을 때 한쪽 끝부터 눌러 다른 한쪽으로 천천히 눌러도록 하였다. 골성형판의 골높이가 E/F, F/F, G/F의 기준에 맞게 상하판을 제작하였다. 사용된 전력은 3상으로 6 kW였으며, 온도는 190°C, 압력은 200 bar까지 가할 수 있었으며 조절은 컨트롤 패널에서 할 수 있었으며 공기압축기는 이물질 을 제거하기 위해 설치되었다.

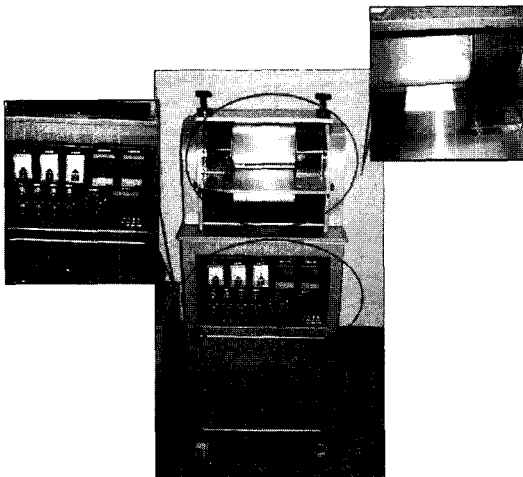


Fig. 1. Roll type lab-scaled M/F corrugator.

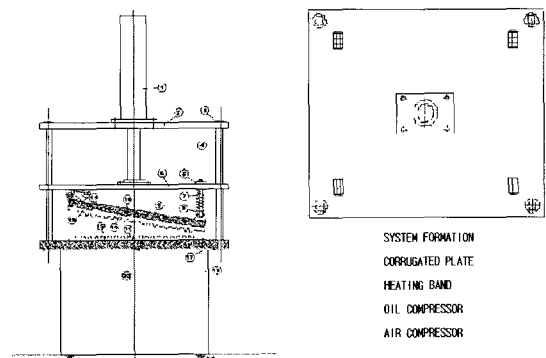


Fig. 2. Schematic diagram of the platen typed microflute corrugated paperboard maker.

2.2 마이크로 플루트 골판지 상자 샘플제작기

허용오차 0.01 mm이하의 정확도로 박스를 제작할 수 있는 상자 샘플제작기(Box Sample Maker, L-1200 Plotter, ZUND사, 스위스)를 사용하여 마이크로 플루트 골판지 상자의 도면을 CAD작업하고 CAM(computer aided manufacturing) 시스템을 이용 실험용 마이크로 플루트 골판지 상자 샘플을 제작하였다.

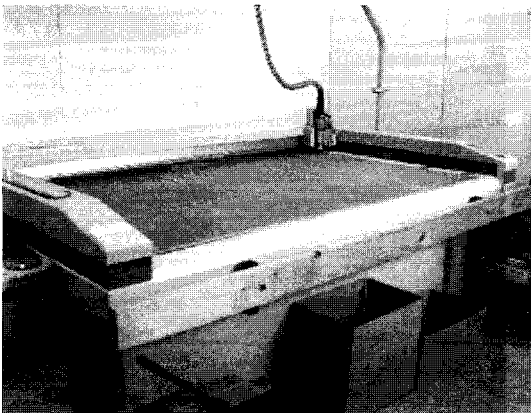


Fig. 3. Box sample maker, ZÜND Cutter (L-1200 type).

2.3 마이크로 플루트 골판지 상자의 압축 강도 시험

개발된 마이크로 플루트 골판지 상자를 기존 골판지 상자과 물성을 비교해보기 위하여 1,000×1,000 mm² 크기의 시트에서 동일한 시험편을 만들어 Zwick/Roell 재료시험기(Material test machine, BDO-FB005TN)로 테스트하였다. 상자의 치수는 100 mm×100 mm×100 mm(내치수)로 하였으며, 상자의 수직압축강도 평가는 KS A ISO 12048에 의거하여 공시재에 대한 압축 저항실험을 하였다. 박스의 실험은 10 mm/min로 동일한 높이에서 시험을 시작하여, 최대 상자압축강도 값에서 75%로 떨어질 때 파단으로 간주하여 실험을 실시하였다 (Fig. 4).

3. 결과 및 고찰

골판지 상자의 상하 패선 크기는 상자의 압축강도에

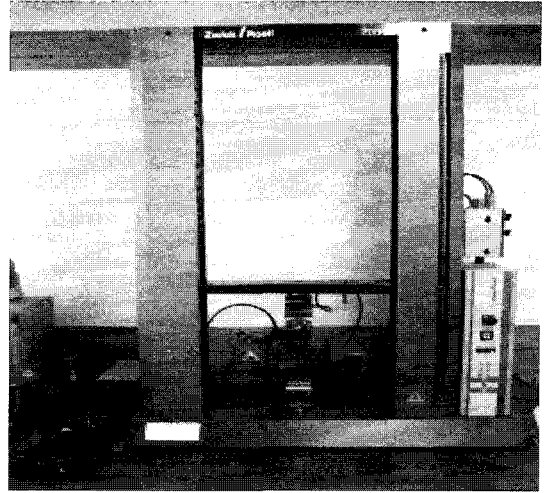


Fig. 4. Zwick/Roell Material test machine (BDO-FB005TN).

지대한 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 마이크로플루트 골판지로 만든 상자의 경우 그에 따른 영향을 관찰하기 위하여 시중 크라프트지를 MK90×MK90×MK90(F/F)로 원지 배합하여 골판지 두께가 0.9 mm인 것을 상자치수 장×폭×고(100×60×80 mm-내치수)로 제작하여 상자압축강도 실험을 하였다. 상하 패선간격에 따른 상자압축강도의 변화가 Fig. 5에 나타나 있다.

패선간격이 0.32-0.74 mm일 경우 상자압축강도는 변화가 거의 없었으며 패선간격이 0.32 mm이하일 경우 상자압축강도의 감소를 나타내는 것으로 밝혀졌다. 이것은 패선부의 파열에 기인한 것으로 보이며, 마이크로플루트 골판지 상자의 패선 간격이 0.32-0.74 mm

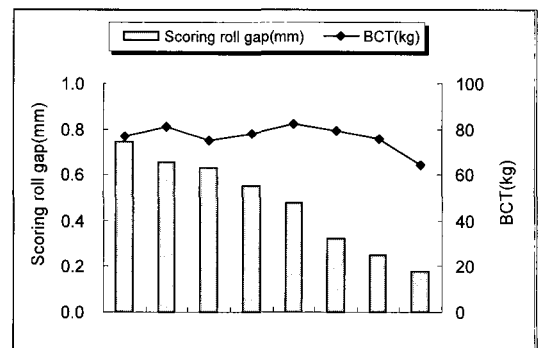


Fig. 5. The relationship between BCT and the size of scoring roll gap.

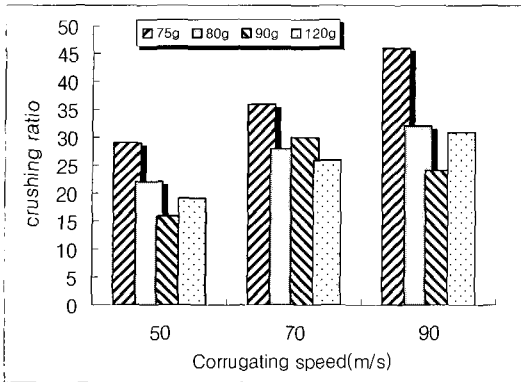


Fig. 6. The relationship between crushing ratio of medium and corrugating speed.

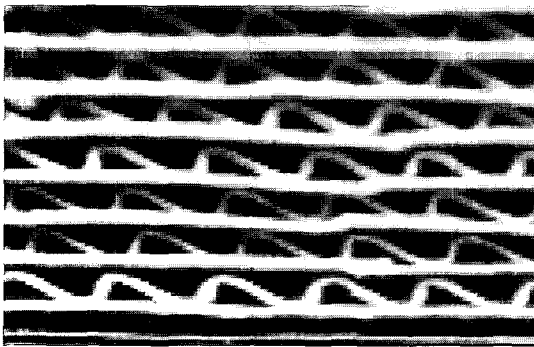


Fig. 7. Crushing shape of medium.

일 경우 최적의 상자압축강도를 나타냈다.

패선 롤 직경의 최적 조건을 조사하기 위하여 150 m/min에서부터 90 m/min으로 운전한 후 패선 간격 대비 상자압축강도의 결과를 관찰하였다. 패선 간격 0.32 mm 이하에서도 기존의 골판지 상자압축강도 수준을 유지하는 것이 가능한 것으로 밝혀졌으며, 패선롤의 직경이 적으면 큰 것에 비하여 많은 파열현상이 일어났다. 이는 작업속도가 빠르거나 패선롤 직경이 적게 되면 동일한 가압에 대한 가압전단력의 발생이 크기 때문인 것으로 사료된다.

골성형 속도(Corrugating speed)에 따라 골심지의 찌그러짐율(crushing ratio)과의 관계를 Fig. 6에 나타냈으며 Fig. 7은 코루게이트의 속도가 증가할수록 오버 브릿지(over bridge)상의 편면 골판지가 브레이크 등에 의한 심한 장력으로 골찌그러짐이 발생한 것을 나타냈

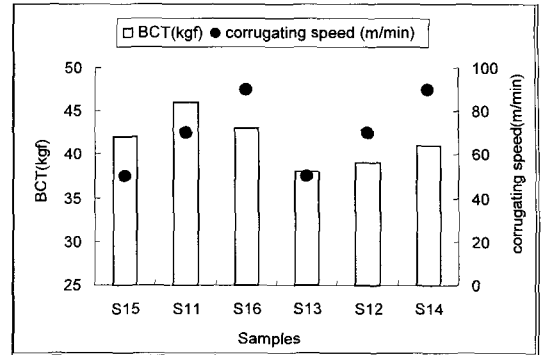


Fig. 8. The relationship between BCT and corrugating speed.

Note : M/F composition - S15, S11, S16 (90×90×90), S13, S12, S14(90×120×90)

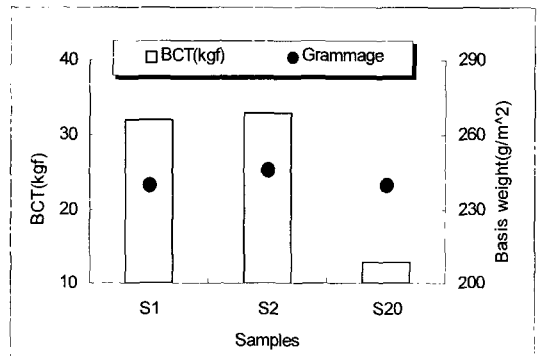


Fig. 9. The relationship between BCT and basis weight

Note : S1=75×75×75(240 g/cm²),

S2=75×80×75(246 g/cm²), S20=SC240

다. 골심지 평량 90, 120 g/m²의 경우, 골성형 속도(Corrugating speed)를 50, 70, 90 m/s로 변화시켰을 때 평량 90 g/m²에서 골성형 속도(Corrugating speed)가 Fig. 8과 같은 경향을 보였으며 가장 최적의 운전 속도는 70 m/s인 것으로 밝혀졌다. 또, 평량 120 g/m²에서는 골성형 속도(Corrugating speed)가 높을수록 더 우수한 상자압축강도를 나타냈다.

상기의 최적 운전조건으로 생산한 마이크로플루트 골판지상자와 백판지상자의 상자압축강도를 비교한 결과를 Fig. 9에 나타냈으며, 마이크로플루트 골판지상자(S1, S2)는 백판지상자(SC240)보다 2.5배 이상의 상자압축강도를 나타냈다. 이와 같은 결과로부터 마이

크로플루트 골판지상자가 완충성을 가지면서 우수한 상자압축강도를 가진 소재라는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

마이크로플루트 골판지를 제조할 때 코루게이터의 운전조건이 마이크로플루트골판지의 물성에 미치는 영향에 대한 결과는 다음과 같다.

마이크로플루트 골판지의 패선 간격은 0.32-0.74 mm 경우, 상자압축강도의 감소없이 최적의 강도를 보였다. 골 성형 속도에서 가장 우수한 속도 조건은 골심지의 평량(75, 80, 120 g/m²)에 따른 다소 차이를 보였으나 상기조건에서는 90 m/s에서 가장 우수하였으며 특히 평량 90 g/m²일 경우 운전속도 70 m/s에서 가장 우수한 상자압축강도를 나타냈다. 비슷한 평량의 마이크로플루트 골판지상자와 백판지상자의 상자압축강도를 비교한 결과 마이크로플루트 골판지상자가 2.5배 이상의 상자압축강도를 나타냈다.

인용문헌

1. 조용민, 송주완, 김진무, Microflute 골판지 제조 시

골판지원지 특성분석 및 평가, 응용화학, 한국공업화학회 7(2):799-802 (2003).

2. KCCA, 2002년도 골판지포장산업 경영보고서, 골판지포장물류, 한국골판지포장공업협동조합, Vol. 50(7):52-59 (2003).

3. 조용민, 엄기증, 김진무, 카톤지와 골판지를 이용한 친환경 논스테인플 박스와 케이스 디자인 구조개발, 펄프종이공학회지, Vol. 39(1):69-77 (2007).

4. Kirwan, M. J., Chapter 2 in "Paper and paperboard packaging technology", ed, Kirwan, M. J. p. 50, Blackwell Publishing, Ltd. London (2005).

5. Kirwan, M. J., Chapter 3 in "Paper and paperboard packaging technology", ed, Kirwan. M. J. p. 84, Blackwell Publishing, Ltd. London (2005).

6. Kirwan, M. J., Chapter 10 in "Paper and paperboard packaging technology", ed, Kirwan, M. J. p. 262, Blackwell Publishing, Ltd. London (2005).

7. Poustis, J., Chapter 11 in "Paper and paperboard packaging technology", ed, Kirwan, M. J. p. 317, Blackwell Publishing, Ltd. London (2005).

8. 골판지포장산업 실태조사 보고서, 한국골판지포장공업협동조합, pp. 1-24 (2006).

9. McKee. R. C., Gander. J. W. and Wachuta, J. R., Compression strength formula for corrugated boxes, Paperboard packaging, 48(8):149-159 (1963).